

# СОДЕРЖАНИЕ

---

---

Том 86, номер 2, 2022

---

---

## Теория и социальные функции географии

Географическое изучение платформенной экономики: существующие и возможные подходы

*В. И. Блануца*

155

---

## Территориальная организация общества

Факторы размещения фармацевтических предприятий на примере крупнейших фармкомпаний России

*О. В. Кузнецова, Р. О. Бобровский*

168

Железнодорожное районирование России на основе дальнего пассажирского сообщения

*К. В. Самбуров*

179

Структура и особенности формирования туристского пояса Крымско-Кавказского Причерноморья (на примере Крыма, Краснодарского края и Абхазии)

*А. И. Зырянов, И. В. Цулая, И. М. Яковенко*

191

---

## Природные процессы и динамика геосистем

Кратерные и кальдерные озера Дальнего Востока России: морфология котловин и динамика развития

*Д. Н. Козлов, Е. В. Лебедева*

204

---

## Региональные географические проблемы

Влияние изменений климата и внесения удобрений на урожайность и качество зерна (по многолетним данным Фаленской селекционной станции, Кировская область)

*О. Э. Суховеева, И. В. Лыскова, Т. В. Лыскова*

220

Закономерности пространственно-временного распределения абсолютных минимальных температур приземного слоя воздуха в бассейне озера Севан

*В. Г. Маргарян, Г. Д. Аветисян, А. Т. Саргсян, П. Н. Маргарян*

232

---

## Природопользование и геоэкология

Оценка и прогноз выноса биогенных веществ с российской части бассейна реки Западная Двина на территорию Республики Беларусь

*В. Ю. Георгиевский, Л. П. Алексеев, А. Ю. Брюханов, Д. В. Георгиевский,  
П. А. Голосовский, Е. А. Грек, В. В. Костко, О. М. Кузнецова,  
Т. Г. Молчанова, Н. С. Обломкова, Т. В. Фуксова*

243

Техногенные электромагнитные поля на городских территориях и подходы к их картографированию

*В. И. Стурман, А. Н. Логиновская*

255

---

## **История географии и историческая география**

Освоение пространства севера Свердловской области в XX – начале XXI вв.  
(на примере лесопромышленного комплекса)

*И. В. Зыкин*

268

---

---

# Contents

---

Volume 86, No. 2 2022

---

## Theory and Social Functions of Geography

Geographical Study of the Platform Economy: Existing and Possible Approaches

*V. I. Blanutsa*

155

---

## Territorial Organization of Society

Factors of Pharmaceutical Enterprises Localization—the Case of the Largest  
Pharmaceutical Companies in Russia

*O. V. Kuznetsova and R. O. Bobrovskiy*

168

Railway Zoning of Russia Based on Long-Distance Passenger Traffic

*K. V. Samburov*

179

Structure and Features of Formation of Crimean-Caucasian Black Sea Region Tourist Belt  
(Cases of Crimea, Krasnodar Krai and Abkhazia)

*A. I. Zyriyanov, I. V. Tsulaya, and I. M. Yakovenko*

191

---

## Natural Processes and Dynamics of Geosystems

Crater and Caldera Lakes of Far East of Russia: Morphology of Basins  
and Dynamic of Development

*D. N. Kozlov and E. V. Lebedeva*

204

---

## Regional Geographical Problems

Effect of Climate Change and Fertilizers on Grain Yield and Quality  
in the Northern Part of European Russia

*O. E. Sukhoveeva, I. V. Lyskova, and T. V. Lyskova*

220

Regularities of Spatio-Temporal Distribution of Absolute Minimum Temperatures  
of Surface Air Layer in Lake Sevan Basin

*V. G. Margaryan, G. D. Avetisyan, A. T. Cargsyan, and P. N. Margaryan*

232

---

## Natural Resource Use and Geoecology

Assessment and Forecast of Nutrient Loading from the Russian Part  
of the Zapadnaya Dvina River Basin to Belarus

*V. Yu. Georgievsky, L. P. Alekseev, A. Yu. Bryukhanov, D. V. Georgievsky,  
P. A. Golosovsky, E. A. Grek, V. V. Kostko, O. M. Kuznetsova,  
T. G. Molchanova, N. S. Oblomkova, and T. V. Fuksova*

243

Technogenic Electromagnetic Fields on Urban Areas and Approaches to Their Mapping

*V. I. Sturman and A. N. Loginovskaya*

255

---

## **History of Geography and Historic Geography**

Mastering Space of the North of the Sverdlovsk Oblast in the 20th – Early 21st Centuries  
(the Case of a Timber Processing Complex)

*I. V. Zykin*

---

---

268

УДК 911.3

## ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЛАТФОРМЕННОЙ ЭКОНОМИКИ: СУЩЕСТВУЮЩИЕ И ВОЗМОЖНЫЕ ПОДХОДЫ

© 2022 г. В. И. Блануца\*

*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия**\*e-mail: blanutsa@list.ru*

Поступила в редакцию 06.11.2020 г.

После доработки 07.10.2021 г.

Принята к публикации 15.12.2021 г.

Развитие платформенной экономики привлекло внимание географов и в последнее десятилетие появились публикации, анализирующие отдельные аспекты данного феномена. Однако общее понимание приоритетов и структуры географических исследований отсутствовало. Поэтому целью исследования стало обобщение опыта географического изучения платформенной экономики и определение контуров будущих исследований. На основе восьми крупнейших библиографических баз данных с помощью специального алгоритма семантического поиска выявлено более семидесяти журнальных статей по рассматриваемой проблематике. Приведено распределение статей по годам и странам. Анализ статей показал, что существующее разнообразие географических исследований может быть сведено к трем формирующимся (сравнительно-географическому, социально-географическому и гравитационному) и двум зарождающимся (пространственно-диффузионному и конструктивно-территориальному) подходам. По каждому подходу приведены основные проблемы, решение которых определяет векторы дальнейших исследований. На основе существующих публикаций и с учетом потенциала географического познания установлено, что в будущем возможно появление экономико-географического, геосистемного и районного подходов.

*Ключевые слова:* социально-экономическая география, платформенная экономика, цифровая платформа, бизнес-экосистема, сравнительно-географический анализ, пространственная диффузия, районирование

DOI: 10.31857/S2587556622020030

### ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие цифровые платформы, которые “функционируют как интерфейс между различными группами пользователей и облегчают обмен ценностями” (Cennamo and Santalo, 2013, p. 1331), стали оказывать существенное воздействие на многие сферы человеческой деятельности. Для осмысления этого феномена в научной литературе появились такие новые понятия, как “платформизация” (Nieborg and Poell, 2018), “платформенная революция” (Parker et al., 2016), “платформенное общество” (Van Dijck et al., 2018), “платформенная власть” (Evens and Donders, 2018), “капитализм платформ” (Srnicek, 2017), “платформенный кооперативизм” (Scholz and Schneider, 2016), “платформенный урбанизм” (Lee et al., 2020) и “логика платформы” (Schwarz, 2017). Наибольшему воздействию подверглась хозяйственная деятельность, в результате чего стала формироваться “платформенная экономика” как ядро современной цифровой экономики (Kenney and Zysman, 2016).

Первая научная публикация о платформенной экономике по одной версии (McIntyre and Srivasan, 2017) появилась в начале 2000-х годов, а по другой (Schwarz, 2017) – в 2006 г. Разногласия связаны с пониманием сути платформенной экономики, хотя лежащие в ее основе внешние сетевые эффекты были обоснованы еще в 1985 г. (Katz and Shapiro, 1985). Что касается географического осмысления экономики цифровых платформ, то, скорее всего, отсчет следует вести с 2010 г., когда появился рабочий документ канадских исследователей из университета Торонто (Agrawal et al., 2010). При этом следует отличать такие работы от географического анализа социальных сетей, нецифровых платформ, научных онлайн-платформ, “региональных платформ развития” (Hartmaakopri, 2006), “спутниковых платформ” как типа промышленных районов (Markusen, 1996) и других научных абстракций вне цифровой экономики. К настоящему времени в мировой науке нет ни одного обзора географических публикаций по платформенной экономике. Например, в одной из последних статей по рассматриваемой

проблематике (Kenney and Zysman, 2020) главный вывод, обращенный к экономико-географам, заключался в необходимости рассмотреть влияние цифровых платформ на экономическое пространство, тогда как на самом деле подобные работы в небольшом объеме уже проводились. Поэтому целью исследования стало обобщение опыта географического изучения платформенной экономики и определение контуров дальнейшего познания.

Для выявления мирового массива публикаций, посвященных географическому осмыслению платформенной экономики, использовались одна российская ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)) и семь международных ([www.link.springer.com](http://www.link.springer.com), [www.onlinelibrary.wiley.com](http://www.onlinelibrary.wiley.com), [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), [www.login.webofknowledge.com](http://www.login.webofknowledge.com), [www.scopus.com](http://www.scopus.com), [www.journals.sagepub.com](http://www.journals.sagepub.com), [www.ideas.repec.org](http://www.ideas.repec.org)) баз данных. Обобщение выявленных публикаций осуществлялось через формулировку подходов. Изложение полученных результатов далее проводится в следующей последовательности: общая характеристика платформенной экономики, параметры массива выявленных публикаций, краткое описание формирующихся, зарождающихся и возможных подходов.

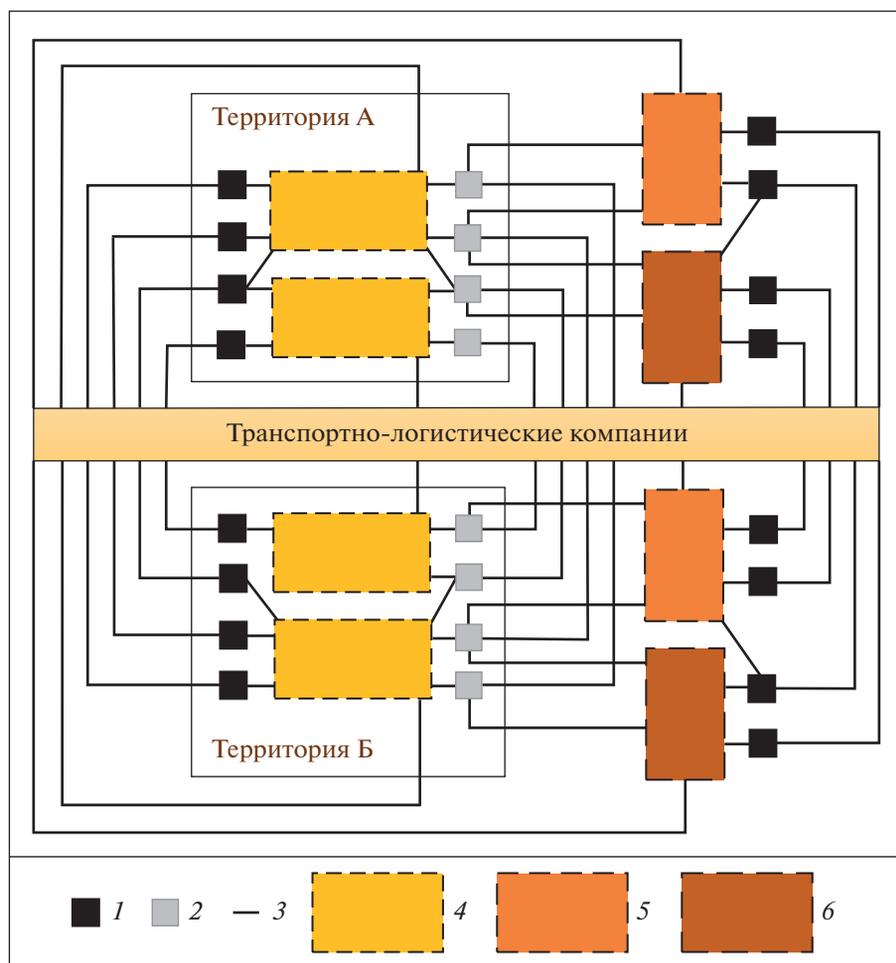
## ПЛАТФОРМЕННАЯ ЭКОНОМИКА

В наиболее общем виде под платформенной экономикой подразумевается совокупность общественных отношений в сфере производства, распределения, обмена и потребления продуктов и услуг, опосредованная цифровыми платформами. Основными экономическими агентами в платформенной экономике являются платформенные компании (операторы цифровых платформ), производители товаров (услуг), конечные потребители, транспортно-логистические компании, инвесторы (финансовые организации), консалтинговые компании, рекламодатели и регуляторы (органы государственной власти). К несомненным агентам относятся телекоммуникационные компании, разработчики приложений, а также другие организации и физические лица, которых платформенные компании привлекают для оптимизации своей работы. Характер взаимодействия первых четырех основных агентов показан на рис. 1. Деятельность платформенных компаний нацелена на удовлетворение запросов конечных потребителей (Evans and Schmalensee, 2016; Schwarz, 2017; Van Dijck et al., 2018); платформенные компании не только предоставляют им эффективные сервисы для заказа товаров и услуг, но и обеспечивают быструю доставку цифровых продуктов (через платформу) и физических товаров (через транспортно-логистические компании), а также адаптируют сервисы проек-

тирования (дизайна) товаров и услуг под требования конкретного потребителя.

Цифровые платформы в большинстве случаев не связаны с конкретной территорией, тогда как операторы платформ, производители, потребители и другие агенты локализованы в пространстве. Помимо возможности формирования территориальных цифровых платформ (Блануца, 2019), существующие национальные и глобальные платформенные компании в конкурентной борьбе за конечного пользователя вынуждены учитывать специфику территориальных сообществ (Graham, 2020) для работы на микроуровне (Schwarz, 2017) как “гибкие пространственные конструкции” (Richardson, 2020a). Все это приводит к определенной комбинации платформ, производителей, потребителей и других экономических агентов в пределах конкретной территории (см. рис. 1), а множество таких территориальных комбинаций структурирует экономическое (платформенно-экономическое) пространство (Kenney and Zysman, 2020).

Об особенностях новой экономики можно судить по деятельности ведущих платформенных компаний (Airbnb, Alibaba, Alphabet, Amazon, Apple, Baidu, eBay, Facebook, Netflix, Tencent, Uber и др.). Существуют различные типологии, выделяющие производственные, транзакционные, инновационные, инвестиционные и другие типы платформенных компаний (Kenney and Zysman, 2016; Parker et al., 2016; Srnicek, 2017). Эти компании не просто оказывают влияние на рынки, а стараются их трансформировать под себя, действуя по стратегии “победитель получает все” (Haberly et al., 2019; Schilling, 2002). Крупнейшие из них (Alphabet, Amazon, Apple, Facebook) являются своего рода “платформами платформ” или инфраструктурными платформами, благодаря технологическим возможностям которых менее крупные компании могут строить свои собственные платформы на базе уже существующих крупнейших платформ (Schwarz, 2017). В итоге формируются многослойные и сложно организованные платформенные образования, значительно усложняющие их государственное регулирование (Evans and Schmalensee, 2013) и, в том числе, географический анализ (Richardson, 2020b). Деятельность платформенных компаний опирается в основном на сетевые эффекты, экономию за счет масштаба (Haberly et al., 2019; Schwarz, 2017) и ренты (Sadowski, 2020). Различают прямые (ценность платформ зависит от количества ее пользователей) и косвенные (рост ценности для одной группы пользователей привлекает другую группу) сетевые эффекты (Katz and Shapiro, 1985; McIntyre and Srinivasan, 2017), а также некоторые дополнительные эффекты (Evans and Donders, 2018; Parker et al., 2016).

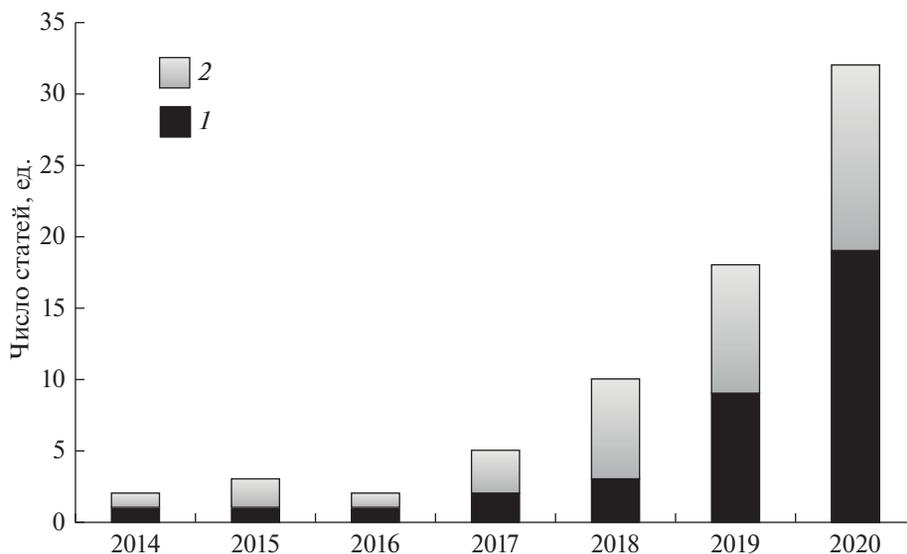


**Рис. 1.** Общая схема взаимодействия производителей и потребителей в платформенной экономике. 1 – производитель; 2 – потребитель; 3 – взаимодействие; цифровые платформы: 4 – территориальные, 5 – национальные, 6 – глобальные.

Цифровые платформы создают двусторонние (две группы пользователей с разными интересами – например, производители и потребители – взаимодействуют друг с другом через платформу) (Rochet and Tirole, 2003) и многосторонние (Evans and Schmalensee, 2016) рынки. Вокруг платформы, как правило, формируется бизнес-экосистема (Tiwana, 2014) как множество взаимодействующих пользователей (экономических агентов), упрощающих и ускоряющих производство и реализацию своих продуктов и услуг за счет возможностей платформы. Благодаря эффективности платформенной бизнес-модели ее стали применять в “экономике совместного пользования” (Sutherland and Jarrahi, 2018), “гиг-экономике” (экономика подработок, фрилансеров) (Wood et al., 2019), краудфандинге (формирование стартового капитала с помощью многочисленных мелких инвесторов или спонсоров) (Belleflamme et al., 2015) и некоторых других сферах.

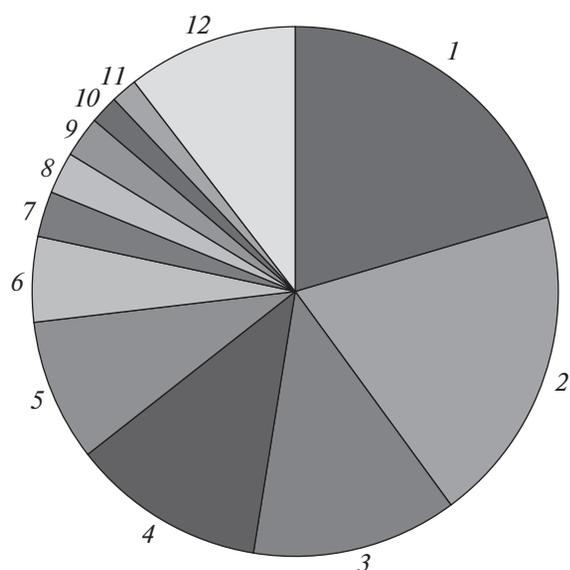
## ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЛАТФОРМЕННОЙ ЭКОНОМИКИ

Для оценки сложившейся ситуации в восьми базах данных отыскивались журнальные статьи по анализируемой проблематике с помощью авторского алгоритма семантического поиска (Блануца, 2020). Выбор именно журнальных статей связан с наличием полных текстов по ним, тогда как по монографиям, сборникам статей и материалам конференций не все тексты представлены в базах. В итоге обнаружено 72 статьи, опубликованные в 2014–2020 гг. (рис. 2). На основе этих данных зафиксированы три особенности: существенный рост публикационной активности (в 16 раз с 2014 по 2020 г.), на географические журналы приходилось только половина всех статей и рост количества статей в географических журналах (в 19 раз) превышал рост числа статей в негеографических изданиях (в 13 раз).



**Рис. 2.** Изменение ежегодного количества статей по географическому изучению платформенной экономики, опубликованных в географических (1) и других (2) научных журналах во всем мире в 2014–2020 гг.

Выявленные статьи опубликованы в 48 журналах, из которых 17 являются географическими изданиями. Больше всего работ размещено в журналах “Geoforum” (9 статей) и “Urban Geography” (5). Если оперировать аффилиациями, указанными в статьях, то авторы подготовили свои произведения в 22 странах. Удельный вес каждой стра-



**Рис. 3.** Распределение анализируемых статей (2014–2020 гг.) по странам в соответствии с аффилиацией авторов.

1 – США, 2 – Великобритания, 3 – Австралия, 4 – Канада, 5 – Испания, 6 – Италия, 7 – Россия, 8 – Швеция, 9 – КНР, 10 – Ирландия, 11 – Нидерланды, 12 – остальные страны.

ны, имеющей более одной статьи, показан на рис. 3. В случае наличия у статьи авторов из разных стран, эта статья как единица счета делилась на количество стран. Полученные данные позволили зафиксировать три особенности: большинство статей (47.7 из 72) относилось к англоязычным странам; авторы почти половины всех статей (35) представляли европейские государства (включая Российскую Федерацию); образовался существенный отрыв двух стран-лидеров от России (в 7.4 и 7.0 раз).

В географических исследованиях наибольшее внимание уделено деятельности транснациональных платформенных компаний Airbnb (краткосрочная аренда жилья; 16 статей) и Uber (такси; 8 статей). Из ответвлений платформенной экономики больше всего работ может быть отнесено к географическому изучению экономики совместного пользования (24 статьи) и краудфандинга (11). Особый интерес может вызвать появление новых направлений географических исследований, связанных с изучением платформенной экономики и нацеленных на познание, например, “безвозвратных пространств эмоционального труда” (Spangler, 2020), “конъюнктурной географии платформенного урбанизма” (Graham, 2020) и “гибкого пространственного расположения” (Richardson, 2020a).

Анализ выявленных статей позволяет предположить, что происходит становление нового научного направления в социально-экономической географии – платформенно-экономической географии. Это направление нацелено на познание территориальной организации платформенной экономики. К такому выводу можно прийти в ре-

зультате сопоставления проблематики рассматриваемых исследований с понятиями “территориальная организация общества” и “территориальная организация производительных сил (промышленного производства)” (Алаев, 1983; Социально-экономическая ..., 2013). В новом направлении объектом исследования являются платформенная экономика, а предметом исследования – территориальная организация платформенной экономики. Понятийно-терминологический аппарат и система методов еще не сформировались.

### ФОРМИРУЮЩИЕСЯ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПЛАТФОРМЕННОЙ ЭКОНОМИКИ

Анализ выявленных статей показал, что большинство авторских методик изучения экономики цифровых платформ может быть сведено к трем подходам – сравнительно-географическому, социально-географическому и гравитационному. Вполне возможно, что по мере расширения географических исследований некоторые из них будут дезинтегрированы на ряд более специализированных подходов.

**Сравнительно-географический подход.** Его суть заключается в локализации платформенных компаний и (или) участников их бизнес-экосистем на определенных территориях (в странах, регионах, городах, ареалах) с последующим сравнением этих территорий с целью выявления пространственно-временных закономерностей (14 статей в анализируемом массиве публикаций). Типичным примером реализации данного подхода может служить исследование 2320 малых и средних европейских предприятий, входивших в различные платформенные экосистемы с января 2014 г. по март 2017 г. (De Marco et al., 2019). Показатели деятельности этих компаний использовались для сравнения 35 стран Европы, что позволило выявить страны-лидеры (Италия, Испания и Великобритания), национальные различия в специализации платформенной экономики и хронологические расхождения в становлении платформенного бизнеса. Другой пример связан с распределением инвестиционных краудфандинговых платформ по регионам Франции, Германии, Италии и Великобритании (Rossi, Vismara, 2018), на основе которого были выявлены национальные особенности привлечения инвестиций. К иным географическим особенностям можно отнести, например, сосредоточение энергетических платформенных компаний Европы в столичных регионах (Duch-Brown and Rossetti, 2020) и пространственно-временную консолидацию американских платформенных центров управления активами в “большой тройке” (Нью-Йорк, Бостон, Филадельфия) (Haberly et al., 2019).

Основной недостаток исследований в рамках данного подхода связан с ограниченностью географического обобщения, сводящегося в основном к определению отношения предпочтения между сравниваемыми территориями. В будущих исследованиях, по мнению автора, целесообразно сконцентрировать усилия на следующих направлениях: выделение территорий-аналогов; идентификация моноплатформенных (функционирует только одна платформа) и других проблемных (отсутствие доступа к тем или иным типам платформ) территорий; оценка цифрового платформенного неравенства (степень доступа к платформам в сравниваемых населенных пунктах); сравнение региональных профилей платформенной экономики (по аналогии с профилями стран по использованию алгоритмов искусственного интеллекта) (Блануца, 2020); сопоставление траекторий развития платформенной экономики в разных регионах; сравнение экономико-платформенного географического положения городов, регионов и стран (положение относительно дата-центров крупных цифровых платформ с учетом расстояний по линиям электросвязи и количества пользователей); использование ареалов без привязки к административно-территориальному делению; создание алгоритма локализации всех участников платформенных экосистем; разработка количественных мер сходства между ареалами для их группировки в территориальные платформенные комплексы [основные меры сходства и методы группировки приведены в (Блануца, 2018)].

**Социально-географический подход** нацелен на оценку пространственно-временных последствий функционирования платформенной экономики, значимых для общества (42 статьи). С географических позиций проанализирован небольшой спектр возможных последствий, связанных в основном с деятельностью цифровых платформ краткосрочной аренды жилья, совместного пользования автомобилями (каршеринга) и потребления по требованию, а также с влиянием различных платформ в пределах города в рамках платформенного урбанизма. Платформы аренды жилья (в основном Airbnb) приводят, например, к трансформации городских социо-пространственных структур [к примеру, в Кейптауне (Greenberg and Rogerson, 2018) и Софии (Roelofsen, 2018)], усилению жилищного кризиса (Lima, 2019) и вытеснению долгосрочных арендаторов в туристических районах (Boutsoukis et al., 2019). Степень воздействия таких платформ на территориальные сообщества зависит от жилищной ситуации в регионах (Domenech et al., 2019) и множества социально-экономических факторов. Развитие цифровых платформ каршеринга и заказа такси приводит к дискриминационной географии индустрии поездок (Borowiak, 2019), “уберизации” (Wentrup et al., 2019)

и декоммодификации труда (Katta et al., 2020), а использование цифровых платформ потребления по требованию (в основном Deliveroo) – к социальной дифференциации городского пространства [например, к образованию “двух Эдинбургов” (Gregory and Maldonado, 2020)]. В рамках платформенного урбанизма оцениваются последствия “двойного производства” пространства (цифровое/физическое) и ценности (данные/деньги) в городах (Sadowski, 2020), а также способности платформ встраиваться и извлекаться из городской среды (Graham, 2020).

Вне географического анализа оказались трудовая миграция из-за деятельности платформ, доступность (проблема входа) бизнес-экосистем для малых компаний, геополитическое доминирование крупнейших цифровых платформ (Schwarz, 2017), последствия деятельности финансовых платформ и большинства транснациональных платформенных компаний (в той или иной мере проанализировано воздействие на территориальные сообщества только Airbnb, Deliveroo, Indiegogo, Kickstarter и Uber). Эти неизученные сферы можно рассматривать как перспективные направления географических исследований платформенной экономики в рамках второго подхода.

**Гравитационный подход** опирается на географическую интерпретацию закона И. Ньютона (сила взаимодействия прямо пропорциональна произведению масс двух объектов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними) для оценки интенсивности взаимодействия территориально распределенных социально-экономических объектов (8 статей). Существование гравитационных взаимодействий зафиксировано в “первом законе географии” У. Тоблера (Tobler, 1970), а экономическое обоснование таких взаимодействий – в работах Дж. Андерсона (Anderson, 1979, 2011). При изучении платформенной экономики данный подход использовался в усеченном виде, так как оценивалось влияние расстояния на успех только краудфандинговых проектов [например, во Франции (Dejean, 2020)]. По данным платформенных компаний Kickstarter и Indiegogo была установлена эмпирическая закономерность снижения интенсивности финансирования успешных проектов по мере увеличения расстояния между местом реализации проекта и местоположением инвесторов, что приводило к “пространственной кластеризации” (Breznitz and Noonan, 2020) и “пространственному неравенству” (Gallemore et al., 2019).

Другие эмпирические данные, которые могли бы интерпретироваться и прогнозироваться с помощью гравитационной модели, имеются по платформенным компаниям управления активами в США (Haberly et al., 2019) и каршеринга в Канаде (Coll et al., 2014). Отдельно следует отметить

неиспользованные данные платформы Airbnb о снижении спроса на кратковременную аренду жилья по мере удаления от туристических центров Греции (Boutsoukis et al., 2019) и Швейцарии (Domenech, 2019). Теоретическое обобщение этих и других эмпирических исследований в рамках данного подхода позволит понять, какие типы платформенных компаний и участников их бизнес-экосистем имеют гравитационное взаимодействие, а какие – нет. Отдельной проблемой будущих исследований станет калибровка коэффициентов при массах и расстоянии в гравитационной модели (Buch et al., 2004).

## ЗАРОЖДАЮЩИЕСЯ ПОДХОДЫ

По предыдущим подходам зафиксировано множество статей, что позволило на стадии становления географического изучения платформенной экономики назвать эти подходы “формирующимися”. Однако в выявленном массиве статей было две публикации, которые не укладывались в формирующиеся подходы. Поэтому они выделены в два отдельных подхода, которые названы “зарождающимися”.

**Пространственно-диффузионный подход** начал формироваться с середины прошлого века благодаря исследованиям Т. Хегерстранда (Hagerstrand, 1967) по идентификации и моделированию хронологической последовательности распространения социально-экономических инноваций из некоторых территориальных ячеек в соседние ячейки. В анализируемом массиве публикаций этому подходу посвящена только одна статья (Coll et al., 2014), в которой приведены результаты моделирования пространственно-временного распространения членства в каршеринге в Квебеке. Авторы пришли к выводу, что распространение каршеринга в городе в 1996–2008 гг. соответствовало модели Т. Хегерстранда и зависело от ряда социально-экономических факторов. В некоторых других публикациях приводились эмпирические данные по распространению различных нововведений, но они не проверялись на наличие пространственной диффузии. Так, например, М. Кенни и Дж. Зисман (Kenney and Zysman, 2020) представили карту распределения логистических центров платформенной компании Amazon по штатам США и времени начала их функционирования (1997–2021 гг.) без попытки выявления некоторой закономерности в данном процессе. Дальнейшие исследования в рамках этого подхода могут проходить в следующих направлениях: изучение пространственно-временного распространения различных типов платформ и их экосистем; проверка наличия контактной, каскадной или сетевой диффузии (Блануца, 2015); выявление мест зарождения нововведений; идентификация однонаправленных, разделяющихся и

отраженных инновационных волн, а также барьеров и фильтров на их пути (Блануца, 2016).

**Конструктивно-территориальный подход.** В прошлом веке в СССР получила распространение “конструктивная география” (Герасимов, 1976). Сейчас о конструктивно-преобразовательной методологии географических исследований вспоминают не часто. Однако переход к платформенной экономике и развитие сетевой парадигмы в географии (Блануца, 2016) актуализируют прежние идеи для конструирования принципиально новых цифровых платформ. К настоящему времени проведено только одно исследование, посвященное идентификации территориальных цифровых платформ (Блануца, 2019). На примере Сибирского федерального округа показано, что для реализации продуктов и услуг со сверхмалой задержкой сигнала в оптоволоконных сетях имеется возможность сконструировать четыре территориальные платформы, охватывающие 60 городов. Будущие конструктивно-географические исследования могут быть связаны с обоснованием возможности формирования других видов территориальных цифровых платформ для сетей 5G (без учета задержки сигнала), их комплексированием и построением на основе сетей 6G [ожидаемые параметры приведены в (Letaief et al., 2019)] территориальных платформ с искусственным интеллектом.

## ВОЗМОЖНЫЕ ПОДХОДЫ

Согласно словарям по социально-экономической географии (Алаев, 1983; Социально-экономическая ..., 2013), познание территориальной организации общества осуществляется через выявление и анализ функционирования территориальных комплексов, территориальных систем и районов. К аналогичному выводу можно прийти при обобщении заключений в анализируемых статьях, особенно из географических журналов (Graham, 2020; Richardson, 2020a; Sadowski, 2020; Spangler, 2020). Поэтому можно предположить, что в будущем начнут формироваться подходы, направленные на выявление и анализ территориально-платформенных комплексов, платформенных бизнес-геосистем и платформенно-экономических районов.

**Экономико-географический подход** направлен на выявление некоторых относительно устойчивых (инвариантных) территориальных сочетаний (комплексов) интенсивно взаимодействующих экономических агентов. В рассмотренном массиве статей данный подход не представлен, отличается от выше проанализированных подходов (в них не выделяются территориальные комплексы), а возможность и актуальность его разработки вытекает из “логики платформы” (Schwarz, 2017). Выявление территориальных комплексов воз-

можно двумя путями – через изучение предпочтений конкретного территориального сообщества [опрос населения или анализ “больших данных” (Блануца, 2018) о “цифровом следе” этого населения], что позволит определить количественное соотношение участия всех платформ в удовлетворении запросов этого сообщества (при изучении разных сообществ открывается возможность идентифицировать вне-, моно- и полиплатформенные сообщества), или посредством оценки наложения (перекрывания) и взаимодействия бизнес-экосистем разных платформ на определенной территории (возможно использование кластерного и сетевого анализа при условии открытия платформенными компаниями данных обо всех экономических агентах, входящих в экосистему). Проведение подобных эмпирических исследований позволит сформулировать представление о территориально-платформенном комплексе как группе взаимодействующих цифровых платформ и их экосистем, функционирующих на конкретной территории. Теоретическое обоснование таких комплексов может опираться на концепции “энергопроизводственных циклов” и “территориально-производственных комплексов” Н.Н. Колосовского (1969), в которые необходимо будет встроить региональные информационные потоки (Blanutsa and Cherepanov, 2019).

**Геосистемный подход.** Платформенная бизнес-экосистема представляет собой сложное переплетение деятельности множества экономических агентов, создающих продукты и услуги с помощью платформы (Tiwana, 2014). В экономических науках бизнес-экосистема рассматривается вне территории, хотя учитывается взаиморасположение агентов в виде топологической структуры (Kuebart and Ibert, 2019) и предлагается анализировать территориальную привязку участников экосистемы через “географический охват сетевых экстерналий” (Stallkamp and Schotter, 2021). Геосистемный подход, нацеленный на выделение в среде цифровой платформы иерархически упорядоченных территориальных систем экономических агентов, еще предстоит разработать. Потребуется обосновать выбор элементарной геосистемы [например, такой системой является город (Qian, 2018)], в зависимости от которой будут определяться остальные таксоны [если город, то далее может быть цифровая городская агломерация (Блануца, 2019)].

**Районный подход** является основным в отечественной районной школе экономической географии (Баранский, 1980; Колосовский, 1969) и нацелен на выявление специфических и целостных территориальных образований, покрывающих все анализируемое пространство. Вхождение в эпоху “больших данных” (Блануца, 2018) и искусственного интеллекта (Блануца, 2020) усложнило методологию социально-экономического

районирования, а необходимость географического познания платформенной экономики поставило на повестку дня разработку принципов и методов выявления нового вида целостных территориальных образований — платформенно-экономического района. Ядро такого района может быть сформировано как территориально-платформенными комплексами или бизнес-геосистемами, так и территориальными кластерами экономических агентов определенной специализации, участвующих в территориальном разделении труда в национальной и глобальной платформенной экономике. При выделении районов придется оперировать “большими данными” платформенных компаний о взаимодействии экономических агентов, входящих в их бизнес-экосистемы, в пределах определенных территорий (ячеек). Алгоритмы выделения районов на основе “больших данных” приведены в ранее опубликованной работе автора (Блануца, 2018). Возможно, при обосновании нового вида районирования потребуются обобщить опыт выявления функциональных (Karlsson and Olsson, 2006), роботизированных (Leigh and Kraft, 2018) и сетевых (Блануца, 2016) районов. Отдельной проблемой станет делимитация районов. Не исключено, что в силу наслоения платформ и их экосистем границы выделяемых районов будут размытыми (нечеткими) (Блануца, 2018), а в случае фиксированных границ разграничение зон влияния ядер районов может осуществляться с учетом административно-территориального деления или изохрон задержки сигнала в линиях электросвязи (Блануца, 2019), ограничивающих взаимодействие в сетях 5G и 6G. В целом, интеграционный потенциал районного подхода позволяет обобщить как существующие, так и новые подходы к географическому изучению платформенной экономики.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ журнальных статей по географическому изучению платформенной экономики (2014–2020 гг.) позволил прийти к выводу, что происходит формирование трех подходов — сравнительно-географического, социально-географического и гравитационного, а еще два подхода (пространственно-диффузионный и конструктивно-территориальный) только зарождаются. На этапе становления каждый из них имеет больше нерешенных задач, чем выявленных закономерностей. Поэтому представляет интерес повторное обобщение (через 5–10 лет) работ по рассматриваемой проблематике, когда мировой массив публикаций будет значительно больше и разнообразней. Вполне возможно, что некоторые из выявленных подходов распадутся на более специализированные направления исследований и по-

вяжутся новые подходы. Исходя из существующих работ по платформенной экономике и особенностей познания территориальной организации общества сделано предположение о появлении в будущем трех новых подходов, направленных на выявление территориально-платформенных комплексов, платформенных бизнес-геосистем и платформенно-экономических районов.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ регистрации темы АААА-А21-121012190018-2).

## FUNDING

The research was carried out within the framework of the state-ordered research theme (registration no. АААА-А21-121012190018-2).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алаев Э.Б.* Социально-экономическая география: Понятийно-терминологический словарь. М.: Мысль, 1983. 350 с.
- Баранский Н.Н.* Избранные труды. Становление экономической географии. М.: Мысль, 1980. 287 с.
- Блануца В.И.* Пространственная диффузия нововведений: сфера неопределенности и сетевая модель // Региональные исследования. 2015. № 3. С. 4–12.
- Блануца В.И.* Развертывание информационно-коммуникационной сети как географический процесс (на примере становления сетевой структуры сибирской почты). М.: ИНФРА-М, 2016. 246 с.
- Блануца В.И.* Социально-экономическое районирование в эпоху больших данных. М.: ИНФРА-М, 2018. 194 с.
- Блануца В.И.* Цифровая экономика Сибири: территориальные платформы для кластеров // Актуальные проблемы экономики и права. 2019. Т. 13. № 3. С. 1362–1374.
- Блануца В.И.* Региональные экономические исследования с использованием алгоритмов искусственного интеллекта: состояние и перспективы // Вестн. Забайкальского гос. ун-та. 2020. Т. 26. № 8. С. 100–111.
- Герасимов И.П.* Советская конструктивная география: задачи, подходы, результаты. М.: Наука, 1976. 208 с.
- Колосовский Н.Н.* Теория экономического районирования. М.: Мысль, 1969. 336 с.
- Социально-экономическая география: понятия и термины. Словарь-справочник / отв. ред. А.П. Горкин. Смоленск: Ойкумена, 2013. 328 с.
- Agrawal A.K., Catalini C., Goldfarb A.* The Geography of Crowdfunding. NET Institute Working Paper № 10-08. Toronto: Univ. of Toronto, 2010. 57 p.
- Anderson J.E.* A theoretical foundation for the gravity equation // American Econ. Rev. 1979. Vol. 69 (1). P. 106–116.

- Anderson J.E.* The gravity model // *Annual Rev. of Econ.* 2011. Vol. 3 (1). P. 133–160.
- Belleflamme P., Omrani N., Peitz M.* The economics of crowdfunding platforms // *Inform. Econ. and Policy.* 2015. Vol. 33. P. 11–28.
- Blanutsa V.I., Cherepanov K.A.* Regional information flows: existing and new approaches to geographical study // *Reg. Res. of Russia.* 2019. Vol. 9 (1). P. 97–106.
- Borowiak C.* Poverty in transit: Uber, TaxiCoops, and the struggle over Philadelphia's transportation economy // *Antipode.* 2019. Vol. 51 (4). P. 1079–1100.
- Boutsioukis G., Fasianos A., Petrohilos-Andrianos Y.* The spatial distribution of short-term rental listings in Greece: A regional graphic // *Reg. Stud., Reg. Sci.* 2019. Vol. 6 (1). P. 455–459.
- Breznitz S.M., Noonan D.S.* Crowdfunding in a not-so-flat world // *J. of Econ. Geogr.* 2020. Vol. 20 (4). P. 1069–1092.
- Buch C.M., Kleinert J., Toubal F.* The distance puzzle: On the interpretation of the distance coefficient in gravity equations // *Econ. Let.* 2004. Vol. 83 (3). P. 293–298.
- Cennamo C., Santalo J.* Platform competition: Strategic trade-offs in platform markets // *Strateg. Manag. J.* 2013. Vol. 34 (11). P. 1331–1350.
- Coll M.-H., Vandersmissen M.-H., Thériault M.* Modeling spatio-temporal diffusion of carsharing membership in Quebec City // *J. of Transport Geogr.* 2014. Vol. 38. P. 22–37.
- Dejean S.* The role of distance and social networks in the geography of crowdfunding: Evidence from France // *Reg. Stud.* 2020. Vol. 54 (3). P. 329–339.
- De Marco C., Di Minin A., Marullo C., Nepelski D.* Digital Platform Innovation in European SMEs. An Analysis of SME Instrument Business Proposals and Case Studies. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019. 70 p.
- Domenech A., Larpin B., Schegg R., Scaglione M.* Disentangling the geographical logic of Airbnb in Switzerland // *Erdkunde.* 2019. Vol. 73 (4). P. 245–258.
- Duch-Brown N., Rossetti F.* Digital platforms across the European regional energy markets // *Energy Policy.* 2020. Vol. 144. P. 1–11.
- Evans D.S., Schmalensee R.* The Antitrust Analysis of Multi-Sided Platform Business. NBER Working Paper 18783. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2013. 72 p.
- Evans D.S., Schmalensee R.* Matchmakers: The Economics of Multisided Platforms. Boston: Harvard Business Review Press, 2016. 272 p.
- Evens T., Donders K.* Platform Power and Policy in Transforming Television Markets. Cham: Palgrave Macmillan, 2018. 304 p.
- Gallemore C., Nielsen K.R., Jespersen K.* The uneven geography of crowdfunding success: Spatial capital on Indiegogo // *Environ. and Planning A: Econ. and Space.* 2019. Vol. 51 (6). P. 1389–1406.
- Graham M.* Regulate, replicate, and resist – The conjunctural geographies of platform urbanism // *Urban Geogr.* 2020. Vol. 41 (3). P. 453–457.
- Greenberg D., Rogerson J.M.* Accommodation business travelers: The organization and spaces of serviced apartments in Cape Town, South Africa // *Bul. of Geogr. – Socio-Econ. Ser.* 2018. Vol. 42. P. 83–97.
- Gregory K., Maldonado M.P.* Delivering Edinburgh: Uncovering the digital geography of platform labour in the city // *Inform., Commun. & Soc.* 2020. Vol. 23 (8). P. 1187–1202.
- Haberly D., MacDonald-Korth D., Urban M., Wójcik D.* Asset management as a digital platform industry: A global financial network perspective // *Geoforum.* 2019. Vol. 106. P. 167–181.
- Hagerstrand T.* Innovation Diffusion as a Spatial Process. Postscript and translation by A. Pred. Chicago: The Univ. of Chicago Press, 1967. 350 p.
- Harmaakorpi V.* Regional development platform method (RDPM) as a tool for regional innovation policy // *European Plan. Studies.* 2006. Vol. 14. P. 1085–1114.
- Karlsson C., Olsson M.* The identification of functional regions: Theory, methods, and applications // *Annals of Reg. Sci.* 2006. Vol. 40 (1). P. 1–18.
- Katta S., Badger A., Graham M., Howson K., Ustek-Spilda F., Bertolini A.* (Dis)embeddedness and (de)commodification: COVID-19, Uber and the unraveling logics of the gig economy // *Dialogues in Human Geogr.* 2020. Vol. 10 (2). P. 203–207.
- Katz M.L., Shapiro C.* Network externalities, competition, and compatibility // *American Econ. Rev.* 1985. Vol. 75 (3). P. 424–440.
- Kenney M., Zysman J.* The rise of the platform economy // *Is. in Sci. and Technol.* 2016. Vol. 32 (2). P. 61–69.
- Kenney M., Zysman J.* The platform economy: Restructuring the space of capitalist accumulation // *Cambridge J. Reg., Econ. and Society.* 2020. Vol. 13 (1). P. 55–76.
- Kuebart A., Ibert O.* Beyond territorial conception of entrepreneurial ecosystems: The dynamic spatiality of knowledge brokering in seed accelerators // *Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie.* 2019. Vol. 63 (2–4). P. 118–133.
- Lee A., Mackenzie A., Smith G.J.D., Box P.* Mapping platform urbanism: Charting the nuance of the platform pivot // *Urban Plan.* 2020. Vol. 5 (1). P. 116–128.
- Leigh N.G., Kraft B.R.* Emerging robotic regions in the United States: Insights for regional economic evolution // *Reg. Stud.* 2018. Vol. 52 (6). P. 804–815.
- Letaief K.B., Chen W., Shi Y., Zhang J., Zhang Y.-J.A.* The roadmap to 6G: AI empowered wireless networks // *IEEE Communication Magazine.* 2019. Vol. 57 (8). P. 84–90.
- Lima V.* Towards an understanding of the regional impact of Airbnb in Ireland // *Reg. Stud., Reg. Sci.* 2019. Vol. 6 (1). P. 78–91.
- Markusen A.* Sticky places in slippery space: A typology of industrial districts // *Econ. Geogr.* 1996. Vol. 72 (3). P. 293–313.
- McIntyre D.P., Srinivasan A.* Networks, platforms, and strategy: Emerging views and next steps // *Strategic Manag. J.* 2017. Vol. 38 (1). P. 141–160.
- Nieborg D.B., Poell T.* The platformization of cultural production: Theorizing the contingent cultural commodity // *New Media & Society.* 2018. Vol. 20 (11). P. 4275–4292.
- Ours to Hack and to Own: The Rise of Platform Cooperativism, A New Vision for the Future of Work and a Fair-*

- er Internet. / Scholz T., Schneider N. (Eds.). N. Y.: OR Books, 2016. 252 p.
- Parker G.G., van Alstyne M.W., Choudary S.P. Platform Revolution: How Networked Markets Are Transforming the Economy and How to Make Them Work for You. N. Y.: W.W. Norton & Company, 2016. 211 p.
- Qian H. Knowledge-based regional economic development: A synthetic review of knowledge spillovers, entrepreneurship and entrepreneurial ecosystems // *Econ. Dev. Quart.* 2018. Vol. 32 (2). P. 163–176.
- Richardson L. Coordinating the city: Platforms as flexible spatial arrangements // *Urban Geogr.* 2020a. Vol. 41 (3). P. 458–461.
- Richardson L. Digital and platform economies. In: Kobayashi A. (Ed.). *International Encyclopedia of Human Geography*. 2<sup>nd</sup> Edition. London: Elsevier, 2020b. P. 317–321.
- Rochet J.-C., Tirole J. Platform competition in two-sided markets // *J. of Europ. Econ. Assoc.* 2003. Vol. 1 (4). P. 990–1029.
- Roelofsen M. Exploring the socio-spatial inequalities of Airbnb in Sofia, Bulgaria // *Erdkunde*. 2018. Vol. 72 (4). P. 313–327.
- Rossi A., Vismara S. What do crowdfunding platform do? A comparison between investment-based platforms in Europe // *Euras. Business Rev.* 2018. Vol. 8. P. 93–118.
- Sadowski J. The Internet of landlords: Digital platforms and new mechanism of rentier capitalism // *Antipode*. 2020. Vol. 52 (2). P. 562–580.
- Sadowski J. Cyberspace and cityscapes: On the emergence of platform urbanism // *Urban Geogr.* 2020. Vol. 41 (3). P. 448–452.
- Schilling M.A. Technology success and failure in winner-take-all markets: The impact of learning orientation, timing, and network externalities // *The Academy of Manag. J.* 2002. Vol. 45 (2). P. 387–398.
- Schwarz J.A. Platform logic: An interdisciplinary approach to the platform-based economy // *Policy & Internet*. 2017. Vol. 9 (4). P. 374–394.
- Spangler I. Hidden value in the platform's platform: Airbnb, displacement and the un-homing spatialities of emotional labour // *Transactions of the Inst. of British Geogr.* 2020. Vol. 45 (3). P. 575–588.
- Srnicek N. *Platform Capitalism*. Cambridge: Polity Press, 2017. 171 p.
- Stallkamp M., Schotter A.P.J. Platforms without borders? The international strategies of digital platform firms // *Global Strategy J.* 2021. Vol. 11 (1). P. 58–80.
- Sutherland W., Jarrahi M.H. The sharing economy and digital platforms: A review and research agenda // *Int. J. Inform. Manag.* 2018. Vol. 43. P. 328–341.
- Tiwana A. *Platform Ecosystems: Aligning Architecture, Governance, and Strategy*. Waltham: Morgan Kaufmann, 2014. 299 p.
- Tobler W. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region // *Econ. Geogr.* 1970. Vol. 46 (2). P. 234–240.
- Van Dijck J., Poell T., de Waal M. *The Platform Society: Public Values in a Connective World*. Oxford: Oxford Univ. Press, 2018. 240 p.
- Wentrup R., Nakamura H.R., Strom P. Uberization in Paris – The issue of trust between a digital platform and digital workers // *Critical Perspectives on Int. Business*. 2019. Vol. 15 (1). P. 20–41.
- Wood A.J., Graham M., Lehdonvirta V., Hjorth I. Good gig, bad gig: Autonomy and algorithmic control in the global gig economy // *Work, Employ. and Society*. 2019. Vol. 33 (1). P. 56–75.

## Geographical Study of the Platform Economy: Existing and Possible Approaches

V. I. Blanutsa\*

*V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia*

\*e-mail: blanutsa@list.ru

The development of the platform economy has attracted the attention of geographers, and in the last decade, publications have appeared that analyze certain aspects of this phenomenon. However, there was no common understanding of the priorities and structure of geographic research. Therefore, the purpose of the study was to generalize the experience of the geographical study of the platform economy and to define the contours of future research. Based on the eight largest bibliographic databases, more than seventy journal articles on the subject were identified using a special semantic search algorithm. Distribution of articles by year and country is given. The analysis of the articles showed that the existing diversity of geographical research can be reduced to three emerging (comparative-geographical, socio-geographical and gravitational) and two emerging (spatial-diffusion and constructive-territorial) approaches. For each approach, the main problems are given, the solution of which determines the vectors of further research. On the basis of existing publications and taking into account the potential of geographical knowledge, it has been established that in the future the emergence of economic-geographical, geosystem, and regional approaches is possible.

*Keywords:* socioeconomic geography, platform economy, digital platform, business ecosystem, comparative geographical analysis, spatial diffusion, zoning

### REFERENCES

Gallemore C., Nielsen K.R., Jespersen K. The uneven ge-

ography of crowdfunding success: Spatial capital on Indiegogo. *Environ. Plan. A*, 2019, vol. 51, no. 6,

- pp. 1389–1406.  
<https://doi.org/10.1177/0308518X19843925>
- Agrawal A.K., Catalini C., Goldfarb A. *The Geography of Crowdfunding*. NET Institute Working Paper No. 10-08. Toronto: Univ. of Toronto, 2010. 57 p.
- Alaev E.B. *Sotsial'no-ekonomicheskaya geografiya: Ponyatino-terminologicheskii slovar'* [Socio-Economic Geography: A Conceptual and Terminological Dictionary]. Moscow: Mysl' Publ., 1983. 350 p.
- Anderson J.E. A theoretical foundation for the gravity equation. *Am. Econ. Rev.*, 1979, vol. 69, no. 1, pp. 106–116.
- Anderson J.E. The gravity model. *Annu. Rev. Econ.*, 2011, vol. 3, no. 1, pp. 133–160.  
<https://doi.org/10.1146/annurev-economics-111809-125114>
- Baranskii N.N. *Izbrannye trudy. Stanovlenie ekonomicheskoi geografii* [Selected Works. Formation of Economic Geography]. Moscow: Mysl' Publ., 1980. 287 p.
- Belleflamme P., Omrani N., Peitz M. The economics of crowdfunding platforms. *Inf. Econ. Policy*, 2015, vol. 33, pp. 11–28.  
<https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2015.08.003>
- Blanutsa V.I. *Razvertyvanie informatsionno-kommunikatsionnoi seti kak geograficheskii protsess (na primere stanovleniya setevoi struktury sibirskoi pochty)* [Deployment of an Information and Communication Network as a Geographic Process (On Example of the Network Structure Formation of the Siberian Post)]. Moscow: INFRA-M Publ., 2016. 246 p.
- Blanutsa V.I. Regional economic research using artificial intelligence algorithms: State and prospects. *Vestn. Zabaikal'skogo Gos. Univ.*, 2020, vol. 26, no. 8, pp. 100–111. (In Russ.).  
<https://doi.org/10.21209/2227-9245-2020-26-8-100-111>
- Blanutsa V.I. *Sotsial'no-ekonomicheskoe raionirovanie v epokhu bol'shikh dannykh* [Socio-Economic Regionalization in the Era of Big Data]. Moscow: INFRA-M Publ., 2018. 194 p.
- Blanutsa V.I. Spatial diffusion of innovations: The sphere of uncertainty and the network model. *Reg. Issled.*, 2015, no. 3, pp. 4–12. (In Russ.).
- Blanutsa V.I. The digital economy of Siberia: territorial platforms for clusters. *Aktual'nye Problemy Ekonomiki i Prava*, 2019, vol. 13, no. 3, pp. 1362–1374. (In Russ.).  
<https://doi.org/10.21202/1993-047X.13.2019.3.1343-1355>
- Blanutsa V.I., Cherepanov K.A. Regional information flows: existing and new approaches to geographical study. *Reg. Res. Rus.*, 2019, vol. 9, no. 1, pp. 97–106.  
<https://doi.org/10.1134/S2079970519010039>
- Borowiak C. Poverty in transit: Uber, TaxiCoops, and the struggle over Philadelphia's transportation economy. *Antipode*, 2019, vol. 51, no. 4, pp. 1079–1100.  
<https://doi.org/10.1111/anti.12543>
- Boutsioukis G., Fasianos A., Petrohilos-Andrianos Y. The spatial distribution of short-term rental listings in Greece: A regional graphic. *Reg. Stud., Reg. Sci.*, 2019, vol. 6, no. 1, pp. 455–459.  
<https://doi.org/10.1080/21681376.2019.1660210>
- Breznitz S.M., Noonan D.S. Crowdfunding in a not-so-flat world. *J. Econ. Geogr.*, 2020, vol. 20, no. 4, pp. 1069–1092.  
<https://doi.org/10.1093/jeg/lbaa008>
- Buch C.M., Kleinert J., Toubal F. The distance puzzle: On the interpretation of the distance coefficient in gravity equations. *Econ. Lett.*, 2004, vol. 83, no. 3, pp. 293–298.  
<https://doi.org/10.1016/j.econlet.2003.10.022>
- Cennamo C., Santalo J. Platform competition: Strategic trade-offs in platform markets. *Strateg. Manag. J.*, 2013, vol. 34, no. 11, pp. 1331–1350.  
<https://doi.org/10.1002/smj.2066>
- Coll M.-H., Vandersmissen M.-H., Thériault M. Modeling spatio-temporal diffusion of carsharing membership in Quebec City. *J. Transp. Geogr.*, 2014, vol. 38, pp. 22–37.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.04.017>
- De Marco C., Di Minin A., Marullo C., Nepelski D. *Digital Platform Innovation in European SMEs. An Analysis of SME Instrument Business Proposals and Case Studies*. Luxembourg: Publ. Office of the European Union, 2019. 70 p.
- Dejean S. The role of distance and social networks in the geography of crowdfunding: Evidence from France. *Reg. Stud.*, 2020, vol. 54, no. 3, pp. 329–339.  
<https://doi.org/10.1080/00343404.2019.1619924>
- Domenech A., Larpin B., Schegg R., Scaglione M. Disentangling the geographical logic of Airbnb in Switzerland. *Erdkunde*, 2019, vol. 73, no. 4, pp. 245–258.  
<https://doi.org/10.3112/erdkunde.2019.04.01>
- Duch-Brown N., Rossetti F. Digital platforms across the European regional energy markets. *Energy Policy*, 2020, vol. 144, pp. 1–11.  
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111612>
- Evans D.S., Schmalensee R. *Matchmakers: The Economics of Multisided Platforms*. Boston: Harvard Business Review Press, 2016. 272 p.
- Evans D.S., Schmalensee R. *The Antitrust Analysis of Multi-Sided Platform Business*. NBER Working Paper 18783. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2013. 72 p.
- Evens T., Donders K. *Platform Power and Policy in Transforming Television Markets*. Cham: Palgrave Macmillan, 2018. 304 p.
- Gerasimov I.P. *Sovetskaya konstruktivnaya geografiya: zadachi, podkhody, rezul'taty* [Soviet Constructive Geography: Tasks, Approaches, Results]. Moscow: Nauka Publ., 1976. 208 p.
- Graham M. Regulate, replicate, and resist – The conjunctural geographies of platform urbanism. *Urban Geogr.*, 2020, vol. 41, no. 3, pp. 453–457.  
<https://doi.org/10.1080/02723638.2020.1717028>
- Greenberg D., Rogerson J.M. Accommodation business travelers: The organization and spaces of serviced apartments in Cape Town, South Africa. *Bull. Geogr. – Socio-Econ. Ser.*, 2018, vol. 42, pp. 83–97.  
<https://doi.org/10.1278/bog-2018-0032>
- Gregory K., Maldonado M.P. Delivering Edinburgh: Uncovering the digital geography of platform labour in the city. *Inf. Commun. Soc.*, 2020, vol. 23, no. 8, pp. 1187–1202.  
<https://doi.org/10.1080/1369118X.2020.1748087>
- Haberly D., MacDonald-Korth D., Urban M., Wójcik D. Asset management as a digital platform industry: A global financial network perspective. *Geoforum*, 2019,

- vol. 106, pp. 167–181.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2019.08.009>
- Hagerstrand T. *Innovation Diffusion as a Spatial Process*. Postscript and translation by A. Pred. Chicago: Univ. of Chicago Press, 1967. 350 p.
- Harmaakorpi V. Regional development platform method (RDPM) as a tool for regional innovation policy. *Eur. Plan. Stud.*, 2006, vol. 14, pp. 1085–1114.  
<https://doi.org/10.1080/09654310600852399>
- Karlsson C., Olsson M. The identification of functional regions: Theory, methods, and applications. *Ann. Reg. Sci.*, 2006, vol. 40, no. 1, pp. 1–18.  
<https://doi.org/10.1007/s00168-005-0019-5>
- Katta S., Badger A., Graham M., Howson K., Ustek-Spilda F., Bertolini A. (Dis)embeddedness and (de)commodification: COVID-19, Uber and the unraveling logics of the gig economy. *Dialogues Hum. Geogr.*, 2020, vol. 10, no. 2, pp. 203–207.  
<https://doi.org/10.1177/204382062093>
- Katz M.L., Shapiro C. Network externalities, competition, and compatibility. *Am. Econ. Rev.*, 1985, vol. 75, no. 3, pp. 424–440.
- Kenney M., Zysman J. The platform economy: Restructuring the space of capitalist accumulation. *Camb. J. Reg. Econ. Soc.*, 2020, vol. 13, no. 1, pp. 55–76.  
<https://doi.org/10.1093/cjres/rsaa001>
- Kenney M., Zysman J. The rise of the platform economy. *Issues Sci. Technol.*, 2016, vol. 32, no. 2, pp. 61–69.
- Kolosovskii N.N. *Teoriya ekonomicheskogo raionirovaniya* [The Theory of Economic Regionalization]. Moscow: Mysl' Publ., 1969. 336 p.
- Kuebart A., Ibert O. Beyond territorial conception of entrepreneurial ecosystems: The dynamic spatiality of knowledge brokering in seed accelerators. *Zeitschrift fur Wirtschaftsgeographie*, 2019, vol. 63, no. 2-4, pp. 118–133.  
<https://doi.org/10.1515/zfw-2018-0012>
- Lee A., Mackenzie A., Smith G.J.D., Box P. Mapping platform urbanism: Charting the nuance of the platform pivot. *Urban Plan.*, 2020, vol. 5, no. 1, pp. 116–128.  
<https://doi.org/10.17645/up.v5i1.2545>
- Leigh N.G., Kraft B.R. Emerging robotic regions in the United States: Insights for regional economic evolution. *Reg. Stud.*, 2018, vol. 52, no. 6, pp. 804–815.  
<https://doi.org/10.1080/00343404.2016.1269158>
- Letaief K.B., Chen W., Shi Y., Zhang J., Zhang Y.-J.A. The roadmap to 6G: AI empowered wireless networks. *IEEE Commun. Mag.*, 2019, vol. 57, no. 8, pp. 84–90.  
<https://doi.org/10.1109/MCOM.2019.1900271>
- Lima V. Towards an understanding of the regional impact of Airbnb in Ireland. *Reg. Stud., Reg. Sci.*, 2019, vol. 6, no. 1, pp. 78–91.  
<https://doi.org/10.1080/21681376.2018.1562366>
- Markusen A. Sticky places in slippery space: A typology of industrial districts. *Econ. Geogr.*, 1996, vol. 72, no. 3, pp. 293–313. <https://doi.org/10.2307/144402>
- McIntyre D.P., Srinivasan A. Networks, platforms, and strategy: Emerging views and next steps. *Strateg. Manag. J.*, 2017, vol. 38, no. 1, pp. 141–160.  
<https://doi.org/10.1002/smj.2596>
- Nieborg D.B., Poell T. The platformization of cultural production: Theorizing the contingent cultural commodi-  
 ty. *New Media Soc.*, 2018, vol. 20, no. 11, pp. 4275–4292.  
<https://doi.org/10.1177/1461444818769694>
- Ours to Hack and to Own: The Rise of Platform Cooperativism, A New Vision for the Future of Work and a Fairer Internet*. Scholz T., Schneider N., Eds. New York: OR Books, 2016. 252 p.
- Parker G.G., van Alstyne M.W., Choudary S.P. *Platform Revolution: How Networked Markets Are Transforming the Economy and How to Make Them Work for You*. New York: W.W. Norton & Company, 2016. 211 p.
- Qian H. Knowledge-based regional economic development: A synthetic review of knowledge spillovers, entrepreneurship and entrepreneurial ecosystems. *Econ. Dev. Q.*, 2018, vol. 32, no. 2, pp. 163–176.  
<https://doi.org/10.1177/0891242418760981>
- Richardson L. Coordinating the city: Platforms as flexible spatial arrangements. *Urban Geogr.*, 2020a, vol. 41, no. 3, pp. 458–461.  
<https://doi.org/10.1080/02723638.2020.1717027>
- Richardson L. Digital and platform economies. In *International Encyclopedia of Human Geography*. Kobayashi A., Ed. London: Elsevier, 2020b, 2nd ed., pp. 317–321.
- Rochet J.-C., Tirole J. Platform competition in two-sided markets. *J. Eur. Econ. Assoc.*, 2003, vol. 1, no. 4, pp. 990–1029.  
<https://doi.org/10.1162/154247603322493212>
- Roelofsen M. Exploring the socio-spatial inequalities of Airbnb in Sofia, Bulgaria. *Erdkunde*, 2018, vol. 72, no. 4, pp. 313–327.  
<https://doi.org/10.3112/erdkunde.2018.04.04>
- Rossi A., Vismara S. What do crowdfunding platform do? A comparison between investment-based platforms in Europe. *Eurasian Bus. Rev.*, 2018, vol. 8, pp. 93–118.  
<https://doi.org/10.1007/s40821-017-0092-6>
- Sadowski J. Cyberspace and cityscapes: On the emergence of platform urbanism. *Urban Geogr.*, 2020, vol. 41, no. 3, pp. 448–452.  
<https://doi.org/10.1080/02723638.2020.1721055>
- Sadowski J. The Internet of landlords: Digital platforms and new mechanism of rentier capitalism. *Antipode*, 2020, vol. 52, no. 2, pp. 562–580.  
<https://doi.org/10.1111/anti.12595>
- Schilling M.A. Technology success and failure in winner-take-all markets: The impact of learning orientation, timing, and network externalities. *Acad. Manag. J.*, 2002, vol. 45, no. 2, pp. 387–398.  
<https://doi.org/10.2307/3069353>
- Schwarz J.A. Platform logic: An interdisciplinary approach to the platform-based economy. *Policy & Internet*, 2017, vol. 9, no. 4, pp. 374–394.  
<https://doi.org/10.1002/poi3.159>
- Sotsial'no-ekonomicheskaya geografiya: ponyatiya i terminy. Slovar'-spravochnik* [Socio-economic Geography: Concepts and Terms. Dictionary-Reference Book]. Gorkin A.P., Ed. Smolensk: Oikumena Publ., 2013. 328 p.
- Spangler I. Hidden value in the platform's platform: Airbnb, displacement and the un-homing spatialities of emotional labour. *Trans. Inst. Br. Geogr.*, 2020, vol. 45, no. 3, pp. 575–588.  
<https://doi.org/10.1111/tran.12367>

- Srnicek N. *Platform Capitalism*. Cambridge: Polity Press, 2017. 171 p.
- Stallkamp M., Schotter A.P.J. Platforms without borders? The international strategies of digital platform firms. *Glob. Strategy J.*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 58–80. <https://doi.org/10.1002/gsj.1336>
- Sutherland W., Jarrahi M.H. The sharing economy and digital platforms: A review and research agenda. *Int. J. Inf. Manag.*, 2018, vol. 43, pp. 328–341. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.07.004>
- Tiwana A. *Platform Ecosystems: Aligning Architecture, Governance, and Strategy*. Waltham: Morgan Kaufmann, 2014. 299 p.
- Tobler W. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Econ. Geogr.*, 1970, vol. 46, no. 2, pp. 234–240.
- Van Dijck J., Poell T., de Waal M. *The Platform Society: Public Values in a Connective World*. Oxford: Oxford Univ. Press, 2018. 240 p.
- Wentrup R., Nakamura H.R., Strom P. Uberization in Paris – The issue of trust between a digital platform and digital workers. *Crit. Perspect. Int. Bus.*, 2019, vol. 15, no. 1, pp. 20–41. <https://doi.org/10.1108/cpoib-03-2018-0033>
- Wood A.J., Graham M., Lehdonvirta V., Hjorth I. Good gig, bad gig: Autonomy and algorithmic control in the global gig economy. *Work, Employ. Soc.*, 2019, vol. 33, no. 1, pp. 56–75. <https://doi.org/10.1177/0950017018785616>

УДК 914/919:332.132

## ФАКТОРЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ КРУПНЕЙШИХ ФАРМКОМПАНИЙ РОССИИ

© 2022 г. О. В. Кузнецова<sup>а, б, \*</sup>, Р. О. Бобровский<sup>а, с, \*\*</sup><sup>а</sup>Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия<sup>б</sup>Федеральный исследовательский центр “Информатика и управление” РАН, Москва, Россия<sup>с</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

\*e-mail: kouznetsova\_olga@mail.ru

\*\*e-mail: rbobrovskiy@yandex.ru

Поступила в редакцию 09.03.2021 г.

После доработки 17.10.2021 г.

Принята к публикации 15.12.2021 г.

Цель статьи – выявление факторов размещения фармацевтических предприятий в регионах России, в том числе с точки зрения оценки возможного вклада фармацевтики в сокращение территориальных диспропорций в уровне экономического развития. Анализ факторов размещения фармацевтического производства проводится на основе обобщения зарубежных исследований по теме и составленной авторами базы данных производственных предприятий более чем 50 крупнейших фармкомпаний России (с учетом времени строительства и масштабной модернизации предприятий, принадлежности российским или иностранным собственникам). Делается вывод, что в России проявляются те же факторы размещения фармацевтических предприятий, что и за рубежом: характерно сохранение значимости исторически сложившихся центров производства, в том числе в восточных регионах страны (в силу пониженной роли для отрасли транспортного фактора), часто предпочтение отдается расширению мощностей уже действующих предприятий, а не строительству новых; новые заводы возникают на базе сложившихся центров фармацевтических исследований и/или с ориентацией на рынки сбыта крупнейших агломераций и/или в особых экономических зонах, индустриальных парках. При строительстве новых предприятий инвесторы могут стремиться как к участию в фармацевтических кластерах, так и к экономии на издержках производства, включая заработную плату, – строительству заводов в районах, не насыщенных производствами. Иностранные инвестиции приходят в основном только в западные регионы страны в силу их емкого рынка сбыта и близости к странам происхождения компаний, являющихся преимущественно европейскими. В результате действия многочисленных факторов влияние развития фармпроизводства на территориальные диспропорции неоднозначно.

**Ключевые слова:** фармацевтика, крупнейшие фармацевтические компании, иностранные инвестиции, факторы размещения, кластеры, научно-исследовательские центры, особые экономические зоны, рынки сбыта

**DOI:** 10.31857/S2587556622020066

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Начавшаяся в 2020 г. пандемия COVID-19 способствовала резкому росту интереса к фармацевтике<sup>1</sup>. Однако внимание ее развитию федеральные власти уделяют уже на протяжении многих лет как отрасли, связанной с производством жизненно необходимых товаров: наличие в стране

собственного производства лекарственных средств – один из важнейших элементов ее экономической безопасности, что стало особенно очевидным с введением в 2014 г. антироссийских санкций. В результате фармацевтика заметно опережала другие обрабатывающие производства по динамике развития не только в 2020, но и в 2019 г. (индексы производства составили 127.4% в 2019 г. и 123.2% в 2020 г.).

Фармацевтическое производство в российских регионах очень редко становится объектом географических исследований, на наш взгляд, в том числе в силу сохраняющейся невысокой его доли в обрабатывающей промышленности: даже

<sup>1</sup> Под фармацевтикой (фармацевтической промышленностью) в данной статье имеется в виду производство лекарственных средств, т.е. парафармацевтическое производство мы не рассматриваем. Если не указывается иное, статистические данные приводятся по разделу ОКВЭД “Производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях”, источник данных – Росстат.

в 2020 г. она составляла всего 1.97% (по объему отгруженных товаров собственного производства). Исключения среди регионов есть, хотя и немногочисленные: в Курской и Курганской областях показатель составлял порядка 14–15%, Владимирской области – более 9%, в Московской, Ярославской, Рязанской, Кировской областях – по 6–7%, в остальных субъектах РФ – менее 5%, более чем в четверти регионов фармацевтики вообще нет.

Тем не менее в силу значимости фармацевтики и динамизма ее развития вопросы закономерностей и факторов размещения заслуживают внимания. В рамках исследования основное внимание мы уделяем факторам размещения фармпроизводства, поскольку их понимание важно с точки зрения формирования государственной политики пространственного развития.

С одной стороны, можно предположить, что в силу наукоемкости фармацевтики ее размещение будет тяготеть к уже сложившимся научным центрам, расположенным чаще всего в экономически развитых регионах, дополнительным преимуществом которых является еще и емкий рынок сбыта. В этом случае дальнейшее развитие фармацевтики в стране будет вносить вклад в рост территориальных диспропорций в уровне экономического развития. С другой стороны, для фармацевтического производства как малотоннажного должна быть понижена роль транспортных издержек, что означает потенциальную возможность размещения фармпредприятий в удаленных от основных рынков сбыта регионах, как правило, отстающих по уровню и динамике своего экономического развития. Это обстоятельство может использоваться для решения задачи снижения территориальных диспропорций, поскольку, как уже было показано, в отдельных регионах, особенно небольших, крупные фармпредприятия могут вносить значимый вклад в промышленное производство.

Не исключено и сочетание этих двух разнонаправленных тенденций (для разных типов производств), равно как и действие других факторов размещения фармпредприятий. Цель данной статьи – проверить данные гипотезы, выявить факторы размещения фармацевтических предприятий в регионах России. Для этого мы анализируем особенности размещения производственных мощностей крупнейших фармацевтических компаний России, сложившиеся на конец 2020 г. В определении состава факторов, влияющих на размещение фармпредприятий, мы опираемся на зарубежные работы по географии отрасли в пределах отдельных стран.

## ОБЗОР РАНЕЕ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В силу значимости фармацевтики ей посвящено немало число публикаций экономистов. Объектом исследований чаще служит фармацевтический рынок России, нежели фармацевтическая промышленность. Последняя интересует авторов с точки зрения присутствия на рынке отечественных производителей, часто анализируется государственная поддержка отрасли, но анализу размещения предприятий по регионам страны внимания практически не уделяется.

По данным специализирующейся на изучении фармацевтики маркетинговой компании *GSM Group*, в 2020 г. в структуре потребления лекарственных препаратов в России доля отечественных препаратов составляла 33.5% при исчислении в рублях (в стоимостном выражении) и 63.1% при исчислении в упаковках. Еще 10.1% в рублях и 5.5% в упаковках – это импортные препараты, производство которых локализовано на территории России<sup>2</sup>. Таким образом, всего на территории России в 2020 г. производилось 43.6% потребляемых в стране лекарственных препаратов при исчислении в рублях и 68.6% – в упаковках (подобное соотношение отражает различия в стоимости отечественных и импортных препаратов).

Имеющийся в России опыт географических исследований отрасли связан преимущественно с географией мировой фармацевтической промышленности; в 2010-е годы на географическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова были защищены две такие кандидатские диссертации (Кротков, 2013; Подгорнев, 2015). В этих работах, как и в близких к ним исследованиях по мировой экономике (Мамедьяров, 2018; Овчаров, 2005), анализируются различия между странами в развитии фармацевтики; основным объектом исследований, в силу высокой степени глобализации отрасли, являются ТНК. В (Родионова, Овчаров, 2001) выделяются ареалы и центры фармпромышленности, однако объяснение закономерностей размещения предприятий отрасли в пределах отдельных стран в задачи авторов не входило. России сколько-нибудь значимого внимания в названных работах не уделяется в силу ее невысокой роли в мировой фармацевтике. Аналогичные работы существуют и за рубежом – по географии мировой фармацевтики (Daemrich, 2009), по региональным стратегиям ТНК, но тоже чаще в страновом разрезе [интересным примером служит работа по занимающей особое место в мировой фармацевтике Индии (Yeoh, 2011)].

В России некоторое исключение из общего правила составляют работы по фармацевтическим кластерам (Александрова и др., 2019; Бога-

<sup>2</sup> [https://dsm.ru/docs/analytics/2020\\_Report\\_rus.pdf](https://dsm.ru/docs/analytics/2020_Report_rus.pdf)

чѐв, Родионова, 2014), однако, как представляется, больше в силу сложившегося в стране интереса к кластерам и кластерной политике в целом, нежели к фармацевтике как таковой. Есть также важная с точки зрения нашего исследования работа по становлению фармпромышленности России до начала 2000-х годов (Родионова, Овчаров, 2001), которая дает представление о сложившейся к этому времени географии отрасли. Но, как хорошо известно, именно с 2000-х годов в России началась активная реализация инвестпроектов в разных отраслях, и за прошедшие 20 лет география фармпромышленности, конечно, претерпела заметные изменения.

За рубежом работ, посвященных размещению фармпредприятий в пределах отдельно взятых стран (а не мирохозяйственных работ), немного, но все же есть примеры исследований по закономерностям и факторам размещения отрасли в разных по особенностям развития фармацевтики типах стран: в традиционных лидерах среди экономически развитых стран – США, Германии и ряде других европейских стран (Bignami et al., 2020; Boasson et al., 2005; Demirel and Mazzucato, 2010; Furman, 2003; Janne, 2002), в отличающейся бурным развитием инновационной сферы Ирландии (Van Egeraat and Curran, 2013), в Китае, привлекившим в последние десятилетия значительный объем иностранных инвестиций и заметно увеличившем свою роль в мировой экономике (Li et al., 2017).

Обобщая проведенные исследования, можно сказать об отсутствии каких-либо жестких требований к факторам размещения фармацевтических заводов. Фармпроизводство – малотоннажное, поэтому привязка к источникам сырья или потребителям не обязательна; не требует больших затрат топлива или энергии (хотя важна стабильность электроснабжения). Тем не менее компании, конечно, стремятся к снижению издержек: на доставку продукции потребителю, энергозатраты на обеспечение нужного температурно-влажностного режима производства и т.д. Кроме того, для фармпредприятий часто немаловажное значение имеет наличие чистой воды. Собственно фармацевтическое производство – некапиталоемкое и нетрудоёмкое (число занятых на заводах невелико, а повышенный уровень квалификации рабочих нужен не всегда).

При относительно свободном размещении фармпредприятий выбор инвесторами мест их размещения оказывается довольно чувствительным к мерам государственной экономической политики, причем в разных типах стран. Например, в Ирландии формирование центров фармацевтики было обусловлено политикой пространственного планирования, в рамках которой создавались необходимые для инвесторов промышленные

площадки с инфраструктурой (Van Egeraat and Curran, 2013). В Китае размещение прямых иностранных инвестиций в фармацевтике определялось отсутствием на уровне провинций жестких экологических требований и, наоборот, наличием преференциальных режимов для инвесторов (особых экономических зон или их аналогов), причем перенос в государственной пространственной политике акцента с поддержки восточных приморских регионов на поддержку глубинных провинций привел к соответствующим сдвигам и в размещении фармацевтических предприятий (Li et al., 2017). Примеры этих же двух стран показывают, что концентрация фармпредприятий необязательна: инвесторы готовы размещать и/или размещают свои производства в тех населенных пунктах, где фармацевтика ранее не была развита – либо в городах, где есть хорошие промплощадки с инфраструктурой (Ирландия), либо в не насыщенных предприятиями регионах, где ниже издержки, больше свободных рабочих рук [Китай (Li et al., 2017)].

Вместе с тем исследования по экономически развитым странам, где зародилась фармацевтика, показывают, что размещение предприятий отрасли отличается высокой концентрацией; фармацевтические кластеры являются типичной формой территориальной организации производства (Подгорнев, 2015; Demirel and Mazzucato, 2010; Kaiser, 2003). Более того, на примере публично торгуемых фармацевтических компаний США было показано, что вхождение таких компаний в кластеры является одним из факторов повышения их стоимости (Boasson et al., 2005).

Важнейшая особенность фармацевтики – ее высокая наукоемкость. Поэтому в современной научной литературе анализируется не столько география фармпроизводства, сколько география НИОКР, инноваций в фармацевтике. Наукоемкость фармацевтики влечет за собой ряд особенностей отрасли:

– уже упоминавшаяся ключевая роль в мировом производстве ТНК, поскольку только очень крупные компании обладают достаточными ресурсами для многолетних дорогостоящих НИОКР, а также на свойственные фармацевтике повышенные затраты на продвижение продукции;

– сохраняющееся значение традиционных, появившихся еще на стадии возникновения самой фармацевтики, центров производства в экономически развитых странах. Появлялась же фармацевтика либо в местах работы ученых-фармацевтов, либо на базе химической промышленности (Подгорнев, 2015; Daemmgich, 2009). В современных условиях экономически развитые страны отличаются наилучшими условиями для развития высокотехнологичных, инновационных

видов деятельности. Именно для таких стран свойственно наличие компаний, производящих оригинальные препараты, тогда как в менее развитых странах в большей степени представлена дженериковая продукция.

С точки зрения географии важно, что все сказанное выше про размещение фармпредприятий относится непосредственно к фармпроизводству, тогда как у размещения исследовательских подразделений крупных фармкомпаний или небольших инновационных фирм совершенно иная логика, для них важны определенные свойства территории. Так, в научных исследованиях показывается, что инновационным фармкомпаниям свойственна зависимость их специализации от имеющейся в регионе научной базы (Furman, 2003); уровень развития НИОКР в регионе (как в университетах, так и в промышленности в целом) позитивно влияет на стоимость компаний (Boasson et al., 2005). Иначе говоря, наладить производство лекарственных препаратов в регионе можно без наличия не только каких-то особых факторов размещения, но и научно-исследовательской базы, тогда как для появления новых продуктов последняя чрезвычайно важна.

Однако даже в части взаимосвязи уровня развития научных исследований в регионе и размещения инновационной деятельности в фармацевтике ситуация не столь однозначная. В недавней работе (Bignami et al., 2020) анализируются различия в значимости географической близости для организации сотрудничества в сфере НИОКР в фармацевтической промышленности в зависимости от видов знания. Показывается, что для сотрудничества в сфере фундаментальных исследований географическая близость гораздо важнее, чем для клинической науки. Первые связаны с передачей неявного знания (которое требует непосредственного общения людей), тогда как знания в области клинической науки появляются в рамках строго регламентированного процесса, который тщательно документируется (и такие систематизированные знания легче передавать при удаленном сотрудничестве). Кроме того, географическая близость исследовательских центров, занимающихся фундаментальной наукой, и компаний позволяет последним, при необходимости, привлекать к своей работе высококвалифицированных ученых. Отмечается также тенденция размещения клинических испытаний вдали от исследовательских центров фармкомпаний – в тех странах, где можно сократить издержки таких испытаний.

Отдельное внимание уделяется вкладу входящих в регион ТНК в местное развитие технологий и инноваций. Показывается, что этот вклад зависит от особенностей региона, причем даже в пределах экономически развитых стран. Для ве-

дущих экономических центров внешние инвестиции, дополняя внутренние, могут создать дополнительные возможности для обновления и расширения базы местных знаний. Для менее развитых центров иностранные ТНК могут иметь как положительное значение (укрепляя региональные центры передового опыта), так и отрицательное, поскольку местные фирмы могут не выдерживать конкуренции со стороны крупных ТНК (Janne, 2002).

Таким образом, зарубежный опыт позволяет говорить о том, что в России размещение предприятий может объясняться разными факторами и осуществляться в разных регионах: как в крупнейших агломерациях (в силу их высокого научного потенциала и емкого рынка), так и в экономически слаборазвитых, где ниже издержки производства. Так же неоднозначна возможная значимость фармацевтических кластеров (новые предприятия могут размещаться в таких кластерах, но могут и за их пределами, ориентируясь на другие преимущества территорий). Вполне логично предположить сохранение значимости традиционных, сложившихся еще в советский период, центров фармацевтики. Важно также обратить внимание на роль особых экономических зон и их аналогов в развитии отрасли.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основу нашего исследования составляет сформированная нами база данных по предприятиям крупнейших фармацевтических компаний России. Такое ограничение исследования было необходимо для получения более точной и детализированной информации по предприятиям: на своих сайтах компании четко указывают, какие именно подразделения являются производственными (а не сбытовыми) и где они располагаются, когда были построены (куплены, модернизированы) заводы, нередко даются уточнения по причинам выбора производственной площадки (на территории особой экономической зоны, вблизи или на базе профильного научно-исследовательского института и т.п.) или видна сопряженность новых проектов с уже существующими предприятиями компаний.

В известные рейтинги крупнейших российских компаний (например “Эксперта”, РБК) попадают единичные производственные фармкомпания (а не торгующие лекарственными средствами), и то в последние сотни. Поэтому нужны специализированные рейтинги именно фармкомпаний. Таких рейтингов, появившихся в последние годы, нам известно два. Один – рейтинг 50 крупнейших фармацевтических компаний России, опубликованный в электронном журнале “Здравоохранение в России” в декабре 2018 г.<sup>3</sup> и

составленный по объемам выручки компаний в 2017 г. Второй – рейтинг 20 лучших фармкомпаний журнала “Форбс”, опубликованный в сентябре 2020 г.<sup>4</sup>, основанный на пяти критериях: выручка за 2019 г., изменение выручки за год, чистая прибыль, количество зарегистрированных на компанию лекарственных препаратов и количество разрешений, выданных компании на проведение клинических исследований; при этом в рейтинг включались компании, которые контролируются частными лицами (более 50%) и не входящие в глобальные конгломераты. Списки входящих в названные рейтинги компаний во многом совпадают, но не полностью: всего в двух рейтингах 56 компаний, которые мы и рассматривали.

Мы учитывали, принадлежат ли компании российским или иностранным собственникам, поскольку их может отличать наличие разных стратегий территориального развития. У большинства из 56 компаний собственники российские (хотя формально компании могут быть зарегистрированными и в офшорах), есть три госкомпании, но присутствуют и иностранные инвесторы: германские *STADA*, *Martin Bauer*, *B. Braun Melsungen*, итальянская *Menarini* (ее германское подразделение *Berlin-Chemie*), швейцарская *AVVA*, французская *Servier*, венгерская *Gedeon Richter*, словенская *KRKA*, американская *Abbott*, индийская *Sun Pharmaceutical*. Наряду с иностранными компаниями, попавшими в список крупнейших, известно также о реализованных в России проектах швейцарской *Novartis*, французской *Sanofi*, британской *AstraZeneca*, израильской *Teva*, японской *Takeda*. В обнародованном в середине 2018 г. проекте Стратегии развития фармацевтической промышленности в России на период до 2030 г. был представлен перечень реализованных в стране проектов строительства фармпредприятий за 2001–2015 гг. (таковых 36), и их мы тоже учитываем как наиболее значимые (но в основном проекты были реализованы как раз крупнейшими фармкомпаниями России; сама стратегия на момент подготовки данной статьи так и не была утверждена).

Страновая принадлежность пришедших в Россию иностранных фармкомпаний в целом соответствует общей ситуации с подлинными (не-офшорными) прямыми иностранными инвестициями в России: доминируют европейские компании, особенно германские, тогда как США, будучи одним из лидеров мировой фармацевтики, представлены в России слабо. Отличие же фармацевтики от

ряда других отраслей (например, автопрома) в том, что лишь около половины из названных компаний входит в число 50 крупнейших мировых фармацевтических ТНК – “Большую Фарму” (*Big Pharma*<sup>5</sup>), т.е. российский рынок начал осваиваться во многом, условно, средними компаниями.

При анализе предприятий мы не рассматриваем их специализацию на производстве фармацевтических субстанций или лекарственных препаратов, поскольку такая информация есть далеко не всегда. Примечательно также, что статистика Росстата по соотношению этих двух составляющих, скорее всего, искаженная. Дело в том, что в последние годы наметился очевидный тренд на сокращение доли производства фармсубстанций в общем объеме производства в отрасли: с 25.4% в 2017 г. до 9.1% в 2020 г. Но по индексам производства объем выпуска фармсубстанций за тот же период (с 2017 по 2020 г.) вырос в 3.5 раза, а лекарственных средств – только в 1.5 раза, что демонстрирует значимое влияние ценообразования в отрасли. Кроме того, производство фармсубстанций отличается очень сильной территориальной концентрацией: по итогам 2020 г. 74.2% фармсубстанций было произведено всего лишь в двух регионах (Москве и Московской области), 94.0% – в четырех регионах (помимо столичного региона это еще Санкт-Петербург и Иркутская область).

При анализе предприятий у нас нет также возможности разделить производство оригинальных препаратов и дженериков: информация об этом обычно тоже отсутствует. Вместе с тем, как мы уже сказали выше, места размещений НИОКР-подразделений и производственных предприятий в фармацевтике могут не совпадать [причем по географии НИОКР-подразделений дефицит информации есть и по зарубежным странам (Кротков, 2013)]; производство дженериков тоже требует определенной научно-исследовательской базы; успешными могут быть производители как оригинальных, так и дженериковых препаратов (в *Big Pharma* есть и специализирующиеся на дженериках компании, например, уже называвшаяся израильская *Teva*). Поэтому с точки зрения задач нашей статьи – проанализировать факторы размещения фармпредприятий – различия между производством оригинальных препаратов или дженериков не представляются существенными.

Наряду с разделением компаний на отечественные и иностранные особое внимание мы уделяем времени строительства предприятий. На наш взгляд, в содержательном плане имеет смысл выделить несколько этапов создания производств:

<sup>3</sup> <https://zdorovayarossia.ru/ratings/top-50-krupneyshikh-farmatsevticheskikh-kompaniy-rossii4903>

<sup>4</sup> <https://www.forbes.ru/biznes-photogallery/408079-20-luchshih-farmkompaniy-rossii-pervyy-reyting-forbes?photo=20>

<sup>5</sup> <https://www.pharmexec.com/view/pharm-execs-top-50-companies-2020> (топ-50 фармацевтических компаний мира на 2020 г.).

– советский период – немало предприятий сохранились именно с советских времен, с началом рыночного периода они в основном стали частными и за прошедшие годы были модернизированы (случаи, когда известно о масштабных программах такой модернизации, мы отмечаем отдельно);

– 1990-е – годы экономического кризиса, когда инвестиционных проектов в стране реализовывалось немного;

– 2000-е и первая половина 2010-х – с начала экономического роста и до введения антироссийских санкций, одним из следствий которых стала активизация интереса к импортозамещению;

– период с 2015 г. и вплоть до настоящего времени, при этом отдельное внимание мы уделяем проектам 2020 г. с вполне понятным ростом значимости фармацевтики в условиях пандемии COVID-19.

### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Существующие на конец 2020 г. предприятия крупнейших фармкомпаний, а также перечисленные в Стратегии-2030 инвестпроекты представлены на рис. 1. Прежде всего отметим, что среди крупнейших фармкомпаний немало таких, которые имеют только одну производственную площадку (особенно большинство иностранных компаний) или две–три близкорасположенных (в Москве и Московской области или разных городах одного субъекта РФ). Компаний с относительно широкой географией производственной деятельности, имеющих заводы в разных макро-регионах страны, всего несколько. В наибольшем числе субъектов РФ – в девяти производственные площадки у государственного АО “НПО “Микроген” (образованного в 2003 г. путем слияния нескольких госпредприятий): это заводы в Москве, Нижнем Новгороде, Перми, Уфе, Омске, Томске, Иркутске, Ставрополе и Махачкале. На втором месте по числу регионов – АО “Фармстандарт” с предприятиями в Курске, Уфе, Томске, Владимирской и Московской областях, а также заводом медицинского оборудования и инструментов в Тюмени.

Анализ географии рассматриваемых фарм-предприятий в России позволяет, на наш взгляд, говорить о том, что в целом проявляются те же факторы размещения фармпроизводства, что и за рубежом.

1. Для отрасли характерно сохранение значимости исторически сложившихся центров производства. Значительная часть компаний в рамках своего развития не строила новые заводы, а расширяла и модернизировала имевшиеся производственные площадки. Да и новые заводы часто

размещаются в сложившихся центрах фармацевтики, рядом с уже существующими предприятиями. Важно, что советский период отличался довольно широкой географией заводов. В частности, их оказалось немало в глубинных регионах страны, в том числе в результате эвакуации в годы Великой Отечественной войны; были размещены предприятия в ныне малопривлекательных для компаний обрабатывающей промышленности в целом городах, таких как Хабаровск и Махачкала.

Сохранение и развитие исторически сложившихся центров фармпроизводства в восточных регионах страны (например Иркутской, Томской областях), удаленных от основного рынка сбыта европейской части страны, но поставляющих на этот рынок продукцию, подтверждает пониженную значимость транспортного фактора для фармацевтического производства.

2. Значение имеет наличие научно-исследовательских центров. Как уже было сказано выше, даже производство дженериков требует НИОКР, а российские компании производят и оригинальные препараты. Поэтому целый ряд новых заводов возник на базе сложившихся центров фармацевтических исследований, прежде всего в Москве и Московской области. Так, в пос. Оболенск Серпуховского района, где расположен Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии, действуют предприятия двух компаний – “Алиум” и “Герофарм”; у “Рафармы” есть цех по производству малотоннажных партий в Черноголовке на базе Института проблем химической физики РАН; у “Фармстандарта” – производство в Красногорском районе на базе Московского НИИ вакцин и сывороток (созданное в конце советского периода – 1988 г.).

Вместе с тем с точки зрения вклада фармацевтики в сокращение территориальных диспропорций важно отметить, что целый ряд центров фармисследований сложился в далеко не самых экономически развитых регионах (или районах в пределах субъектов РФ) и часто с относительно неблагоприятным экономико-географическим положением. Так, в Кировской области появилось производство компании “Нанолек” в пос. Лёвинцы, где в советский период располагался НИИ микробиологии Минобороны СССР.

Примером, когда научный центр располагается в привлекательном для инвесторов регионе, но не самом экономически развитом, является пос. Вольгинский во Владимирской области, где были построены заводы “Фармстандарта”, “Верофарма” и “Генериума” и где изначально располагались Всероссийский НИИ ветеринарной вирусологии и микробиологии и Покровский завод биопрепаратов.

Даже по приведенным названиям научно-исследовательских центров видно, что они могут

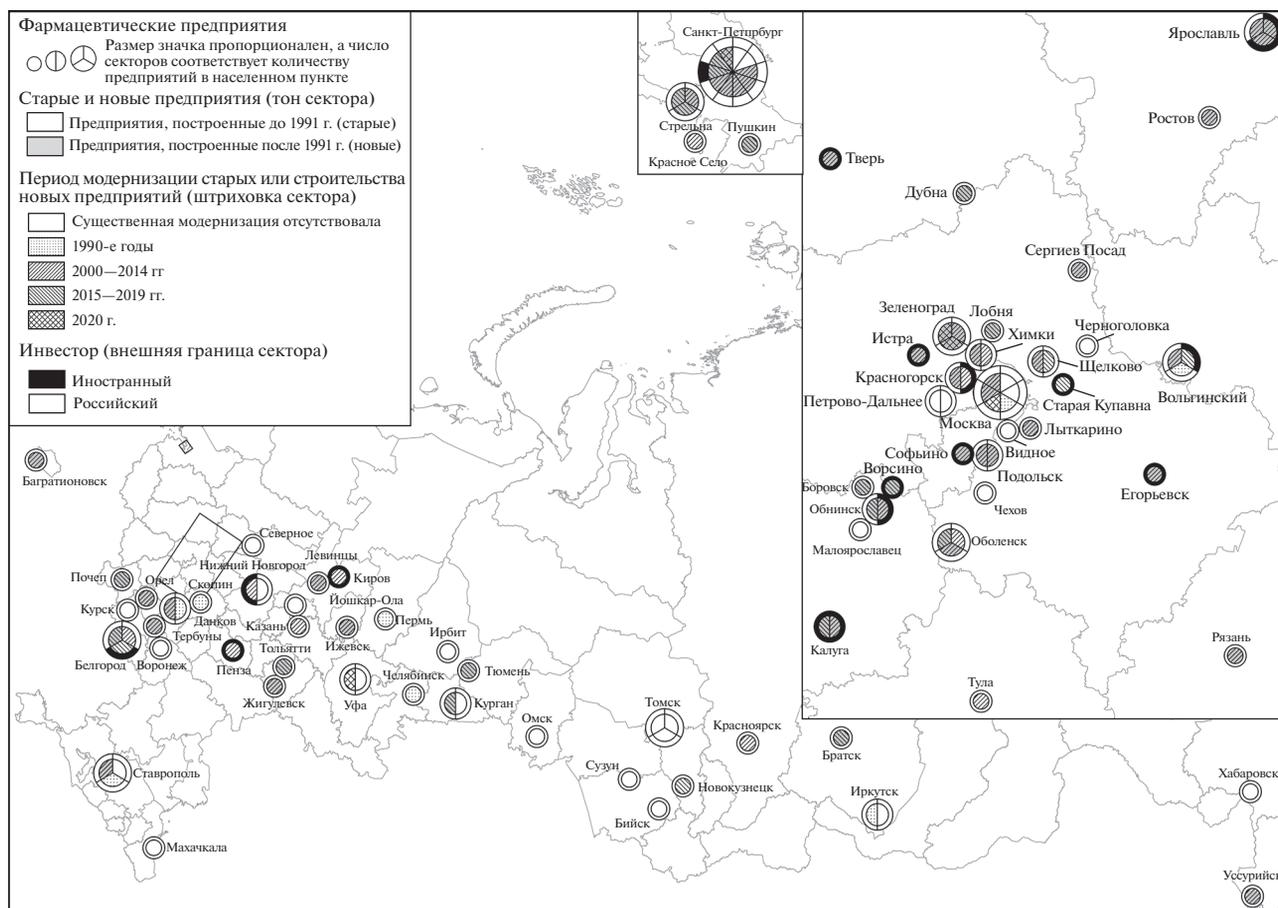


Рис. 1. Производственные предприятия крупнейших фармацевтических компаний России.

играть разную роль в развитии фармпроизводства. В одних случаях речь идет непосредственно о внедрении в производство научных разработок, в других — только об опоре на имеющийся кадровый потенциал, традиции (таким примером служит Вольгинский).

Не исключено также появление фармпредприятий на базе химической промышленности (как это тоже было за рубежом). Так, в Брянской области фармпроизводство было организовано в г. Почеп с использованием имущественного комплекса завода по уничтожению химического оружия.

3. При размещении новых производств фактор емкости рынков сбыта — близости крупнейших агломераций, прежде всего Москвы и Санкт-Петербурга — тоже, очевидно, учитывается. И дело не только в том, что две столицы одновременно являются научно-исследовательскими центрами. Целый ряд предприятий возник в разных субъектах РФ Центрального федерального округа, что вполне типично и для других отраслей обрабатывающей промышленности.

Важно обратить внимание, что фактор емкости рынков сбыта имеет повышенное значение для иностранных компаний, которые ориентируются преимущественно на свои научно-исследовательские базы (за рубежом), и для них наличие российских научных центров не имеет очевидного значения, но зато важно наличие большого числа потребителей — в Центре, Поволжье, на Северо-Западе. Важна и территориальная близость к Европе: работающие в России иностранные компании — преимущественно европейские (см. выше). Эти же закономерности характерны для привлекаемых в страну прямых иностранных инвестиций в целом: ключевым мотивом вложения средств в России зарубежные предприниматели называют именно доступ к емкому российскому рынку сбыта.

Проявляется и другая известная закономерность: ориентируясь на крупнейшие рынки сбыта, иностранные компании размещают производство в районах с пониженным уровнем экономического развития, где есть возможность сэкономить на издержках производства.

4. Значимость наличия преференциального режима ведения хозяйственной деятельности для размещения фармпредприятий также подтвердилась. Во многих случаях наличие такого преференциального режима дополняет другие благоприятные факторы. Так, в Москве одновременно есть и научно-исследовательская база, и рынок сбыта, и льготные условия технико-внедренческой ОЭЗ “Технополис Москва” и инновационного центра “Сколково”. Аналогично в Санкт-Петербурге компании также воспользовались преимуществами созданной здесь ОЭЗ технико-внедренческого типа. Но есть также случаи размещения фармпредприятий в ОЭЗ или индустриальных парках в регионах, которые нельзя отнести к традиционным центрам фармацевтики, например, завод “Рафармы” в ОЭЗ регионального уровня “Тербуны” в Липецкой области, “Озона” в ОЭЗ “Тольятти”, что говорит о том, что внедрение преференциального режима для инвесторов может являться, как и за рубежом, самостоятельным фактором размещения фармпредприятий.

Как видим, часто имеет место сочетание нескольких благоприятных факторов размещения фармпредприятий. Еще одним таким примером служит Калужская область: здесь и близость к емкому рынку сбыта, и наличие наукограда Обнинска, и активная инвестиционная политика областных властей, создавших ряд индустриальных парков. В этом регионе, по общему мнению, сложился фармацевтический кластер [подробно рассмотренный в (Богачёв, Родионова, 2014)].

5. С фармацевтическими кластерами в целом ситуация в России неоднозначна. В силу возникшего в стране интереса к кластерам и кластерной политике существуют официально объявленные кластеры, которые часто не совпадают с реально существующими (Александрова и др., 2019). Специалисты “Российской кластерной обсерватории” НИУ ВШЭ<sup>6</sup> называют десять таких формально объявленных фармкластеров, говоря при этом о высоком уровне развития только одного – в Обнинске, среднем уровне развития еще трех кластеров и низком уровне развития семи кластеров (что, скорее всего, вообще не позволяет говорить об их реальном существовании).

Выделение кластеров – это самостоятельная исследовательская задача, вместе с тем отметим, что помимо Москвы и Санкт-Петербурга, по двести крупнейших компаний присутствуют в Томске, Кургане, Белгороде, Ставрополе, Нижнем Новгороде, Уфе, уже называвшихся поселках Вольгинский и Оболенск.

В то же время есть пример компании “Р-Фарм”, сначала построившей завод в Ярославле, потом в Ростове той же Ярославской области, а далее – в

соседней Костромской области. Такую логику можно объяснить тем, что в компании не хотят тратить время на работу с сильно удаленными друг от друга предприятиями, но стремятся снизить издержки производства (Костромская область, как известно, “беднее” Ярославской, здесь ниже уровень зарплат).

Таким образом, мы видим, что в России, как и за рубежом, компании могут выбирать разные стратегии – размещения своих предприятий как в уже сложившихся центрах фармпроизводства, так и совершенно новых для отрасли местах, исходя из логики их ненасыщенности предприятиями в принципе.

В условиях 2020 г. повышенную значимость имели пять основных направлений фармацевтики: разработка и производство вакцин против COVID-19; специализированных препаратов для лечения COVID-19; производство неспециализированных препаратов для лечения осложнений COVID-19; тест-систем; средств индивидуальной защиты и антисептиков. По первым двум – самым инновационным – направлениям известно о следующих проектах крупнейших фармкомпаний:

– производство специализированных препаратов для лечения COVID-19 началось в подмосковном Красногорске (“Биокад”), Иркутске и Братске (“Фармасинтез”), Кургане (“Синтез”);

– производство вакцины от COVID-19 – в Санкт-Петербурге (“Фармсинтез”, “Биокад” и “СПБНИИВС”), Москве (“Р-Фарм” и “Баннофарм”), Ярославле (“Р-Фарм”), подмосковном Подольске (“НПО Петровакс Фарм”), во Владимирской области вблизи Покрова (“Генериум”).

Кроме того, в 2020 г. продолжилась реализация ряда проектов, которые были запланированы до начала пандемии (см. рис. 1).

Условия 2020 г., требовавшие оперативности в развитии фармацевтики (наращивания объемов производства неспециализированных препаратов по борьбе с COVID-19 в максимально сжатые сроки, как и налаживания выпуска новых лекарств и вакцин), привели к повышению роли ряда уже существующих фармацевтических предприятий и в минимальной степени – к появлению новых фармпроизводств. Вместе с тем последние создавались в особых экономических зонах (в Москве и Санкт-Петербурге), логика их появления во многом та же, что и расширения действующих производств: ОЭЗ представляет собой подготовленную промышленную площадку, что снижает временные затраты на строительство новых предприятий.

<sup>6</sup> <http://map.cluster.hse.ru>

## ВЫВОДЫ

Проведенный анализ показал, что, во-первых, логика размещения фармпредприятий в России во многом соответствует логике развития отрасли в других странах, во-вторых, подтвердилась гипотеза о разнообразии факторов размещения отдельных предприятий, что означает, что фармацевтика может вносить вклад как в дивергенцию, так и в конвергенцию регионов по уровню их экономического развития.

Вклад фармацевтики в увеличение территориальных диспропорций обуславливается, прежде всего, отсутствием желания со стороны иностранных инвесторов размещать свои предприятия в восточных регионах страны, отличающихся заметно меньшей инвестиционной привлекательностью (по сравнению с западными регионами), в том числе в силу меньшей емкости макрорегионального потребительского рынка, а также удаленностью от европейских стран, являющихся родиной большинства приходящих в Россию зарубежных фармпредприятий (вклад в диспропорции на уровне макрорегионов).

Для отечественных компаний размещение предприятий в основной зоне расселения также оказывается более предпочтительным. К тому же сложившиеся научно-исследовательские центры, наличие которых значимо для российских компаний, расположены преимущественно в европейской части страны. В итоге для восточных регионов наметился негативный тренд: суммарная доля Сибирского и Дальневосточного федеральных округов в общероссийском производстве лекарственных средств и медицинских материалов постепенно сокращалась — с 8.4% в 2017 г. до 7.4% в 2020 г.

Вместе с тем в силу относительной нематериальности и малотоннажности фармпроизводства оно все-таки может размещаться в регионах, удаленных от основных рынков сбыта страны, что подтверждается сохранением значимости сложившихся в глубинных районах страны центров фармацевтики. Ярким примером 2020 г. стала Иркутская область, где с нуля был налажен выпуск фармацевтических субстанций и доля региона в общероссийском их производстве достигла сразу 8.4%.

Вклад фармпроизводства в сокращение территориальных диспропорций проявляется на уровне федеральных округов и регионов. При создании крупных для отрасли производств, не связанных напрямую с взаимодействием с научно-исследовательскими центрами, инвесторы предпочитают размещать их в регионах (прежде всего Центрального округа) и населенных пунктах с относительно низким уровнем заработной платы, т.е. относительно экономически слаборазвитых.

Поскольку в одних случаях компании ориентируются на уже сложившиеся центры научных исследований и фармацевтики (стремясь опереться не только на научную базу, но и имеющийся кадровый потенциал и традиции), в других — на экономиию на издержках производства, территориальная концентрация фармпредприятий не является, как и за рубежом, обязательной. Есть примеры и формирующихся фармацевтических кластеров, и отдельно стоящих заводов.

Последнее означает, что органы власти большого числа регионов и муниципалитетов потенциально могут привлечь фармпредприятия. При этом, как показывает проведенный анализ, важно учитывать, что инвесторы весьма чувствительны к наличию в регионе таких инструментов поддержки инвестиционных проектов, как особые экономические зоны, индустриальные парки, где есть подготовленная для инвесторов инфраструктура и налоговые льготы. На сегодняшний день это обстоятельство скорее способствует росту межрегиональных диспропорций, нежели сокращению, поскольку ОЭЗ и их аналоги созданы в регионах с преимущественно высоким или, как минимум, средним уровнем экономического развития, где у региональных властей есть ресурсы и опыт работы с инвесторами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александрова Е.А., Иванова В.И., Кузнецова М.Ю.* Кластеры и кластерные инициативы в биофармацевтической промышленности России: идентификация, структура, география // Вестн. СПбУ. Менеджмент. 2019. Т. 18. № 3. С. 341–374.
- Богачёв И.И., Родионова И.А.* Характеристика состояния и проблемы развития фармацевтического кластера в Калужской области // Вестн. РУДН. Сер.: Экономика. 2014. № 1. С. 24–34.
- Кротков А.И.* Региональные стратегии транснациональных корпораций на развивающихся фармацевтических рынках: Дисс. ... канд. геогр. наук. М.: Моск. гос. ун-т имени М.В. Ломоносова, 2013. 166 с.
- Мамедьяров З.А.* Инновационное развитие глобальной фармацевтической отрасли: Дисс. ... канд. экон. наук. М.: ИМЭМО РАН, 2018. 182 с.
- Овчаров Е.Г.* Мировая фармацевтическая промышленность: современное состояние и тенденции развития в условиях глобализации: Автореф. дисс. ... Моск. гос. ун-т имени М.В. Ломоносова, канд. экон. наук. М.: РУДН, 2005. 28 с.
- Подгорнев П.В.* Территориальная структура фармацевтической промышленности в постиндустриальную эпоху: Дисс. ... канд. геогр. наук. М.: Моск. гос. ун-т имени М.В. Ломоносова, 2015. 190 с.
- Родионова И.А., Овчаров Е.Г.* Фармацевтическая промышленность Российской Федерации // Вестн. РУДН. Сер.: Экономика. 2001. № 1. С. 70–79.

- Bignami F., Mattsson P., Hoekman J.* The importance of geographical distance to different types of R&D collaboration in the pharmaceutical industry // *Ind. Innovation*. 2020. Vol. 27 (5). P. 513–537.
- Boasson V., Boasson E., MacPherson A., Shin H.H.* Firm value and geographic competitive advantage: Evidence from the U.S. pharmaceutical industry // *J. Business*. 2005. Vol. 78. № 6. P. 2465–2495.
- Daemmrich A.* Where is the Pharmacy to the World? International Regulatory Variation and Pharmaceutical Industry Location. Working Paper. Harvard Business School, 2009. 22 p. <https://www.hbs.edu/faculty/Publication%20Files/09-118.pdf>. (дата обращения 27.12.2021).
- Demirel P., Mazzucato M.* The evolution of firm growth dynamics in the US pharmaceutical industry // *Reg. Stud*. 2010. Vol. 44. № 8. P. 1053–1066.
- Furman J.L.* Location and organizing strategy: Exploring the influence of location on the organization of pharmaceutical research // *Geogr. Strategy*. 2003. Vol. 20. P. 49–87.
- Janne O.E.M.* The emergence of corporate integrated innovation systems across regions: The case of the chemical and pharmaceutical industry // *J. Int. Manag.* 2002. № 8. P. 97–119.
- Kaiser R.* Multi-level science policy and regional innovation: The case of the Munich cluster for pharmaceutical biotechnology // *Europ. Plan. Stud.* 2003. Vol. 11. № 7. P. 841–857.
- Li S., Angelino A., Yin H., Spigarelli F.* Determinants of FDI localization in China: A county-level analysis for the pharmaceutical industry // *Int. J. Env. Res. Public Health*. 2017. Vol. 14. № 9. P. 1–20.
- Van Egeraat C., Curran D.* Spatial concentration in the Irish pharmaceutical industry: The role of spatial planning and agglomeration economies // *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*. 2013. Vol. 104. № 3. P. 338–358.
- Yeoh P.-L.* Location choice and the internationalization sequence: Insights from Indian pharmaceutical companies // *Int. Marketing Rev.* 2011. Vol. 28. № 3. P. 291–312.

## Factors of Pharmaceutical Enterprises Localization—the Case of the Largest Pharmaceutical Companies in Russia

O. V. Kuznetsova<sup>1, 2, \*</sup> and R. O. Bobrovskiy<sup>1, 3, \*\*</sup>

<sup>1</sup>*Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Federal Research Center “Computer Science and Control”, RAS, Moscow, Russia*

<sup>3</sup>*Moscow State University, Moscow, Russia*

\**e-mail: kuznetsova\_olga@mail.ru*

\*\**e-mail: rbobrovskiy@yandex.ru*

The purpose of the article is to identify the factors of pharmaceutical enterprises localization in the Russian regions, including from the point of view of assessing the possible contribution of pharmaceuticals to the reduction of territorial disparities in the level of economic development. The analysis of factors of pharmaceutical production localization is carried out based on the generalization of foreign studies and the database of production enterprises of more than 50 largest pharmaceutical companies in Russia compiled by the authors (taking into account the time of construction and large-scale modernization of enterprises, belonging to Russian or foreign owners). It is concluded that in Russia, the same factors of pharmaceutical enterprises localization are emerged as abroad: the remaining importance of historically developed production centers is typical, including in the eastern regions of the country (due to the lower importance of the transport factor for the industry), often, the preference is given to expanding the capacity of existing enterprises, rather than building new ones; new plants arise on the base of developed centers of pharmaceutical research and/or with a focus on the sales markets of the largest urban agglomerations and/or in special economic zones, industrial parks. When building new enterprises, investors can seek both to participate in pharmaceutical clusters and to save on production costs, including wages—by building factories in areas that are “unsaturated” with production. The main feature of foreign investment is their arrival only in the western regions of the country due to their large sales market and proximity to the countries of companies’ origin that are mainly European. As a result of the action of numerous factors, the impact of the development of pharmaceutical production on territorial disparities is ambiguous.

*Keywords:* pharmaceuticals, major pharmaceutical companies, foreign investment, localization factors, clusters, research centers, special economic zones, sales markets

### REFERENCES

- Aleksandrova E.A., Ivanova V.I., Kuznetsova M.Yu. The clusters and the cluster initiatives of the Russian biopharmaceutical industry: Identification, structure, and geography. *Vestn. S.-Peterb. Univ. Menedzhmenta*, 2019, vol. 18, no. 3, pp. 341–374. (In Russ.).
- Bignami F., Mattsson P., Hoekman J. The importance of geographical distance to different types of R&D collab-

- oration in the pharmaceutical industry. *Ind. Innov.*, 2020, vol. 27, no. 5, pp. 513–537.
- Boasson V., Boasson E., MacPherson A., Shin H.-H. Firm value and geographic competitive advantage: Evidence from the U.S. pharmaceutical industry. *J. Bus.*, 2005, vol. 78, no. 6, pp. 2465–2495.
- Bogachev I.I., Rodionova I.A. Main features of the Kaluga Region innovative pharmaceutical cluster development. *Vestn. RUDN, Ser. Ekon.*, 2014, no. 1, pp. 24–34. (In Russ.).
- Daemmrich A. *Where is the Pharmacy to the World? International Regulatory Variation and Pharmaceutical Industry Location*. Working Paper. Harvard Business School, 2009. 22 p. Available at: <https://www.hbs.edu/faculty/Publication%20Files/09-118.pdf> (accessed: 27.12.2021).
- Demirel P., Mazzucato M. The evolution of firm growth dynamics in the US pharmaceutical industry. *Reg. Stud.*, 2010, vol. 44, no. 8, pp. 1053–1066.
- Furman J.L. Location and organizing strategy: Exploring the influence of location on the organization of pharmaceutical research. *Geography and Strategy*, 2003, vol. 20, pp. 49–87.
- Janne O.E.M. The emergence of corporate integrated innovation systems across regions: The case of the chemical and pharmaceutical industry. *J. Int. Manag.*, 2002, no. 8, pp. 97–119.
- Kaiser R. Multi-level science policy and regional innovation: The case of the Munich cluster for pharmaceutical biotechnology. *Eur. Plan. Stud.*, 2003, vol. 11, no. 7, pp. 841–857.
- Krotov A.I. Regional strategies of multinational corporations in emerging pharmaceutical markets. *Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Moscow State Univ., 2013. 166 p.
- Li S., Angelino A., Yin H., Spigarelli F. Determinants of FDI localization in China: A county-level analysis for the pharmaceutical industry. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2017, vol. 14, no. 9, pp. 1–20.
- Mammed'arov Z.A. Innovative development of the global pharmaceutical industry. *Cand. Sci. (Econ.) Dissertation*. Moscow: IMEMO RAS, 2018. 182 p.
- Ovcharov E.G. Global pharmaceutical industry: current state and development trends in the context of globalization. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Econ.) Dissertation*. Moscow: RUDN Univ., 2005. 28 p.
- Podgornev P.V. Territorial structure of the pharmaceutical industry in the post-industrial era. *Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Moscow State Univ., 2015. 190 p.
- Rodionova I.A., Ovcharov E.G. Pharmaceutical industry of Russian Federation. *Vestn. RUDN, Ser. Ekon.*, 2001, no. 1, pp. 70–79.
- Van Egeraat C., Curran D. Spatial concentration in the Irish pharmaceutical industry: The role of spatial planning and agglomeration economies. *Tijdschr. Econ. Soc. Geogr.*, 2013, vol. 104, no. 3, pp. 338–358.
- Yeoh P.-L. Location choice and the internationalization sequence: Insights from Indian pharmaceutical companies. *Int. Mark. Rev.*, 2011, vol. 28, no. 3, pp. 291–312.

УДК 911.6

## ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ РОССИИ НА ОСНОВЕ ДАЛЬНЕГО ПАССАЖИРСКОГО СООБЩЕНИЯ

© 2022 г. К. В. Самбуров\*

Институт географии РАН, Москва, Россия

\*e-mail: blok04@gmail.com

Поступила в редакцию 14.05.2020 г.

После доработки 03.10.2021 г.

Принята к публикации 15.12.2021 г.

Разработана сетка районов России по зонам тяготения территорий к определенным транспортным узлам, обеспеченных пассажирским железнодорожным сообщением дальнего следования. Выявлено, что существующие методы выделения территорий, тяготеющих к тому или иному узлу, не подходят при изучении железнодорожного транспорта. Для решения задачи транспортного районирования предложена авторская методика определения зон тяготения пассажирских железнодорожных узлов и пунктов; с ее помощью определены зоны тяготения 2065 узлов и пунктов, в которых останавливались поезда дальнего следования в 2016 г. Исследование проводилось на основе единых территориальных ячеек — единиц административно-территориального деления второго уровня (муниципальных районов и городских округов). На территории России выделены 488 железнодорожных пассажирских районов, объединяющих транспортные объекты по зоне тяготения центрального узла. Изучены основные параметры этих районов, а также структура потоков пассажиров в них. На основе анализа направлений пассажиропотоков внутри районов, выявлены четыре типа пассажирских железнодорожных районов: простые (к нему отнесены 168 районов), сложные моноцентрические (240 районов), сложные линейные (59 районов) и сложные полицентрические (21 район). Рассмотрены возможности использования полученной сетки районов при анализе пространственной структуры пассажирского железнодорожного комплекса дальнего следования. Определены основные недостатки методики, обусловленные как дефектами статистической информации, так и допущениями, принятыми в ходе исследования.

*Ключевые слова:* районирование, пассажирское сообщение, зоны тяготения, железнодорожный узел, поезда дальнего следования

DOI: 10.31857/S258755662202008X

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Поезда дальнего следования играют важную роль в обеспечении пространственной связности территории России, принимая на себя крупные пассажиропотоки преимущественно на средние и дальние расстояния. Каждая железнодорожная станция, на которой останавливаются эти поезда, является местом притяжения населения окружающей территории. Пассажирские станции, расположенные в пределах одного населенного пункта, составляют географический узел или пункт, который является единым целым, единой точкой притяжения населения. Определение зон их тяготения позволяет изучить пространственную структуру потоков пассажиров с тех или иных территорий, а также выявить место узла (пункта) в иерархии.

В географической литературе принято выделять три основных вида транспортно-географического районирования (Никольский, 1978): по

зонам тяготения, внутриотраслевое и комплексное. В данном исследовании используется районирование, основанное на зонах тяготения. В отечественной науке его использовали, как правило, для выделения грузообразующих территорий, что позволяло оптимизировать радиусы логистики в условиях плановой экономики (Белюсов, 1978); для пассажирского транспорта этот метод практически не применялся. В иностранных работах зоны тяготения, как правило, изучаются в рамках потоков относительно одного узла, без сплошного районирования территории по принципу тяготения. Одним из редких исключений стоит признать работу Й. Гурского (1976) о районировании на основе зон тяготения центральных узлов, обслуживающих пассажирский транспорт в Чехии, с использованием изохрон. В современных работах сплошное районирование территорий производится на основе анализа потоков по определенному виду транспорта. Так,

П. Гуд и соавторы (Good et al., 2011) использовали данные по авиационным перевозкам для районирования территории Африки; С. Крафт и его коллеги на основе потоков личного автотранспорта выделили 205 транспортных узловых районов Чехии (Kraft and Marada, 2017), а с использованием авиационных связей районировали территорию Центральной Европы (Kraft and Rozkošný, 2018).

Для железнодорожного транспорта дальнего следования обычно используется отраслевое районирование на основе выделения структурных подразделений – железных дорог. Этот подход не учитывает пространственные различия между территориями, входящими в отраслевой район, поэтому его нельзя использовать для сравнительного анализа территорий и прогнозирования пассажиропотоков. Это можно сделать лишь на основе выделения узловых районов, базирующихся на общности тяготения к тому или иному железнодорожному узлу. Такой подход позволяет корректно оценить и сравнить потокообразующие территории в пределах единой транспортной сети, а также выявить существующие пространственные диспропорции в системе пассажирских перевозок. Железнодорожный транспорт дальнего следования является, по Б.Б. Родману (2002), дискретным видом сообщения; для него характерно малое число остановок в пути следования, что приводит к формированию обширной зоны тяготения у крупных узлов и, соответственно, к образованию узловых районов с центром в населенном пункте, в котором расположен железнодорожный узел.

Дискуссия о необходимости выделения непосредственно специализированных районов для анализа транспортных систем или сетей (Каючкин, 2003) ведется до сих пор. Многие исследователи используют для этих целей уже существующие сетки интегрального экономического районирования. Примером может служить диссертация А.Н. Приваловского (2008), который изучал локальные транспортные системы на основе сетки экономических микрорайонов Е.Е. Лейзеровича. Часто в качестве объектов исследования выбирались транспортные системы регионов, которые в связи с особенностями формирования статистики являются весьма удобными для анализа. В диссертации П.М. Крылова (2007) для изучения региональных транспортных систем было проведено транспортно-экономическое районирование на основе ряда статистических показателей, описывающих как транспорт, так и экономику территорий. В некоторых работах транспортное районирование проводилось с целью агрегации мест отправления и назначения пассажиров для анализа пространственных связей между территориями. Наиболее яркий пример подобного направ-

ления исследований – монография С.А. Тархова (2015), посвященная авиационно-пространственной связности территории России, в которой анализ проводился по сетке выделенных этим автором авиакластеров (районов). В работе Ю.В. Шерстобитова (2017) районирование также использовалось как инструмент анализа территорий при изучении трансформации пространственной структуры пассажирских связей Санкт-Петербургского узла с выделенными транспортными районами как в пределах России, так и за рубежом. Интересным примером внутрирегионального транспортного районирования может служить выделение по уровню связности территории районов внутри Красноярского края, Республики Саха (Якутия) и Магаданской области (Неретин и др., 2019).

Транспортно-географическое районирование в целом остается малоизученной темой из-за нехватки достоверной статистической информации о пассажирских перевозках, что сильно ограничивает возможности изучения существующих районов, выделяемых по транспортному признаку. Зачастую, как уже было сказано, используется существующая сетка экономического районирования либо отраслевое (разделение на территориальные железные дороги или паромства) районирование, которое используется для управленческих нужд и не подходит для географического анализа. Таким образом, для полноценного изучения и сравнения территорий по их обеспеченности железнодорожным транспортом дальнего следования необходимо выделить специфические железнодорожные районы, что и стало основной задачей исследования.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании были использованы ведомственные статистические материалы, предоставленные ОАО «РЖД», по числу отправленных пассажиров в 2016 г. в поездах дальнего следования. В 2016 г. они останавливались на 2182 станциях (на этой основе было выделено 2065 железнодорожных узлов и пунктов) в 76 регионах России, ими было перевезено 105.7 млн человек. По результатам анализа этих данных нами было проведено транспортное районирование территории России по степени интенсивности пассажирских перевозок по железным дорогам в дальнем сообщении.

В этом исследовании мы изучаем железнодорожные узлы и пункты как географические объекты, определив узел как железнодорожную станцию или совокупность станций в пределах населенного пункта, имеющую обширную зону тяготения, которая не входит в зону тяготения



**Рис. 1.** Территории России, обеспеченные дальним железнодорожным сообщением.  
Составлено автором.

другого узла, а пункт – как железнодорожную станцию или совокупность станций в пределах населенного пункта, обладающую малой зоной тяготения, которая входит в зону тяготения железнодорожного узла. Железнодорожный район трактуется как узловый район, охватывающий территорию, жители которой при необходимости ехать поездом дальнего следования преимущественно выбирают центральный для нее железнодорожный узел. Таким образом, железнодорожный пассажирский район представляет собой пространственную совокупность узлов и пунктов, объединенных по зоне тяготения центрального узла (или узлов в случае полицентрических районов). В качестве элементарной территориальной ячейки нами используется единица административно-территориального деления (далее АТД) второго уровня (муниципальный район или городской округ).

Было проведено районирование той части территории страны (рис. 1), жители которой в полной мере обеспечены железнодорожным сообщением дальнего следования. В России в 2016 г. существовали 2354 единицы АТД второго уровня<sup>1</sup>, из них 2246 (или 95.4%) охвачено железно-

ным сообщением дальнего следования. Из анализа были исключены территории, жители которых практически не используют железнодорожный транспорт: 108 единиц АТД второго уровня, находящихся в Архангельской, Магаданской и Сахалинской областях, Камчатском, Красноярском и Хабаровском краях, Ненецком и Чукотском автономных округах, а также в республиках Алтай, Саха (Якутия) и Тыва. Эти территории преимущественно относятся, согласно классификации С.А. Тархова (2018), к неосвоенной транспортной зоне, где фактически отсутствует наземное транспортное сообщение, в том числе и железнодорожное. Исключение составляют территории республик Алтай и Тыва, которые обладают периферийным транспортно-географическим положением и значительно удалены от железнодорожных узлов, что лимитирует для их жителей возможность использовать поезда дальнего следования как главный транспорт в сообщении на дальние и средние расстояния.

Районирование на базе зон тяготения подразумевает изучение характеристик (параметров) узла (пункта) территориальной транспортной системы, а также населенного пункта, в котором он располагается; они связаны с его доступностью и разнообразием предоставляемых транспортных услуг (число отправляемых поездов, количество возможных станций назначения, наличие кассы, зала ожидания и т.д.). Все эти характеристики

<sup>1</sup> Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2016 года: бюллетень. М.: Росстат, 2016. [http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2016/bul\\_dr/mun\\_obr2016.rar](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2016/bul_dr/mun_obr2016.rar) (дата обращения 19.10.2019).

(параметры) делают железнодорожные узлы (пункты) в разной степени привлекательными для пассажиров, что приводит к тому, что люди выбирают для своей поездки зачастую не самый близкий среди них относительно своего места жительства (Debrezion et al., 2009). В результате простое отнесение территории к зоне тяготения по кратчайшему пути невозможно и требует проведения более тщательного анализа. Существующие методики определения того, как житель той или иной территории выбирает станцию отправления, соответственно, и зоны тяготения станции, базируются на математическом моделировании, которое опирается на ряд характеристик, отображающих особенности местной транспортной сети (Young and Blainey, 2018). Однако полноценное использование этих методов в значительной степени ограничено, ибо они применялись исключительно для пригородных линий, которые исследуются преимущественно при изучении маятниковых миграций; дальнейшее же сообщение в литературе фактически не рассматривалось.

С точки зрения анализа зон притяжения железнодорожных узлов, обслуживающих поезда дальнего следования, наиболее продуктивны для нашего исследования работы, посвященные изучению авиаузлов, однако многие их аспекты невозможно перенести на дальние железнодорожные перевозки. В системе железнодорожного пассажирского сообщения дальнего следования России почти полностью отсутствует конкуренция между компаниями-перевозчиками с разной ценовой политикой, маршрутами, которая оказывает большое влияние на размеры зон тяготения аэропортов (Gao, 2020). Анализ зон тяготения аэропортов помимо сравнительного анализа маршрутной сети базируется преимущественно на изучении транспортной доступности аэропорта, а также проведении массовых социологических опросов, в которых пассажиры указывают причину выбора того или иного аэропорта для совершения поездки (Paliska et al., 2016). Ограниченность социологических методов из-за очень больших размеров территории исследования (достаточно сложно получить корректную выборку по более чем 2000 городским округам и муниципальным районам) и специфика пассажирского железнодорожного сообщения дальнего следования требуют разработки иных методов анализа.

Для выделения границ железнодорожных районов в первую очередь определялись основные характеристики узла (пункта), а также населенного пункта, в котором он располагается. К таким характеристикам (параметрам) были отнесены:

- число отправленных пассажиров за год; чем больше отправлено пассажиров в дальнем следовании, тем больше у узла (пункта) зона тяготения;

- число фактических связей узла (пункта) с другими узлами (пунктами), что позволяет оценить вовлеченность узла в дальнейшее сообщение; чем больше связей у узла (пункта), тем больше у него зона тяготения;

- устойчивость потока — узлы (пункты) были разделены на два ключевых типа: с постоянным круглогодичным потоком и с нерегулярным потоком (это пункты с очень незначительным пассажиропотоком, а также узлы (пункты), в которых поезда дальнего следования останавливаются только в летний сезон). Узлы (пункты) с нерегулярным потоком не могут быть центральными для железнодорожного района из-за того, что они формируют непостоянную зону тяготения в связи с отсутствием движения не в сезон;

- тип населенного пункта, в котором располагается узел (пункт); город как центр притяжения населения обладает большей зоной тяготения, соответственно, узел (пункт), располагающийся в городе, обладает большей зоной тяготения;

- иерархический уровень населенного пункта в системе АТД, в котором располагается узел (пункт); административные центры, как правило, лучше связаны с окружающей территорией, чем населенные пункты, не обладающие такой функцией; узел (пункт) в административном центре имеет большую зону тяготения.

Далее проводился пространственный анализ транспортной системы каждого выделявшегося района, изучалась структура его транспортной сети, в особенности автодорожной, поскольку одним из главных видов транспорта, который используется для подвоза пассажиров на станцию отправления, является именно личный автотранспорт, важную роль также играет такси. Было изучено местное сообщение общественного пассажирского транспорта, которое также интенсивно используется жителями для достижения места посадки в поезд дальнего следования. Анализировались расписания пригородного железнодорожного и автобусного сообщения; предполагалось, что пассажиры чаще едут в тот узел (пункт), который лучше связан с их местом жительства.

В результате анализа параметров и транспортной сети каждая единица АТД второго уровня была отнесена к зоне тяготения узла на основе степени связности территории дорожной сетью и сетью местного пассажирского транспорта. В спорных случаях территория муниципального района или городского округа относилась к зоне тяготения более крупного узла (по числу отправок и контактов) или административного центра более высокого ранга.

Одним из важнейших элементов анализа стало изучение мест продаж билетов по железнодорож-

ным кассам. К сожалению, для анализа были доступны данные только за август 2016 г., что накладывает определенные ограничения, поскольку в летний сезон география потоков значительно трансформируется и преимущество получают те узлы с кассами, которые обладают лучшей транспортной связностью с курортами на Черноморском побережье. Также отсутствует информация о том, из какого населенного пункта покупают билеты пассажиры, оформляющие проездные документы через интернет-ресурсы. Анализировалась структура продаж, в каком населенном пункте жители покупают билеты для отправления из конкретного железнодорожного узла (пункта): в случае превышения числа продаж билетов на поезд, отправляющихся с другого узла, над “домашним” для кассы считалось, что населенный пункт, в котором располагается касса, относится к зоне тяготения более крупного узла. Этот подход позволил выяснить как пассажиры перемещаются в пространстве для совершения поездок на поездах дальнего следования.

Верификация полученной сетки районов проводилась путем сравнительного анализа значений уровня подвижности населения выделенных эмпирически транспортных районов, а также на основе контент-анализа местных сообществ в социальной сети “ВКонтакте”, в которой жители часто спрашивают о вариантах поездки до узла (пункта) отправления, ищут попутчиков, машины, узнают расписание движения автобусов и маршрутных такси. В случае заметных отклонений от средних по региону значений уровня подвижности населения проводился повторный анализ транспортной сети в административно-территориальных единицах, входящих в девиантный район, а также соседних с ним районов. При выявлении ошибок в первоначальном определении зоны тяготения границы изменялись.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С помощью изложенной выше методики на 2016 г. было выделено 488 железнодорожных пассажирских районов (рис. 2), охватывающих большую часть территории России. Они сильно различаются по площади, числу муниципальных образований, входящих в их состав, численности жителей, что предопределило крайне контрастную их пространственную структуру (рис. 3). К примеру, мельчайший из районов по численности населения (Пельмский в Свердловской области) уступает крупнейшему (Московскому) более чем в 5000 раз. Более половины выделенных районов (273) состоят из одной или двух единиц АТД второго уровня и относительно малы как по площади, так и по численности жителей. Такой раз-

мер характерен для периферийных территорий в регионах, где населенный пункт, в котором располагается узел, является точкой притяжения только небольшой территории. Крупнейшие по числу входящих муниципальных образований, а также по площади и численности населения железнодорожные районы, как правило, приурочены к региональным центрам. Не тяготеют к узлу, располагающемуся в региональном центре, только 2 (с центрами в Анапе и Невинномыске) из 29 районов, объединяющих более 15 единиц АТД второго уровня, и 3 (те же Анапский и Невинномысский районы, а также Сызранско-Тольяттинский), имеющих население более 1 млн человек. При этом для железнодорожных районов характерно расположение внутри регионов: только 59 из них (12.1%) охватывают потоки с территорий разных регионов. Пассажиры чаще выбирают для начального пункта поездки узлы своего региона, несмотря на близость подобного узла в соседнем. Это может быть вызвано как удобством связи с региональным центром и неразвитостью межрегиональных сообщений, так и склонностью пассажиров выбирать более привычные маршруты для поездок (Vaşar and Bhat, 2004), поскольку жители чаще перемещаются внутри регионов, нежели между ними. При этом в реальности границы выделенных железнодорожных районов сравнительно легко пересекаемы, поскольку пассажир, ориентируясь на собственные потребности и возможности, вполне может воспользоваться для своей поездки станцией соседнего района или вовсе отдаленного, однако обладающего выгодным транзитным положением.

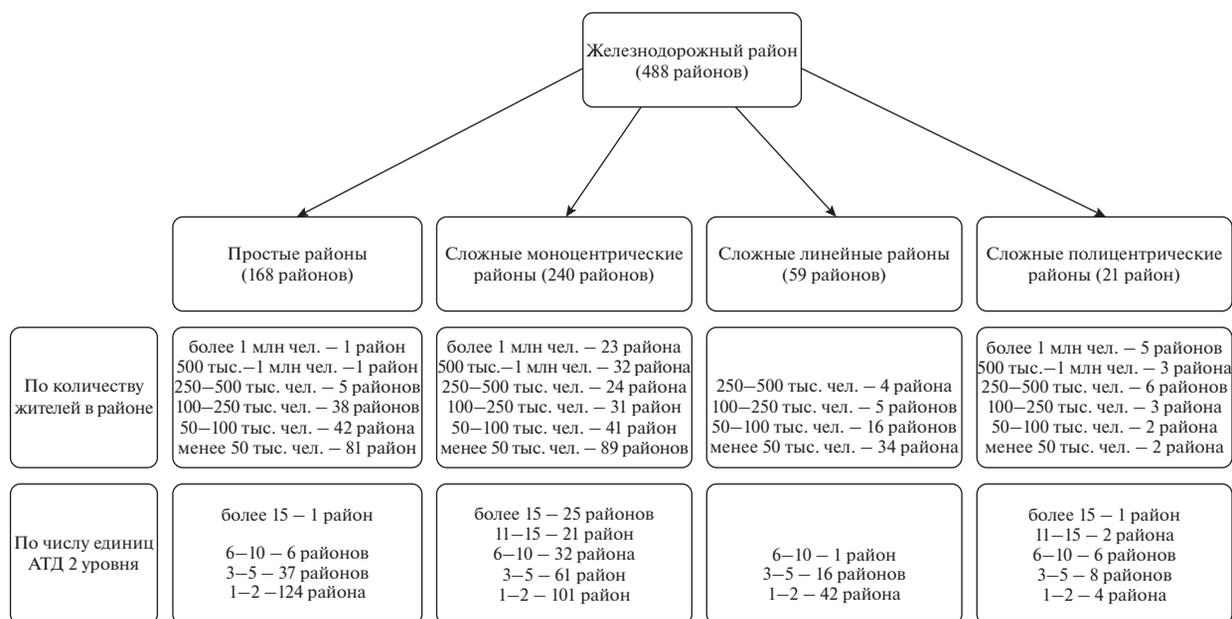
Несмотря на такие контрастные характеристики, все железнодорожные районы можно разделить на четыре основных типа по их внутренней структуре (рис. 4): простые, сложные моноцентрические, сложные линейные и сложные полицентрические.

**Простые районы** (рис. 5). Пассажиропотоки в таком районе направлены в одну точку, он совпадает с зоной тяготения центрального узла, у него нет подчиненных пунктов. Как правило, это малые по площади территории с небольшой численностью населения; в качестве исключения выделим Анапский район, через который в 2016 г. шло большинство потоков с полуострова Крым (Самбулов, 2020), а также крупные районы в Западной Сибири – Новоуренгойский и Нижневартовский. Это преимущественно периферийные районы, расположенные на крупных магистралях, что способствует концентрации потоков на крупнейшую станцию, на которой останавливаются поезда дальнего следования.

**Сложные моноцентрические районы** (см. рис. 5) – наиболее распространенный тип. Он характерен



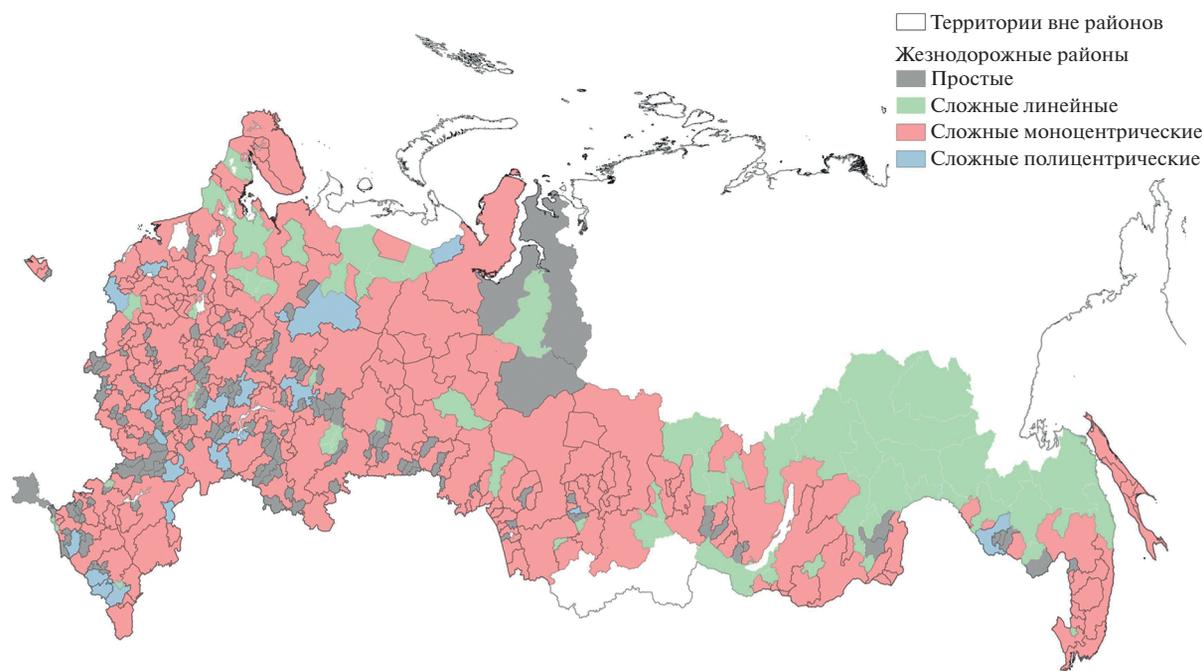
**Рис. 2.** Железнодорожные районы России в 2016 г.  
Составлено автором.



**Рис. 3.** Группировки железнодорожных районов России.  
Составлено автором.

для освоенных в транспортном отношении территорий, часто центром такого района служит региональный центр. Эти районы обычно крупнее по численности населения и числу единиц АТД второго уровня, входящих в него. К примеру, из 20 крупнейших районов по численности жителей к

этому типу относится 19, а по числу единиц АТД – 18. Таким образом, эти районы часто приурочены к крупнейшим городам, обладающим обширной зоной тяготения. Как правило, зона тяготения центрального узла совпадает с границами района. Однако внутри него есть территории, которые



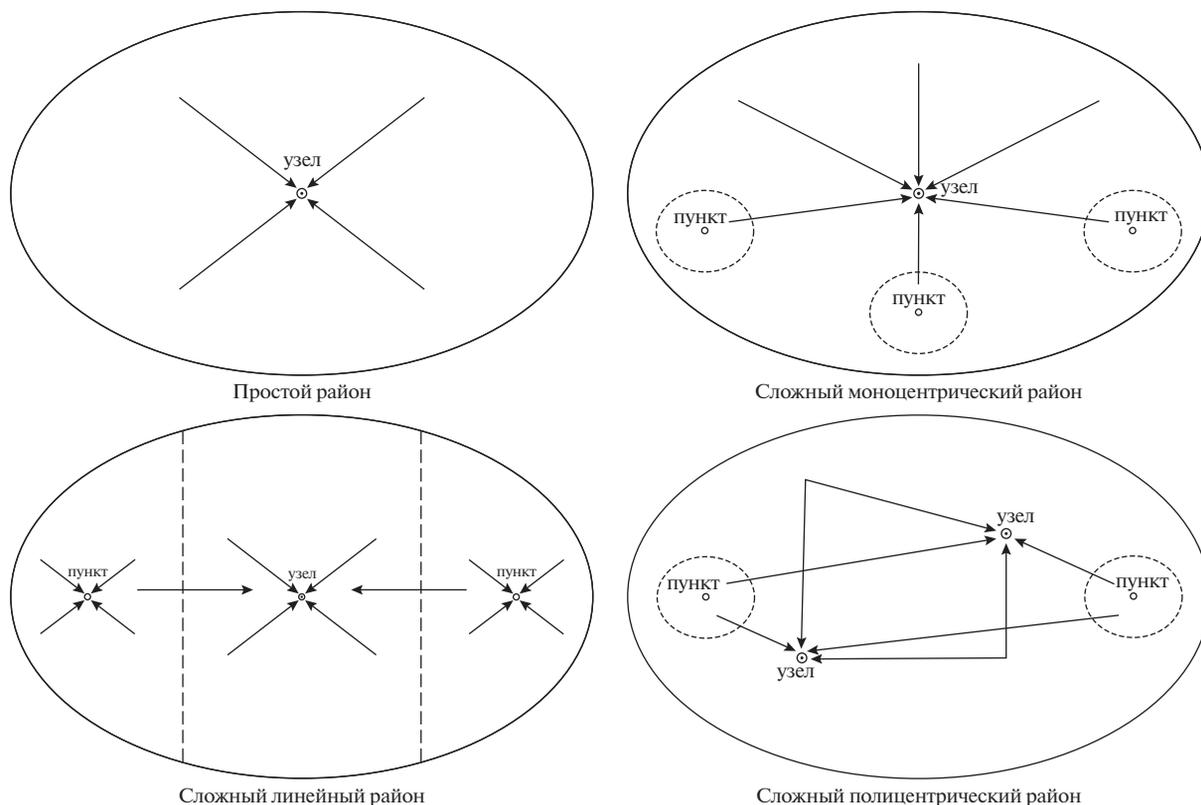
**Рис. 4.** Типология железнодорожных районов России по их внутренней структуре.  
Составлено автором.

также тяготеют и к подчиненным пунктам, но они крайне малы, и пассажиры чаще едут к центральному узлу, нежели к маленькому пункту. Это объясняется лимитированным предложением выбора поездов и маршрутов из малого пункта, удобством посадки на станциях центрального узла (оборудованный вокзал, зал ожидания, большее время стоянки поезда, удобство подъезда), что склоняет пассажиров к выбору чаще отдаленного, но более комфортного места посадки в поезд дальнего следования. Отмена стоянки в пунктах, входящих в такой тип районов, не приводит к изменению границ железнодорожных районов, однако улучшение транспортной связности пункта может привести к тому, что часть района выделится в новый, самостоятельный район. К примерам таких районов стоит отнести Московский район, в зоне тяготения которого расположено 34 железнодорожных пункта, обслуживающих отдельные потоки на локальном уровне.

**Сложные линейные районы** (см. рис. 5). Этот тип объединяет полицентрические районы, в которых переток пассажиров между частями района происходит в значительно меньшей степени, чем в районах других типов. Пассажиры преимущественно тяготеют к своему локальному пункту, нежели к центральному, выбирая его только при отсутствии стоянки поезда в местном пункте. Этот тип является в некоторой степени искусственным, поскольку мы в качестве минимальной территориальной ячейки выбираем единицу

АТД второго уровня, что не позволяет выделять железнодорожные районы меньшего размера. Данный тип характерен в основном для слабосвоенных территорий, где железная дорога служит главным видом транспорта, а автодорожная сеть мало развита и тяготеет к железнодорожным станциям. Такие районы, как правило, достаточно малы по численности жителей, охватывают одну или две единицы АТД второго уровня. Крупнейший среди них – Комсомольский район Хабаровского края. Большинство районов этого типа располагаются в Сибири и на Дальнем Востоке (в особенности вдоль Байкало-Амурской магистрали), а также на Европейском Севере. Яркий пример такого типа – Облученский район Еврейской автономной области, который в случае выбора в качестве минимальной территориальной ячейки единиц АТД третьего уровня дробился бы на шесть железнодорожных районов с центрами в Облучье, Бире, Известковом, Теплоозёрске, Биракане и Кульдуре.

**Сложные полицентрические районы** (см. рис. 5) – наименее распространенный тип. Он характерен для районов, по территории которых проходят две или более железнодорожных линий, каждая из которых имеет свой набор поездов, курсирующих по ним, а также определенное число возможных контактов для узлов и пунктов, расположенных на них. Чаще всего этот тип выделяется тогда, когда региональный центр расположен вдали от крупной магистрали с большим числом прохо-



**Рис. 5.** Схемы типов железнодорожных районов по внутренней структуре.  
Составлено автором.

дящих поездов. Такими районами являются Липецко-Грязинский, Сыктывкар-Микунский, Саранско-Рузаевский, Грозненско-Гудермесский и ряд других. Жители территорий, которые входят в такие районы, выбирают станцию отправления в зависимости от наличия свободных мест и маршрута поездки, допуская возможность посадки на любом из узлов в равной степени. Узлы в таких районах, как правило, приблизительно равны по числу отправленных пассажиров и числу фактических контактов, они дополняют друг друга, улучшая связность района с другими территориями. К этому типу относятся также районы с малыми центрами муниципальных районов, находящихся не на основной магистрали: яркий его пример – Снуже-Дмитриевский район в Курской области, где пассажиры при необходимости ехать в Москву направляются в Снужу, в которой останавливается транзитный поезд, а в случае необходимости ехать куда-либо еще, едут в Дмитриев. Похожий переток пассажиров происходит между Ленинск-Кузнецким и Егозово в Кемеровской области, Ахтубинском и Верхним Баскунчаком в Астраханской области, Камышином и Петровым Валом в Волгоградской области. Большинство районов подобного типа имеют два центра, но в

редких случаях их может быть три. Так, в Псковской области происходит постоянный переток пассажиров между тремя узлами, находящимися в городах Великие Луки, Невель и Новосокольники. То же самое существует в Ингушетии и Северной Осетии, где происходит переток пассажиров между узлами городов Владикавказ, Назрань и Беслан.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Разработанная с помощью авторской методики сетка железнодорожного районирования позволяет географически детально изучать:

- пространственные особенности пассажирского железнодорожного сообщения (в рамках этого подхода можно анализировать также и пригородное сообщение, поскольку крупные пригородные потоки ориентированы на центральные узлы);
- железнодорожную связность территорий, наличие контактов между районами, их интенсивность;
- зоны тяготения крупнейших железнодорожных узлов, на основе которых можно выделять железнодорожные макрорайоны, объединяющие

территории, обладающие схожей географией пассажиропотоков и маршрутной сети;

- территориальные диспропорции, вызванные как неравномерностью в обеспеченности железнодорожным сообщением, так и в целом особенностями социально-экономического развития территорий.

Помимо этого, анализ внутренней структуры районов позволяет разграничить железнодорожные узлы и пункты как географические объекты. Отталкиваясь от территориальной структуры района, характеристик (параметров) узлов и пунктов, можно определить их положение в пространственной иерархии, базирующейся на взаимоотношении зон тяготения (анализ показал, что чем больше зона тяготения, тем выше в иерархии будет находиться тот или иной железнодорожный узел или пункт).

Предложенная нами сетка железнодорожных пассажирских районов, несмотря на ряд указанных выше преимуществ, которые позволяют использовать ее как основу для анализа пространственных закономерностей распределения пассажиропотоков железнодорожного транспорта дальнего следования, обладает и рядом недостатков, связанных как с особенностями исходной статистической информации, так и с методологическими проблемами. Сетка статична: она не учитывает сезонные колебания, которые значительным образом трансформируют ее структуру, поскольку в летний период зона тяготения узлов и пунктов, обладающих обширными транспортными связями с курортами Черноморского побережья, увеличивается (к примеру, в летний период можно было бы выделить Ейский район в Краснодарском крае, который в остальное время года входит в Староминский район). Сетка разработана только по состоянию на 2016 г., и на текущий момент она, несомненно, несколько изменилась, в особенности после открытия прямого железнодорожного сообщения с Крымом в декабре 2019 г. и интенсивной «ласточкизации» сообщений в Центральной России (Ромашина, 2020), что делает ее не в полной мере пригодной для управленческих решений в перспективе. Использование в качестве минимальной территориальной ячейки единицы АТД второго уровня в незначительной степени искажает реальные зоны тяготения на малоосвоенных территориях; однако уменьшение выбранной ячейки до уровня третьего порядка (сельские и городские поселения) не приведет к существенному уточнению границ районов в пределах освоенных территорий, но значительно увеличит трудоемкость исследования. В качестве компромиссного решения возможно одновременное использование разноуровневых территориальных ячеек для разных с точки зрения развития транспортной сети терри-

торий. Однако даже с использованием ячеек АТД второго уровня часто возникает сложность в определении того узла, к которому фактически тяготеет тот или иной район или городской округ.

## ВЫВОДЫ

На основе анализа зон тяготения 2065 железнодорожных узлов и пунктов на территории России, охваченной пассажирским железнодорожным сообщением дальнего следования, выделено 488 железнодорожных пассажирских районов. Они значительно различаются по своей внутренней территориальной структуре, что стало основой для разделения их на четыре типа в зависимости от направленности потоков внутри них. Каждый тип обладает своими особенностями, которые предполагают индивидуальный подход для анализа их структуры и выделения границ. Существование сложных (в том числе полицентрических) районов, включающих в себя зоны тяготения нескольких узлов и пунктов, делает невозможным выделение районов на основе транспортной доступности того или иного узла, что является чаще всего основным методом выделения транспортных районов. Эта особенность требует введения единой минимальной территориальной ячейки анализа.

Предложенная сетка железнодорожного районирования по зонам тяготения центральных узлов открывает новые возможности для дальнейшего анализа территориальной структуры пассажирского железнодорожного сообщения в дальнем следовании. Каждый район обладает своими характеристиками (параметрами) (население, площадь, число узлов и пунктов, подвижность, количество связей с другими районами и т.д.) и своей внутренней территориальной структурой, что позволяет изучать пространственные диспропорции в обеспеченности территории пассажирским железнодорожным сообщением дальнего следования. Анализ сетки в динамике (годовой и сезонной) позволяет определить роль сезонных трансформаций, а также направление эволюции пассажирского железнодорожного сообщения в регионах, поскольку конфигурация железнодорожных районов значительным образом зависит от принимаемых решений по назначению/отмене поездов или их стоянок. Пассажиры, ориентируясь на изменение предложения со стороны компаний-перевозчиков, корректируют свое поведение, что приводит к изменению границ районов.

Проанализированная территориальная (районная) структура железнодорожного пассажирского сообщения дальнего следования в 2016 г. позволяет сделать ряд выводов об общих особенностях железнодорожных пассажирских районов России. Крупнейшие по числу отправленных

пассажиры узлы, как правило, формируют вокруг себя наиболее обширные зоны тяготения. Поскольку в большинстве регионов такие узлы располагаются в их административных центрах, это приводит к развитию внутренней периферии с точки зрения транспортной доступности. При этом территории, в транспортном отношении тяготеющие к региональному центру, обладают меньшей доступностью по сравнению с приграничными районами, имеющими собственный узел. Это подтверждает вывод Б.Б. Родомана (2002) о том, что для дискретного транспорта, к которому относятся поезда дальнего следования, характерно снижение доступности промежуточных пунктов.

Конфигурация железнодорожных районов во многом зависит и от уровня развития автодорожной сети, по которой пассажиры добираются до узла (пункта) отправления. Чем она менее развита, тем более сложную внутреннюю пространственную структуру имеет район. Особенно это характерно для районов Европейского Севера, Сибири и Дальнего Востока. Из-за разорванности транспортной сети и достаточно малого числа дорог, соединяющих регионы, железнодорожные районы, охватывающие потоки из нескольких регионов, достаточно редки; часто пассажиры, даже несмотря на близость узлов, расположенных в соседних регионах, предпочитают ехать через свой региональный центр. Исключения возможны в условиях слабой транспортной связанности периферийных территорий с региональным центром, но они достаточно редки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белоусов И.И.* Основы учения об экономическом районировании. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та имени М.В. Ломоносова, 1976. 320 с.
- Гурский Й.* О динамике границ зон пассажирских перевозок // Симпозиум “География транспорта”: Тезисы докл., XXIII Междунар. геогр. конгресс (Москва, 5 июля – 15 августа 1976 г.). М.: Наука, 1976. Т. 2. С. 23–31.
- Каючкин Н.П.* Географические основы транспортного освоения территории. Новосибирск: Наука, 2003. 167 с.
- Крылов П.М.* Типология региональных транспортных систем России: Дисс. ... канд. геогр. наук. М.: Институт географии РАН, 2007. 199 с.
- Неретин А.С., Зотова М.В., Ломакина А.И., Тархов С.А.* Транспортная связность и освоенность восточных регионов России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2019. № 6. С. 35–52.  
<https://doi.org/10.31857/S2587-55662019635-52>
- Никольский И.В.* География транспорта СССР. М.: Моск. гос. ун-та имени М.В. Ломоносова, 1978. 286 с.
- Приваловский А.Н.* Типология локальных транспортных систем России: Дисс. ... канд. геогр. наук. М.: Институт географии РАН, 2008. 183 с.
- Родоман Б.Б.* Поляризованная биосфера: сборник статей. Смоленск: Ойкумена, 2002. 336 с.
- Ромашина А.А.* Влияние скоростного железнодорожного сообщения с Москвой на мобильность населения // Региональные исследования. 2020. № 1. С. 27–38.  
<https://doi.org/10.5922/1994-5280-2020-1-3>
- Самбуров К.В.* Географическое распределение пассажирских железнодорожных узлов России // Рег. иссл. 2020. № 2. С. 121–130.  
<https://doi.org/10.5922/1994-5280-2020-2-10>
- Тархов С.А.* Изменение связности пространства России (на примере авиапассажирского сообщения). М.–Смоленск: Ойкумена, 2015. 154 с.
- Тархов С.А.* Транспортная освоенность территории // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География. 2018. № 2. С. 3–9.
- Шерстобитов Ю.В.* Пространственная структура пассажирских сообщений Ленинграда – Санкт-Петербурга во второй половине XX – начале XXI века: Дисс. ... канд. геогр. наук. СПб.: Рос. гос. пед. ун-т им. А.И. Герцена, 2017. 315 с.
- Başar G., Bhat C.* A parameterized consideration set model for airport choice: an application to the San Francisco Bay area // Transp. Res. Part B: Methodological. 2004. Vol. 38. № 10. P. 889–904.  
<https://doi.org/10.1016/j.trb.2004.01.001>
- Debrezion G., Pels E., Rietveld P.* Modelling the joint access mode and railway station choice // Transp. Res. Part E: Logistics and Transp. Rev. 2009. Vol. 45. № 1. P. 270–283.  
<https://doi.org/10.1016/j.tre.2008.07.001>
- Gao Y.* Estimating the sensitivity of small airport catchments to competition from larger airports: A case study in Indiana // J. Transp. Geogr. 2020. Vol. 82. 102628.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102628>
- Good P.R., Derudder B., Witlox F.J.* The regionalization of Africa: delineating Africa’s subregions using airline data // J. Geogr. 2011. Vol. 110. № 5. P. 179–190.  
<https://doi.org/10.1080/00221341.2011.567291>
- Kraft S., Marada M.* Delimitation of functional transport regions: understanding the transport flows patterns at the micro-regional level // Geografiska Annaler: Ser. B, Human Geogr. 2017. Vol. 99. № 1. P. 79–93.  
<https://doi.org/10.1080/04353684.2017.1291741>
- Kraft S., Rozkošný F.* Distance, integrity, hierarchy – the issue of regionalization of Central Europe based on air transport flows // AUC Geographica. 2018. Vol. 53. № 1. P. 95–105.  
<https://doi.org/10.14712/23361980.2018.9>
- Paliska D., Drobne S., Borruso G., Gardina M., Fabjan D.* Passengers’ airport choice and airports’ catchment area analysis in cross-border Upper Adriatic multi-airport region // J. Air Transport Management. 2016. Vol. 57. P. 143–154.  
<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2016.07.011>
- Young M., Blainey S.* Railway station choice modelling: a review of methods and evidence // Transp. Rev. 2018. Vol. 38. № 2. P. 232–251.  
<https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1326537>

## Railway Zoning of Russia Based on Long-Distance Passenger Traffic

K. V. Samburov\*

*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

\*e-mail: blok04@gmail.com

A grid of regions of Russia has been developed according to the zones of gravitation of territories to certain transport hubs provided by long-distance passenger railway communication. It is revealed that the existing methods of allocation of territories gravitating to a particular node are not suitable for the study of railway transport. To solve the problem of transport zoning, the author's methodology for determining the zones of gravity of passenger railway nodes and points is proposed; with its help, the zones of gravity of 2065 nodes and points where long-distance trains stopped in 2016 are determined. The study was conducted based on unified territorial cells—administrative divisions of the second level (municipal districts and urban okrugs). 488 railway passenger districts have been allocated on the territory of Russia, uniting transport facilities in the zone of gravity of the central hub. The main parameters of these regions have been studied, as well as the structure of passenger flows in them. Based on the analysis of the directions of passenger traffic within the districts, four types of passenger railway regions were identified: simple (168 regions are assigned to it), complex monocentric (240 regions), complex linear (59 regions), and complex polycentric (21 regions). The possibilities of using the obtained grid of districts in the analysis of the spatial structure of a long-distance passenger railway complex are considered. The main disadvantages of the methodology are determined, due to both defects in statistical information and assumptions made during the study.

*Keywords:* zoning, passenger traffic, attraction zone, railway node, long-distance trains

### REFERENCES

- Başar G., Bhat C. A parameterized consideration set model for airport choice: an application to the San Francisco Bay area. *Transport. Res. B-Meth.*, 2004, vol. 38, no. 10, pp. 889–904.  
<https://doi.org/10.1016/j.trb.2004.01.001>
- Belousov I. I. *Osnovy ucheniya ob ekonomicheskom raionirovaniy [Fundamentals of the Doctrine of Economic Regionalization]*. Moscow: MGU, 1976. 320 p.
- Debrezion G., Pels E., Rietveld P. Modelling the joint access mode and railway station choice. *Transp. Res. E: Logist. Transp. Rev.*, 2009, vol. 45, no. 1, pp. 270–283.  
<https://doi.org/10.1016/j.tre.2008.07.001>
- Gao Y. Estimating the sensitivity of small airport catchments to competition from larger airports: A case study in Indiana. *J. Transp. Geogr.*, 2020, vol. 82, 102628.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102628>
- Good P.R., Derudder B., Witlox F.J. The regionalization of Africa: delineating Africa's subregions using airline data. *J. Geogr.*, 2011, vol. 110, no. 5, pp. 179–190.  
<https://doi.org/10.1080/00221341.2011.567291>
- Gurskii I. On the dynamics of the boundaries of passenger traffic zones. In *Simp. "Geografiya transporta"* [Symp. "Geography of Transport"]. 1976, vol. 2, pp. 23–31. (In Russ.).
- Kayuchkin N.P. *Geograficheskie osnovy transportnogo osvoeniya territorii [Geographical Basis of Transport Development of Area]*. Novosibirsk: Nauka Publ., 2003. 167 p.
- Kraft S., Marada M. Delimitation of functional transport regions: understanding the transport flows patterns at the micro-regional level. *Geogr. Ann., Ser. B: Hum. Geogr.*, 2017, vol. 99, no. 1, pp. 79–93.  
<https://doi.org/10.1080/04353684.2017.1291741>
- Kraft S., Rozkošný F. Distance, integrity, hierarchy – the issue of regionalization of Central Europe based on air transport flows. *AUC Geographica*, 2018, vol. 53, no. 1, pp. 95–105.  
<https://doi.org/10.14712/23361980.2018.9>
- Krylov P.M. Typology of regional transport systems in Russia. *Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Inst. of Geography, RAS, 2007. 199 p.
- Neretin A.S., Zotova M.V., Lomakina A.I., Tarkhov S.A. Transport connectivity and development of Russia's Eastern regions. *Reg. Res. Russ.*, 2020, vol. 10, pp. 56–70.  
<https://doi.org/10.1134/S2079970520010086>
- Nikol'skii I.V. *Geografiya transporta SSSR [Geography of Transport of USSR]*. Moscow: MGU, 1978. 286 p.
- Paliska D., Drobne S., Borruso G., Gardina M., Fabjan D. Passengers' airport choice and airports' catchment area analysis in cross-border Upper Adriatic multi-airport region. *J. Air Transp. Manag.*, 2016, vol. 57, pp. 143–154.  
<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2016.07.011>
- Privalovskii A.N. Typology of local transport systems in Russia. *Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Institute of Geography, RAS, 2008. 183 p.
- Rodoman B.B. *Polyarizovannaya biosfera: sbornik statei [Polarized Biosphere: Collection of Articles]*. Smolensk: Oikumena Publ., 2002. 336 p.
- Romashina A.A. How express trains from Moscow affect population mobility. *Reg. Res. Russ.*, 2021, vol. 11, pp. 61–70.  
<https://doi.org/10.1134/S2079970520040085>
- Samburov K.V. The geographical distribution of passenger railway hubs in Russia. *Reg. Issled.*, 2020, no. 2, pp. 121–130. (In Russ.).  
<https://doi.org/10.5922/1994-5280-2020-2-10>

- Sherstobitov Y.V. Spatial structure of passenger connections Leningrad – Saint-Petersburg in second half of XX century – the beginning of XXI century. *Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. St. Petersburg: Herzen State Pedagogical Univ. of Russia, 2017. 315 p.
- Tarkhov S.A. *Izmenenie svyaznosti prostranstva Rossii (na primere aviapassazhirskogo soobshcheniya)* [Changes in the Connectivity of the Space of Russia (on the Example of Air Passenger Traffic)]. Moscow, Smolensk: Oikumena Publ., 2015. 154 p.
- Tarkhov S.A. Transportation development of territories. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2018, no. 2, pp. 3–9. (In Russ.).
- Young M., Blainey S. Railway station choice modelling: a review of methods and evidence. *Transp. Rev.*, 2018, vol. 38, no. 2, pp. 232–251.  
<https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1326537>

УДК 913(477.75+479)

## СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТУРИСТСКОГО ПОЯСА КРЫМСКО-КАВКАЗСКОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ (НА ПРИМЕРЕ КРЫМА, КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ И АБХАЗИИ)

© 2022 г. А. И. Зырянов<sup>а</sup>, \*, И. В. Цулая<sup>б</sup>, \*\*, И. М. Яковенко<sup>с</sup>, \*\*\*<sup>а</sup>Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия<sup>б</sup>Абхазский государственный университет, Сухум, Абхазия<sup>с</sup>Институт «Таврическая академия» Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского, Симферополь, Россия

\*e-mail: aizyrianov@gmail.com

\*\*e-mail: Tsulaya97@inbox.ru

\*\*\*e-mail: yakovenko-tnu@ya.ru

Поступила в редакцию 14.07.2021 г.

После доработки 07.09.2021 г.

Принята к публикации 15.12.2021 г.

В статье рассмотрена пространственная структура туристского пояса Крымско-Кавказского Причерноморья. Побережье Черного моря в пределах Республики Крым, г. Севастополь, Краснодарского края и Республики Абхазия позиционируется как единое рекреационно-географическое образование, обладающее разнообразными внутренними связями и общими факторами развития. К числу консолидирующих факторов отнесены сходство структуры туристско-рекреационного ресурсного потенциала территории, общность геополитических интересов, аналогия направлений хозяйственного развития с приоритетом функций рекреации и туризма, прогрессивное развитие межрегиональных транспортно-логистических связей. В пределах пояса Крымско-Кавказского Причерноморья сформировались известные туристские зоны, специализирующиеся на купально-пляжной рекреации, санаторно-курортном лечении, горном туризме, включая зимние виды, и туристско-экскурсионной деятельности. Изучена таксономическая иерархия территориальной структуры туризма и проанализирована локализация туристских мест, центров, зон, узлов. К наиболее значимым локалитетам отнесены высокоразвитые полифункциональные туристские центры (Ялта, Севастополь, Сочи) и центры среднего уровня развития (Евпатория, Анапа, Гагра и Сухум). Главным туристским узлом Крымско-Кавказского туристского пояса является Сочи. Анализ показателей обеспеченности регионов пояса коллективными средствами размещения продемонстрировал значительный разрыв в уровне рекреационной освоенности территории. Высокую плотность освоенности имеет Краснодарский край, относительно низкую – Республика Абхазия. Межрегиональное кооперирование в сфере туризма сдерживается резкими диспропорциями в уровне социально-экономического развития регионов. Дальнейшей интеграции туристского пояса будут способствовать комплексное освоение рекреационных ресурсов, реализация межрегиональных инвестиционных проектов, разработка совместных туристских программ и тематических коридоров, единый брендинг в информационном пространстве.

*Ключевые слова:* туризм, рекреация, пространственная структура, Республика Крым, Севастополь, Краснодарский край, Республика Абхазия, туристский пояс Крымско-Кавказского Причерноморья

DOI: 10.31857/S2587556622020121

### ВВЕДЕНИЕ

Мировая система туризма сложна в компонентном и территориальном отношении. О том, что эта система в целом сформирована, свидетельствует определенная стабильность в ее глобальных пространственных чертах. В то же время, она подвержена трансформациям под влиянием политических, социально-экономических, эко-

логических и других факторов; ежегодно появляются новые туристские территории, быстро набирающие популярность, но остаются и те, которые сохраняют свой статус и привлекательность на протяжении вековой истории.

В условиях сильной конкуренции главных российских рекреационных зон с зарубежными территориями сегодня важно не только не поте-

рять своего потребителя (клиента), но и привлечь нового (Дусенко, Толстых, 2019). Российское и Абхазское черноморское побережье относится именно к таким территориям, которые на протяжении длительной истории стабильно привлекательны для туристов. Являясь одной из доминант в мировой территориальной организации туризма, этот регион в настоящее время демонстрирует быстрые и качественные изменения в функциональной структуре туристско-рекреационной отрасли, значительный рост ее потенциала и трансформации в пространственной организации рекреации и туризма. Это также территория с интенсивным проявлением геополитических условий и высокой динамикой социально-экономических процессов.

Черноморские побережья Крыма и Кавказа России и Абхазии обладают богатым и разнообразным природным и социокультурным потенциалом, определяющим приоритетное положение санаторно-курортного и туристского комплекса в структуре хозяйства и в достижении устойчивой экономической безопасности регионов. Лидирующие позиции Краснодарского края, Республики Крым и Севастополя на туристском рынке Юга России подтверждаются рядом показателей. На эти регионы приходится 25.5% общего числа коллективных средств размещения (КСР) туристов Российской Федерации и 82.2% – Южного федерального округа, здесь функционирует 56.8% туристских фирм Юга России.

Географические исследования ресурсного потенциала, функциональной и территориальной структуры, динамики, проблем и перспектив развития туристско-рекреационных систем черноморского побережья Крыма, российского и абхазского побережья Кавказа традиционны и имеют обширную библиографию (Казалиева и др., 2019; Миненкова, 2014; Цулая, 2013, 2014; Цулая, Кучер, 2017; Яковенко, 2021). Вместе с тем, в условиях усиления интеграционных связей на внутренних и международных туристских рынках особую актуальность приобретает изучение особенностей развития крупных пространственных туристско-рекреационных структур, выступающих единым полигоном для реализации межрегиональных и транснациональных проектов в сфере туризма.

Объектом данного исследования является туристский пояс Крымско-Кавказского Причерноморья. В качестве его ключевых районов выступают Крым, Краснодарский край и Абхазия как имеющие множество географических свойств, позволяющих рассматривать их территорию как взаимосвязанную и во многом единую.

Туристский пояс Крымско-Кавказского Причерноморья – часть Северного Причерноморья, включающий территорию побережья Черного

моря, приблизительно от полуострова Тарханкут в Крыму до южных границ Абхазии. Республика Крым и Краснодарский край включаются в это рекреационное пространство только причерноморскими территориями, а Республика Абхазия и город Севастополь – полностью. В Крымскую часть туристского пояса входят следующие административные единицы: городские округа Республики Крым – Евпатория, Саки, Ялта, Алушта, Судак, Феодосия, Керчь и город федерального значения Севастополь. Участок Черноморского побережья Краснодарского края включает Анапу, Новороссийск, Геленджик, Туапсинский район и Большой Сочи. В туристский пояс входят также территории, близко расположенные по отношению к черноморскому побережью или выходящие к берегам небольшими участками. Примером подобных территориальных образований являются Бахчисарайский, Раздольненский, Симферопольский и Ленинский муниципальные районы Республики Крым.

Территориально к Крымско-Кавказскому туристскому поясу относится также Грузия, однако в сложившихся геополитических и социально-экономических условиях эта страна как участник процесса трансграничного сотрудничества в сфере рекреации и туризма в статье не рассматривается.

Цель настоящего исследования – детерминация Крымско-Кавказского туристского пояса Причерноморья как единого рекреационно-географического комплекса и выявление особенностей его пространственной структуры (на примере Крыма, Краснодарского Края и Абхазии).

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Особенности туристско-рекреационного освоения территории и развития пространственных структур рекреационных систем линейного типа являлись предметом исследования уже на ранних этапах становления рекреационно-географической науки (Теоретические ..., 1975; Hall and Page, 2006). Наиболее многочисленны исследования приморских туристских и курортных районов, представляющих собой линейные урбанизированные структуры побережий теплых акваторий, где исторически сложилась высокая концентрация рекреационных функций и фиксируются устойчивые туристские потоки (Bachvarov, 1999; Carter, 1990; Parzyc, 2020). В отечественной рекреационной географии одним из первых диссертационных исследований, в котором рассматривался “акваториальный макрорегион”, как единый туристско-рекреационный пояс, приуроченный к одному центральному объекту – Средиземному морю, стала работа Е.С. Добровольской. По мнению автора, отличаясь уникальным сочетанием внутренней целостности и компактности, “Большой

шое Средиземноморье” демонстрирует крайнее разнообразие особенностей туризма, вызванных различными сочетаниями географических факторов: историей, конфигурацией и положением территории стран относительно моря, относительно основного региона стран-эмитентов туристского потока, типами берегов (Добровольская, 2009).

Понятие “туристский пояс” применительно к крупным линейным пространственным структурам, имеющим отчетливо выраженную туристско-рекреационную специализацию, активно используется в специальной литературе в последние два десятилетия. Помимо морских побережий, туристские пояса формируются в горных районах (Аппалачи, Анды, Большой Кавказ и Урал), вдоль судоходных рек (Дунай), на группах морских островов, охватывают систему поселений, объединяемых сквозными экскурсионными маршрутами на базе общественно значимых объектов культурного наследия (Золотое кольцо России, Исландское кольцо) и др. Сочетая туристско-рекреационные и альтернативные функции (портовые, промышленные, селитебные, оборонные, сельскохозяйственные), туристский пояс выделяется высокой туристско-рекреационной активностью и количеством специализированных туристских территорий разного масштаба по сравнению с окружающим пояс пространством (Зырянов, 2017). Инвариантным свойством развития туристских поясов выступает их динамика, включающая процессы эволюции и цикличности. В (Gay and Desroly, 2018) проведено картографическое исследование пространственно-временной эволюции туристских поясов на примере США с отражением коридоров роста и ареалов расширения курортных зон.

В настоящее время изучение факторов возникновения и механизмов функционирования туристских поясов приобретает особую актуальность в контексте развития проектов трансграничного туризма, которые чаще всего имеют линейную форму и демонстрируют единый туристский продукт соседних стран с определенным сюжетным наполнением (“Восточное кольцо России”, “Великий шелковый путь”, “Великий чайный путь”, “Дороги Чингизхана”, “Золотое кольцо Алтая”, “Великий янтарный путь”, “Золотое кольцо Боспорского царства”).

В туристско-рекреационных исследованиях анализ пространственных структур, в том числе туристских поясов, применяется относительно редко (Тархов, 2020). До недавнего времени Крымско-Кавказский туристский пояс не выступал единым объектом исследований, а туристские системы Крыма и Кавказа оценивались как конкуренты. Например, в статье краснодарских ученых сравнительный анализ проводился по та-

ким категориям, как цены, сервис и климат (Беликов и др., 2016). Изучался и интеграционный вектор развития туризма в Причерноморье (Яковенко, 2018).

Рекреационно-географический подход к исследованию выделенного туристского пояса, на наш взгляд, предусматривает прохождение следующих этапов:

- выявление природно-географических и социокультурных особенностей территорий, способствующих развитию внутренних взаимосвязей, придающих туристскому поясу целостность и определяющих его роль и место в системе международного туристского движения;

- анализ современной функциональной и территориальной структуры туристского пояса;

- оценку степени дифференциации туристско-рекреационной деятельности в разрезе регионов, в том числе определение локализации и иерархической соподчиненности территориальных структур;

- изучение факторов развития туристско-рекреационной специализации и процесса рекреационного освоения регионов пояса;

- изучение пространственных аспектов функционирования рынка туристского пояса Крымско-Кавказского Причерноморья и эффективности региональной туристской политики;

- выявление и анализ общих и специфических проблем развития индустрии туризма в пределах Крымско-Кавказского туристского пояса (на примере причерноморских районов Крыма, Краснодарского края и Абхазии);

- обоснование путей интеграции и сопряженного развития региональных туристских продуктов и разработки специальных трансрегиональных и трансграничных туристских программ.

В качестве основных методов использовались сравнительно-географический метод и метод статистического анализа. Главными индикаторами степени рекреационной освоенности территории были относительные показатели подушевой обеспеченности коллективными средствами размещения и густоты коечной сети КСР в расчете на 1 км<sup>2</sup> причерноморской зоны ключевых регионов. С целью визуализации структуры пространственной иерархии единого туристского пояса, охватывающего причерноморские районы Крыма, Северного Кавказа и Абхазию, построена схема, однако его дальнейшие рекреационно-географические исследования потребуют разработки и анализа серии картографических моделей разной степени обобщения содержания – аналитических, комплексных и синтетических.

**Таблица 1.** Сравнительная характеристика климата курортов Черноморско-Средиземноморского региона

Курорт	Температура воздуха в январе, °С	Температура воздуха в июле, °С	Влажность воздуха в июле, %	Индекс душности	Число дней с осадками в июле	Температура воды в июле, °С	Число дней шторма в июле	Суммарная суточная радиация в июле, кал/см <sup>2</sup>
Ялта	4.0	23.7	61	0	5.2	23.1	0.7	729.7
Сочи	4.7	22.4	79	2	6.8	23.2	0.0	733.5
Евпатория	-0.1	23.3	67	1	3.7	22.6	0.6	726.9
Варна	1.0	22.6	72	1	0.0	22.7	0.0	735.0
Анталья	9.9	28.1	62	3	0.0	25.8	0.0	755.3
Гагра	7.0	24.5	72	1	9.0	26.3	2.0	741.3

Составлено по: (Сравнительная ..., 2000; Государственный ..., 2021).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### *Рекреационная география Крымско-Кавказского туристского пояса*

Туристско-рекреационная сфера – главное направление специализации ключевых районов Крымско-Кавказского туристского пояса (в том числе причерноморских территорий Крыма, Краснодарского края и Абхазии). Эта функция начала формироваться почти два века назад, стала отчетливой в конце XIX в. и сегодня проявляется особенно ярко.

Природно-географические особенности являются, во многом, общими для черноморского побережья Крыма, Северного Кавказа и Абхазии и определяют функциональное разнообразие и туристскую специализацию территорий разного иерархического уровня. Общим природным свойством этого туристского пояса, безусловно, является субтропический климат. Субтропические ландшафты Южного берега Крыма, Краснодарского края и Абхазии протянулись вдоль моря на более чем 1000 км и составляют около 70% рассматриваемого пояса побережья. Это очень важное свойство, поскольку субтропики России сосредоточены в основном в пределах этого пояса, исключая небольшой ареал в дельте реки Самур в Южном Дагестане.

Крымские субтропики относятся к сухому субсредиземноморскому типу и занимают южное побережье полуострова от границы Севастополя до поселка Коктебель. На Черноморском побережье Кавказа полусухие средиземноморские субтропики характерны для побережья района Туапсе (по некоторым данным, от Анапы до Туапсе), юго-восточнее они постепенно переходят во влажные субтропики. Ландшафты влажных субтропиков типичны для района Сочи и побережья Абхазии. Отметим, что эти территории входят в самую северную кромку планетарного субтропического пояса, где имеются географические пред-

посылки произрастания разнообразной растительности.

Общая природная особенность данного пояса – гористость морского побережья. Крымские и Кавказские горные системы имеют разные высоты, постепенно достигая абсолютных отметок высокогорий в Абхазии (г. Домбай-Ульген, 4046 м). Именно горы позволяют развиваться субтропической растительности, защищая ее от ветров с севера.

Занимающий северные горные берега теплого моря, обращенный “лицом” на юг, этот пояс с ареалами субтропической растительности можно с полным правом называть Черноморской Ривьерой. Таким термином, как правило, именуют горное субтропическое морское побережье южной экспозиции (Французская, Итальянская, Хорватская, Албанская ривьеры).

Региональные различия климата в пределах одного климатического пояса влияют на туристскую специализацию региона и режим функционирования его туристско-рекреационной системы. Так, при прочих равных метеорологических условиях показатель влажности воздуха в июле в Ялте (61%) ниже, чем в других регионах Причерноморья (в Сочи – 79%), что определяет лучшие позиции Ялты в климатолечении заболеваний сердечно-сосудистой и легочной систем (табл. 1).

Вся линия черноморского побережья Крыма, Краснодарского края и Абхазии специализируется на одном и том же основном спектре видов туризма, основывающемся на рекреационных ресурсах моря и гор и историческом наследии. В доминантных ареалах этого пояса туристско-рекреационная специализация значительно расширяется, например, в Ялтинском приморском рекреационном подрайоне насчитывается 15 основных видов природоориентированных и социокультурных видов рекреационных занятий (Яковенко, 2021).

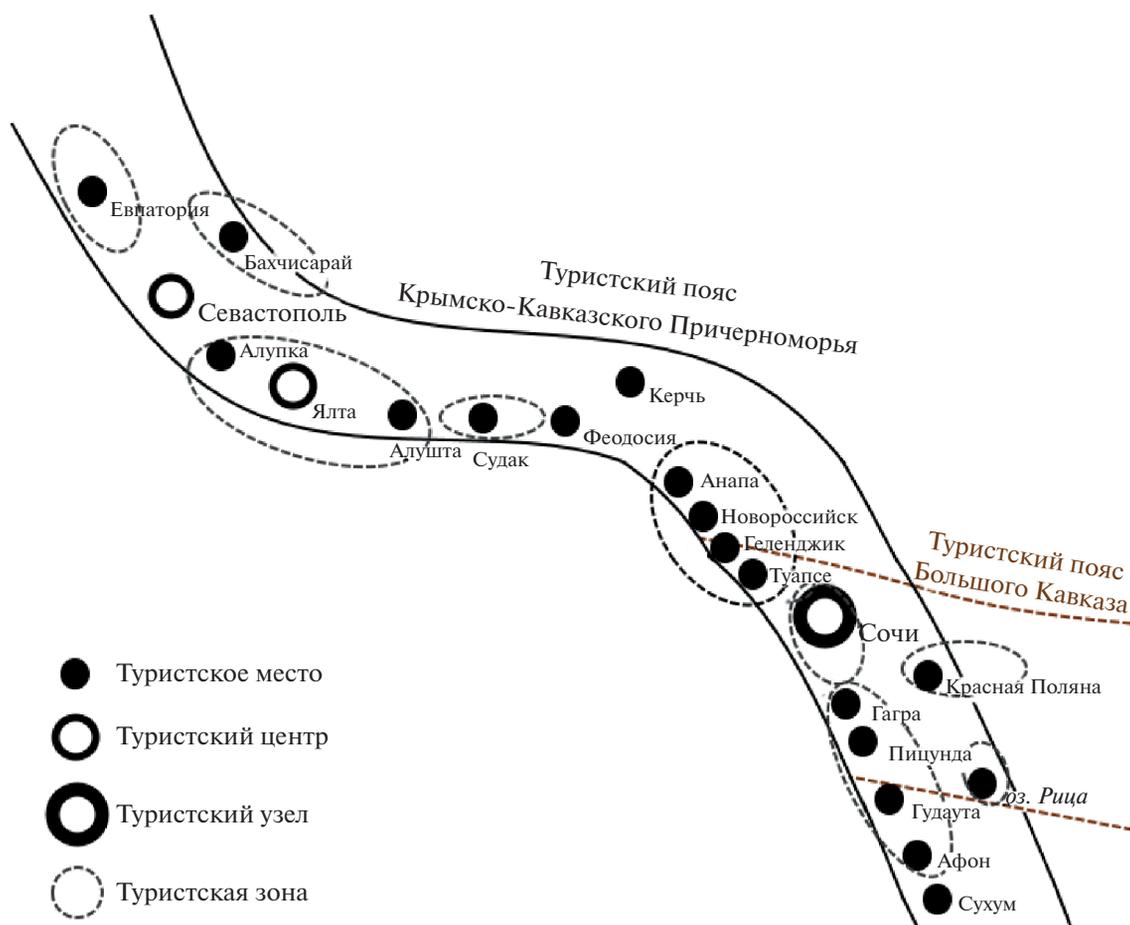


Рис. 1. Пространственная структура туристского пояса причерноморских районов Крыма, Северного Кавказа и Абхазии.

Каждая из входящих в пояс территорий имеет свои неповторимые особенности. Так, для Сочи характерны круглогодичное функционирование рекреационного комплекса, развитая инфраструктура, основанная на объектах олимпийского наследия, территориальная близость приморских и зимних горнолыжных курортов. Крым выделяется развитой системой санаторно-курортного лечения, детского отдыха, высокой концентрацией выдающихся объектов культурного наследия (древнегреческие полисы, военно-исторические объекты Севастополя, южнобережные дворцы и др.). Туризму Абхазии более, чем другим районам, свойственна сезонность (85% посещений приходится на летний период); здесь отмечается высокая концентрация рекреационных функций (в одном Гагрском районе сконцентрировано 55% средств размещения и 70% койко-мест республики); характерны устойчивые экскурсионные потоки к аттрактивным природным объектам (оз. Рица, Новоафонская пещера и др.).

Изучение территориальной структуры побережья туристского пояса выявило сложную морфо-

логию и достаточно зрелую систему таксономической иерархии (рис. 1). В пределах туристского пояса сформировались известные приморские туристские зоны с преобладанием оздоровительной купально-пляжной специализации (Ялто-Алуштинская, Судакско-Коктебельская, Сочинская, Абхазская), зоны горно-туристского типа (Горный Крым и Внутренняя Гряда Кавказских гор), зоны зимней рекреации (Красная Поляна, Роза-Хутор, Ауадхара и Псху), зоны горно-экскурсионного типа (долина р. Бзыбь и оз. Рица).

Черноморская Ривьера насчитывает многочисленные туристские центры, туристские места (Саки, Алушка, Феодосия, Керчь, Геленджик, Новый Афон, Гудаута, Пицунда) и отдельные аттрактивные объекты с уникальным природным и культурным наследием (Ай-Петри, Новый Свет, Абрау-Дюрсо, Цандрипш, Гечрипш, Гульрипш). К числу наиболее значимых в территориальной организации туризма локалитетов – туристских центров – можно отнести Севастополь, Ялту и Сочи; к этому уровню туристско-рекреационного

**Таблица 2.** Показатели рекреационной освоенности регионов Крымско-Кавказского Причерноморья, 2019 г.

Регион	Население, тыс. чел	Площадь, км <sup>2</sup>	Число КСР, тыс.	Число мест в КСР, тыс.	Число мест в КСР на 1000 жителей	Число мест в КСР на 1 км <sup>2</sup>
Республика Крым	1902	26081	1.4	159.9	83.9	6.1
в том числе побережье Черного моря	1200	10500	1.3	153.3	159.2	11.6
Севастополь	510	1079.6	0.2	10.8	21.0	33.5
Черноморское побережье Краснодарского края	1152	8961	4.6	390.4	338.9	43.6
Республика Абхазия	243	8665	0.4	25.3	103.9	2.9

*Составлено по:* Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020 г.: Стат. сб. / Росстат. М.: Росстат, 2020. 1244 с. [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/LkooETqG/Region\\_Pokaz\\_2020.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/LkooETqG/Region_Pokaz_2020.pdf) (дата обращения 18.03.2021); Официальный сайт Министерства туризма Республики Абхазия. <https://www.mintourism-ra.org/> (дата обращения 08.05.2021); Официальный сайт Президента Республики Абхазия. [http://presidentofabkhazia.org/respublika\\_abkhazia/economy/](http://presidentofabkhazia.org/respublika_abkhazia/economy/) (дата обращения 08.05.2021).

развития приближаются Евпатория, Анапа, Гагра и Сухум.

На стыке двух туристских поясов – Крымско-Кавказского Причерноморья и Большого Кавказа – сформировался один из самых выраженных туристских узлов России и Евразии – Сочинский. По мнению А.И. Зырянова, именно в этом проявляется сила географической формулы данного места (Зырянов, 2013). Ядром Сочинского туристского узла выступает Сочинский туристский центр – популярнейшая многопрофильная туристская дестинация, где проявляется исключительное разнообразие природных и историко-культурных туристских ресурсов, сложился мощный социально-экономический потенциал и налажен плотный график больших туристских событий. Уникальность места нашла отражение и в создании в декабре 2020 г. в районе Сочи федеральной территории Сириус, которая, располагаясь на границе России и Абхазии, фактически, еще сильнее свяжет воедино туристско-рекреационную систему пояса. Одна из целей создания этой федеральной территории – поддержка талантливой молодежи и рациональное использование объектов олимпийского наследия. Территория оформлена законодательно, а с 2022 г. получит экономическую самостоятельность.

Все административные части туристского пояса Северного Причерноморья, рассматриваемые в данной статье, в течение длительного времени имеют рекреационную специализацию международного масштаба и обладают единым гигантским хинтерландом (зоной формирования рекреационного спроса), охватывающим территорию всей России. Вместе с тем, уровень рекреационной освоенности территорий туристского пояса отличается неравномерностью. Значительные внутренние территориальные диспропорции имеются в развитии коллективных средств размещения рекреантов и специальной инфраструктуры. Из табл. 2 видно, что по абсолютным значе-

ниям числа КСР и их коечного фонда лидером является Краснодарский край, однако расчет относительных показателей (числа мест на 1000 чел. и на 1 км<sup>2</sup>) указывает на высокую степень освоенности причерноморской территории Крыма. Если учесть, что более 90% коечного фонда сосредоточено в узкой 2–3-километровой прибрежной полосе полуострова Крым, то уровень ее освоенности можно считать почти предельным.

Отражением высокого уровня пространственной концентрации туристско-рекреационных функций является развитие рекреационных агломераций – систем городских поселений (курортов и туристских пунктов), объединенных специфическими производственными, материально-техническими, организационно-управленческими связями и туристскими потоками. Крупнейшее образование данного типа на Юге России – Сочинская рекреационная агломерация, охватывающая 145 км черноморского побережья, где на площади 3.5 тыс. км<sup>2</sup> разместилось 14 курортных поселений.

На территории Крыма сформировалась Ялтинская рекреационная агломерация (2 города и 21 поселок), на стадии становления находятся Алуштинская, Сакско-Евпаторийская и Феодосийская рекреационные агломерации. В ближайшей перспективе в результате усиления мегагломерационных связей между Большой Ялтой и Большой Алуштой прогнозируется их слияние в единую полицентрическую урбанистическую структуру – Южнобережную (Яковенко, 2021).

На побережье Абхазии сложился ряд моноцентрических агломераций – Гагрско-Пицундская, Гудаутско-Афонская, Сухумская. В Абхазии в целом число КСР и число мест в них значительно меньше, чем в рассматриваемых регионах Северного Причерноморья (за исключением Севастополя). Довольно высок относительный показатель по Республике Абхазия – число мест в КСР

на 1000 жителей (103.9), что обусловлено небольшой численностью жителей республики. Более 90% средств размещения туристов в Абхазии сконцентрировано на узкой прибрежной полосе (1/5 общей площади), поэтому здесь зафиксирован наименьший показатель числа мест в КСР на 1 км<sup>2</sup> (см. табл. 2).

Резервы экстенсивного туристско-рекреационного освоения на значительной части туристского пояса практически исчерпаны. В частности, в Крыму небольшие площади неактуализированных пляжных территорий сохранились на Тарханкуте, Керченском полуострове, на отрезке между мысами Херсонес и Айя в Севастополе. Сравнительно высокие затраты на инженерную подготовку многих участков из-за сложности геоморфологической обстановки, а также проблемы обеспечения водой затрудняют и тормозят их комплексное освоение.

В Крыму и Краснодарском крае имеется значительный недоиспользованный потенциал социокультурных ресурсов (в том числе объектов федерального значения – 5523), что позволит в перспективе строить многоплановые туристско-экскурсионные маршруты, объединять объекты в специализированные тематические коридоры, включая и межрегиональные. Приоритетными направлениями выступают познавательно-культурный туризм, этнографический, религиозный, винный и гастрономический, деловой, событийный и фестивальный туризм. Развитие функциональной структуры повлечет за собой сдвиги в пространственной организации туристской инфраструктуры и изменения конфигурации туристских потоков.

Возможности туристско-рекреационного освоения Абхазии связаны с необычайно высоким природно-экологическим разнообразием – концентрацией на малой площади природных феноменов планетарного масштаба (глубочайших карстовых пещер мира), широкого диапазона климатических зон – от субтропиков до полярной пустыни нивального пояса гор, богатством водных минеральных источников, высоким уровнем чистого речного стока в прибрежную зону моря (не менее 27 км<sup>3</sup> в год) (Дбар, Эмба, 2007). В республике имеются нереализованные возможности развития туристско-рекреационного комплекса в двух направлениях: 1) в сторону предгорных и высокогорных районов республики; 2) на восток Абхазии (Очамчырский, Гулрыпшский и Ткуарчалский районы) (Цулая, 2015). Обладая значительными рекреационными ресурсами, эти районы отличаются небольшой долей (всего 5%) коллективных средств размещения рекреантов от их общего количества в республике. Объекты историко-культурного наследия Абхазии слабо вовлечены в индустрию туризма, особенно это каса-

ется сельских поселений, хотя в 95 из 111 сел республик отмечено наличие ресурсов разного социокультурного типа. Организация событийных туров может внести значительный вклад в развитие новых туристских дестинаций.

Сохраняя общность имиджевых характеристик как территорий здравниц, туризма и гостеприимства, регионы туристского пояса выстраивают свои взаимоотношения в рамках двух моделей – конкуренции и межрегионального кооперирования. Основными аргументами в конкурентной борьбе между районами с однотипной специализацией являются критерий “цена/качество” и конкурентные преимущества каждого из районов. Можно перечислить лишь некоторые из них. Курорты Абхазии успешно используют фактор демократичности цен, тем самым привлекая стабильные потоки россиян; туристский продукт Сочи делает ставку на высокое качество обслуживания, инфраструктурную обустроенность и круглогодичность функционирования; Крым выделяется средиземноморскими климатическими преимуществами Южного берега и разнообразием экскурсионных возможностей, но в силу ряда объективных и субъективных причин пока проигрывает в конкурентоспособности вследствие традиционного завышения цен при сохранении проблем с качеством обслуживания (Яковенко, 2018а, б).

Потенциал межрегиональных взаимодействий в сфере туризма используется не в полной мере. Предпосылки горизонтальной кластеризации в сфере туризма на Юге России связывают с возрождением круизной Крымско-Кавказской линии и внедрением проекта “Великий шелковый путь”. Большие надежды на межрегиональное кооперирование в сфере культурного туризма возлагаются на проект “Золотое кольцо Боспорского царства”, соглашение о реализации которого подписано в 2019 г. руководителями профильных ведомств Краснодарского края, Республики Крым, города Севастополь и Ростовской области. Маршрут объединит связанные с античной историей Боспора памятники и музейные объекты, расположенные в 15 городах Юга России.

#### *Факторы развития туристского пояса Крымско-Кавказского Причерноморья*

Решающую роль в формировании и развитии Крымско-Кавказского туристского пояса продолжают играть природный и социокультурный ресурсные факторы, однако современное состояние и трансформации регионов туристского пояса определяются целым комплексом разнообразных факторов внутреннего и внешнего порядка.

Регионы этого туристского пояса, рассматриваемые в данной статье (Крым, Краснодарский

край, Абхазия), отличаются геополитическим единством, что способствует консолидации в сфере рекреации и туризма. Важнейшими геополитическими факторами регионального развития выступают:

- превращение региона в объект притязаний и контроля со стороны глобальных политических игроков – США, стран Запада и прибрежных черноморских государств (Швец, 2018);

- положение изучаемых регионов Причерноморья в зоне реализации приоритетов национальной безопасности Российской Федерации (в том числе посредством размещения военно-морских сил и баз);

- деструктивное влияние внешних факторов (западных санкций в отношении Республики Крым и Севастополя и статуса частично признанного государства в отношении Абхазии). Проявлением косвенного воздействия санкций на функциональную структуру рекреации и туризма стал упадок в международном сегменте круизного, яхтенного, конгрессного туризма;

- сохранение рисков дестабилизации в районах с высокой этноконфессиональной мозаичностью под воздействием информационной войны и манипуляции этническим самосознанием жителей со стороны иностранных спецслужб и экстремистских организаций.

Абхазия имеет благоприятные предпосылки для интегрирования в территорию внутреннего туризма туристского пояса Северного Причерноморья. По последним данным, 100% населения республики являются русскоговорящими; 75% жителей имеют российское гражданство; для россиян существует упрощенный въезд в Республику Абхазия; сухопутные, воздушные и морские границы совместно охраняются Министерством обороны Республики Абхазия и Министерством обороны Российской Федерации (7-я военная база РФ в г. Гудауте). Привлекательность региона для российских туристов также усиливается его входением в “рублевую зону”. В последние годы туристы из России составляют около 95% въездного туристского потока в Абхазию.

Для всех административных территорий пояса характерна экономически близкая специализация хозяйства (туризм, рекреация, виноделие, сельское хозяйство, пищевая промышленность). В отраслевой структуре валовой добавленной стоимости Краснодарского края, Республики Крым и Севастополя в среднем около 40% приходится на транспортные, торговые и прочие виды услуг, 11,8% – на добывающую и обрабатывающую промышленность, 8,6% – сельское хозяйство, 3% – строительство<sup>1</sup> (Регионы ..., 2020). Отраслевая структура хозяйства частей пояса не полностью однотипная, а взаимно дополняемая и узловая по логистике.

Анализ основных характеристик регионального развития позволяет констатировать формирование разноуровневого экономического профиля в пределах пояса (табл. 3). В рассматриваемых регионах пояса доминирующие позиции занимает Краснодарский край, при этом благодаря близкому соседству с Республикой Крым его территория в течение ряда лет выступала своеобразным трамплином для реализации крупных инфраструктурных проектов в Крыму и базисом для программ “регионального кураторства” – безвозмездной помощи Крыму в решении острых хозяйственных и гуманитарных проблем. Краснодарский край – наиболее населенный и экономически развитый регион Юга России, располагающийся в центре транспортных связей, а крупнейший город пояса – Краснодар – выступает главным распределителем транспортных потоков. Основу экономического потенциала Краснодарского края составляют такие важные для жизнедеятельности Крымско-Черноморского туристского пояса сектора экономики, как агропромышленный, топливно-энергетический и транспортно-логистический. Туристско-рекреационный потенциал степной и предгорной зон Краснодарского края мало изучен и используется в меньшей степени. Более того, почти все районы, расположенные в этих зонах, даже не учитываются туристской статистикой, поскольку практически не принимают участия в приеме туристов (Максимов и др., 2015).

Новые субъекты Российской Федерации – Республика Крым и город федерального значения Севастополь – демонстрируют тренд “догоняющего экономического развития” (Швец, Вольхин, 2018) и встраивания в систему межрайонного разделения труда Южного федерального округа. Высокие относительные показатели инвестиционной активности объясняются привлечением значительных бюджетных средств в рамках федеральной целевой программы “Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 года”<sup>2</sup>. Приоритетными задачами становятся постепенный отказ от дотационной модели развития, актуализация внутренних ресурсов и поиск собственной экономической “ниши” в условиях экспортных ограничений.

Важную роль в консолидации регионов туристского пояса играет транспортно-логистический фактор. Строительство Крымского моста и

<sup>1</sup> Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020 г.: Стат. сб. / М.: Росстат, 2020. 1244 с. [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/LkooETqG/Region\\_Pokaz\\_2020.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/LkooETqG/Region_Pokaz_2020.pdf) (дата обращения 18.03.2021).

<sup>2</sup> Об утверждении федеральной целевой программы “Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 года”. Постановление Правительства Российской Федерации от 11 августа 2014 г. № 790.

**Таблица 3.** Основные социально-экономические характеристики причерноморских регионов Крымско-Кавказского туристского пояса

Регион	ВРП на душу населения, руб., 2018 г.	Доля от общего ВРП ЮФО, %, 2018 г.	Инвестиции в основной капитал на душу населения, руб., 2019 г.	Доля в общем объеме инвестиций в основной капитал ЮФО, %, 2019 г.	Среднедушевые доходы, руб. в месяц, 2019 г.	Уровень безработицы, %, 2019 г.
Краснодарский край	416760.2	40.1	77649	33.3	35673	4.8
Республика Крым	204571.4	6.7	104497	15.1	222310	5.6
Севастополь	189148.3	1.6	96427	3.3	30205	3.9
Республика Абхазия*	129959.0	—	—	—	10557 (2018 г.)	—

Источник: Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020 г.: Стат. сб. / Росстат. М.: Росстат, 2020. 1244 с. [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/LkooETqG/Region\\_Pokaz\\_2020.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/LkooETqG/Region_Pokaz_2020.pdf) (дата обращения 18.03.2021);

\* (Сравнительная ..., 2000).

трассы “Таврида” протяженностью 250.7 км стимулировало въездной поток автотуристов в Крым, заметную часть которого составляет взаимный обмен туристами между Краснодарским краем, Республикой Крым и Севастополем. В 2020 г. 64% въездных туристских потоков в Крым использовали Крымский мост.

Рыночное пространство Крымско-Кавказского Причерноморья характеризуется нарастанием уровня внутренней конкуренции не только в агропромышленном секторе экономики (производство зерновых, мяса птицы, овощей, фруктов, добыча и переработка рыбы, виноделие) и секторе транспортно-логистических операций, но и в туристско-рекреационной сфере. Реализация принципов “добросовестной” конкуренции должна сопровождаться нацеленностью каждого субъекта пояса на налаживание взаимовыгодного сотрудничества с предприятиями соседних регионов и развитие различных форм кооперирования.

Феномен современного туризма проявляется, в частности, в экологизации технологий и методов организации туристско-рекреационной деятельности на принципах устойчивого развития, а также в росте интереса к специализированному виду туризма – экологическому. Экологический фактор применительно к объекту данного исследования проявляется в сохранении высокого качества окружающей среды на многих участках Причерноморья Крыма и Кавказа и использовании для целей туризма особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Например, в Республике Крым число экологических маршрутов и троп в ООПТ выросло с 15 в 2015 г. до 79 в 2020 г. Общая протяженность сети экотроп, по оценкам экспертов, превысила 300 км, из них около 180 км приходится на черноморское побережье. На территории Большого Сочи экологический туризм развивается на базе туристской инфраструктуры

Кавказского биосферного заповедника и Сочинского национального парка.

Абхазия справедливо позиционирует себя как страну экологического благополучия и у многих людей, в первую очередь в России, республика устойчиво ассоциируется с экологической чистотой. Суммарная площадь особо охраняемых природных территорий, в сеть которых входят два государственных заповедника и два национальных парка, составляет 27% от общей площади страны, что является одним из самых высоких показателей в мире и открывает широкие возможности для развития различных форм экологического туризма. Перспективным “аттрактором” региона выступает соединение экологических программ с этнографическим туризмом; имидж народа Абхазии – народа-воина, защитника своего отечества – в настоящее время предлагается дополнить трактовкой абхазов как народа-защитника своей природы и уникального природного наследия предков (Тишков, Дбар, 2012).

Для разных частей туристского пояса, по-видимому, актуальны разные совокупности вопросов социально-экономического развития, но это социально взаимосвязанный, единый пояс. В плотно заселенной полосе побережья Черноморской Ривьеры большие города (Севастополь, Керчь, Сочи) располагаются около границ административных единиц, что также способствует их взаимосвязям.

## ВЫВОДЫ

Крымско-Кавказское Причерноморье – доминантный фрагмент пространственной структуры туристской системы Причерноморья в целом. Линейная организация части Причерноморья, рассматриваемой в статье, сформировалась из тяготеющих к побережью Черного моря курортных

и туристских образований Республики Крым, федерального города Севастополь, Краснодарского края и Республики Абхазия.

В результате исследования было установлено, что благоприятные предпосылки для консолидации регионов туристского пояса заключаются в сходстве структуры туристско-рекреационного ресурсного потенциала и направлений хозяйственного развития с приоритетом функций рекреации и туризма, общности геополитических интересов, прогрессивном развитии межрегиональных транспортно-логистических связей. Таксономическая система пояса имеет высокий уровень зрелости и представлена туристскими местами, центрами, узлами и зонами. Ведущие туристские зоны специализируются на купально-пляжной оздоровительной рекреации в сочетании с санаторно-курортным лечением, активными видами горного туризма, включая зимние виды, познавательном туризме. Свидетельство высокого уровня концентрации туристско-рекреационных функций – формирование моно- и полицентрических рекреационных агломераций (крупнейшие из них – Сочинская и Ялтинская).

Расчетные данные показывают, что в территориальной структуре туристского пояса, объединяющего причерноморские районы Крыма, Северного Кавказа и Абхазию, сохраняется значительный разрыв в уровне рекреационной освоенности территории. Регионы, входящие в состав этого пояса, находятся на разных уровнях социально-экономического развития, что объективно сдерживает налаживание межрегионального кооперирования в различных сегментах их экономики. Лидер Южного федерального округа России по совокупности социально-экономических показателей – Краснодарский край; Республика Крым и Севастополь находятся на стадии инкорпорирования в экономическое пространство Юга России.

Ключевыми направлениями развития рассматриваемого в статье туристского пояса выступают:

- комплексное освоение рекреационных ресурсов и наращивание ресурсного потенциала за счет искусственных ресурсов для обеспечения большей продолжительности туристского сезона и максимальной диверсификации туристского продукта;

- сглаживание разрывов в уровне социально-экономического развития причерноморских районов Крыма, Краснодарского края и Абхазии, в степени их инфраструктурного обеспечения – путем улучшения инвестиционного имиджа этих территорий и использования возможностей частно-государственного межрегионального партнерства в инвестиционных программах;

- сохранение статуса ведущей российской туристской дестинации; укрепление конкурентных позиций этого туристского пояса на национальном и международном рынках;

- разработка и реализация новых программ межрегионального сотрудничества в сфере природоориентированных и социокультурных видов туризма (в том числе создание тематических коридоров и программ “туристского конвейера”, проходящих по всем регионам туристского пояса);

- использование разных местностей в пределах данного пояса как научных полигонов по исследованию вопросов овертуризма и оптимизации рекреационного природопользования;

- позиционирование Крымско-Кавказского Причерноморья в качестве единого бренда в информационном пространстве.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беликов М.Ю., Волкова Т.А., Мищенко А.А., Сидорова Д.В.* Проблемы и перспективы развития туризма на Юге России: Республика Крым и Краснодарский край // Геополитика и патриотическое воспитание. 2016. № 18. С. 28–34.
- Добровольская Е.С.* Пространственно-временные аспекты иностранного туризма в странах Средиземноморья: Автореф. дисс... канд. геогр. наук. М.: Моск. гос. ун-т имени М.В. Ломоносова, 2009. 23 с.
- Дусенко С.В., Толстых О.Н.* Методологические основы исследования туристских ресурсов региональной рекреационной системы // География в школах и вузах Казахстана. 2019. № 4 (88). С. 3–5.
- Зырянов А.И.* Формула места // Региональные исследования. 2013. № 2 (40). С. 20–24.
- Зырянов А.И.* Профильные туристские дестинации // Вестн. СПбГУ. Науки о Земле. 2017. Т. 62. Вып. 3. С. 254–265.
- Зырянов А.И.* Систематизация туристских таксонов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2014. № 3. С. 16–22.
- Казалиева А.В., Миненкова В.В., Заднепровская Е.Л.* Туристско-рекреационный потенциал как фактор устойчивого развития территориальной организации населения республик Северного Кавказа / Туристско-рекреационный комплекс в системе регионального развития: Материалы VII Международной научно-практической конференции. 2019. С. 99–102.
- Максимов Д.В., Мищенко А.А., Мищенко Т.А.* Современное состояние рекреационного комплекса и его влияние на экологическую обстановку черноморского побережья Краснодарского края // Изв. ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2010. № 1 (155). С. 106–108.
- Миненкова В.В.* Потенциал и перспективы развития сельского и винного туризма в Крымском районе Краснодарского края / Аграрная география в современном мире. К 90-летию юбилею Виктора Николаевича Тюрина. Краснодар: Изд-во Кубанского гос. ун-та, 2014. С. 318–320.

- Сравнительная медико-климатологическая характеристика основных приморских курортных местностей Европы и прилегающих к ней регионов Азии и Африки / А.М. Ярош, С.С. Солдатченко, Ю.П. Коршунов и др. Симферополь: Сонат, 2000. 136 с.
- Тархов С.А. Пространственный подход в географии туризма // Географический вестник (Geographical bulletin). 2019. № 4 (51). С. 172–178.
- Теоретические основы рекреационной географии / под ред В.С. Преображенского. М.: Наука, 1975. 222 с.
- Тишкова В.А., Дбар Р. и др. Абхазы. М.: Наука, 2012. 547 с.
- Цулая И.В., Кучер М.О. Географические точки роста туризма в Республике Абхазия // Курортно-рекреационный комплекс в системе регионального развития: инновационные подходы. 2017. № 1. С. 292–295.
- Цулая И.В. Формирование регионального брендинга туристских центров Республики Абхазия // Курортно-рекреационный комплекс в системе регионального развития: инновационные подходы. 2014. № 1. С. 271–274.
- Цулая И.В. Статистическое исследование туристского рынка Республики Абхазия // Изв. Сочинского гос. ун-та. 2013. № 3 (26). С. 101–108.
- Швец А.Б., Вольхин Д.А. Крым в пространстве Юга России: приоритетные форматы и векторы межрегиональных взаимодействий // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2018. Т. 4 (14). Вып. 4. С. 319–336.
- Швец А.Б. Геополитическая стабильность и вызовы Причерноморья // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2018. Т. 4 (14). Вып. 2. С. 19–29.
- Экба Я.А., Дбар Р.С. Экологическая климатология и природные ландшафты Абхазии. Сухум: Акад. наук Абхазии, Гидрофизический ин-т АНА, Абхазский гос. ун-т, 2007. 322 с.
- Яковенко И.М. Конкурентная среда на туристском рынке Причерноморья как фактор развития туризма в Крыму // Ученые записки КФУ имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2018. Т. 4 (70). № 3. С. 88–101.
- Яковенко И.М. Туризм в Причерноморье: новые вызовы // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2018. Т. 4 (14). № 2. С. 81–95.
- Яковенко И.М. Функциональная структура рекреационных районов Крыма: пространственно-временной аспект // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2021. Т. 7. № 1. С. 26–37.
- Bachvarov M. Troubled sustainability: Bulgarian seaside resorts // Tourism Geographies. 1999. № 1 (2). P. 192–203.  
<https://doi.org/10.1080/14616689908721309>
- Carter R. Recreational use and abuse of the coastline of Florida // Recreational Uses of Coastal Areas / P. Fabri (Ed.). Dordrecht: Kluwer, 1990. P. 3–18.
- Gay J.-C., Decroly J.-M. The logic of tourism expansion throughout the world: a geohistorical approach // L'Espace géographique. 2018. Vol. 47. Issue 2. P. 102–120.  
<https://doi.org/10.3917/eg.472.0102>
- Hall M., Page S.J. The geography of tourism and recreation. Environment, place and space. Third Edition. Routledge Publ; Milton Park, Abingdon, N. Y., 2006. 527 p.
- Parzych K.J. The Polish Baltic coast as a tourist area in the light of tourism indicators // Studia Periegetica. 2020. № 4 (32). P. 81–87.  
<https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.6595>

## Structure and Features of Formation of Crimean-Caucasian Black Sea Region Tourist Belt (Cases of Crimea, Krasnodar Krai and Abkhazia)

A. I. Zyriyanov<sup>a, \*</sup>, I. V. Tsulaya<sup>b, \*\*</sup>, and I. M. Yakovenko<sup>c, \*\*\*</sup>

<sup>a</sup>Perm State University, Perm, Russia

<sup>b</sup>Abkhazian State University, Sukhum, Abkhazia

<sup>c</sup>Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russia

\*e-mail: azyriyanov@gmail.com

\*\*e-mail: Tsulaya97@inbox.ru

\*\*\*e-mail: yakovenko-tnu@ya.ru

The article considers the spatial structure of the tourist belt of the Crimean-Caucasian Black Sea region. The Black Sea coast within the Republic of Crimea, federal city of Sevastopol, Krasnodar krai, and the Republic of Abkhazia is positioned as a single recreational and geographical entity with a variety of internal links and common development factors. The taxonomic hierarchy of the territorial structure of tourism is studied and the localization of tourist places, centers, zones, nodes is analyzed. Within the belt of the Crimean-Caucasian Black Sea region, well-known tourist zones have been formed based on a beach-sea profile, mountain-tourist destinations, winter recreation, and mountain-excursion specialization. The most significant localities in the territorial organization of tourism include highly developed multifunctional tourist centers—Yalta, Sevastopol, Sochi, and medium-level development centers—Yevpatoria, Anapa, Gagra, and Sukhum. The joints of tourist belts are expressed in the formation of nodes—key elements in the spatial structures of tourism. Sochi, as the dominant feature of the space under consideration, qualifies as a tourist hub. The most important factors of the consolidation of the tourist belt of the Crimean-Caucasian Black Sea region are the similarity of the structure of tourist and recreational resource potential, the commonality of geopolitical interests and demographic development trends, the similarity of the structure of the economic complex with the priority of

recreation and tourism, the progressive development of transport and logistics links. The analysis of the indicators of the provision of the belt regions with collective accommodation facilities showed a significant gap in the level of recreational development of the territory. The subjects that are part of the belt are at different levels of socioeconomic development, which hinders interregional cooperation in the field of tourism. It is necessary to preserve the status of the Crimean-Caucasian Black Sea region as a priority tourist destination in the system of domestic and inbound tourism in Russia. The further integration of the tourist belt will be facilitated by the comprehensive development of recreational resources, the implementation of interregional investment projects, the development of joint tourist programs and thematic corridors, a single branding in the information space.

*Keywords:* tourism, recreation, spatial structure, Republic of Crimea, Sevastopol, Krasnodar krai, Republic of Abkhazia, tourist belt of the Crimean-Caucasian Black Sea region

## REFERENCES

- Bachvarov M. Troubled sustainability: Bulgarian seaside resorts. *Tour. Geogr.*, 1999, vol. 1, no. 2, pp. 192–203. <https://doi.org/10.1080/14616689908721309>
- Belikov M. Yu., Volkova T. A., Mishchenko A. A., Sidорова D. V. Problems and prospects of tourism development in the South of Russia: the Republic of Crimea and the Krasnodar Krai. *Geopolitika i Patrioticheskoe Vospitanie*, 2016, no. 1, pp. 28–34. (In Russ.).
- Carter R. The recreational use and abuse of the coastline of Florida. In *Recreational Uses of Coastal Areas*. Fabbri P., Ed. Dordrecht: Springer, 1990, pp. 3–17.
- Dobrovolskaya E. S. Spatial and temporal aspects of foreign tourism in the Mediterranean countries. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Moscow State Univ., 2009. 23 p.
- Dusenko S. V., Tolstykh O. N. Methodological foundations of the study of tourist resources of the regional recreational system. *Geografiya v Shkolakh i Vuzakh Kazakhstana*, 2019, vol. 88, no. 4, pp. 3–5. (In Russ.).
- Gay J.-C., Decroly J.-M. The logic of tourism expansion throughout the world: A geohistorical approach. *L'Espace Geographique*, 2018, vol. 47, no. 2, pp. 102–120. <https://doi.org/10.3917/eg.472.0102>
- Hall M., Page S. J. *The Geography of Tourism and Recreation. Environment, Place and Space*. Routledge, 2006, 3d ed. 456 p.
- Kazalieva A. V., Minenkova V. V., Zadneprovskaya E. L. Tourist and recreational potential as a factor of sustainable development of the territorial organization of the population of the republics of the North Caucasus. In *Turistsko-rekreatsionnyi kompleks v sisteme regional'nogo razvitiya. Mat. VII Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. [Tourist and Recreational Complex in the System of Regional Development. Mat. VII Int. Sci. Pract. Conf.]*. 2019, pp. 99–102. (In Russ.).
- Maksimov D. V., Mishchenko A. A., Mishchenko T. A. The current state of the recreational complex and its impact on the ecological situation of the Black Sea coast of the Krasnodar Krai. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved., Severo-Kavkazskii Reg. Ser.: Estestvennye Nauki*, 2010, no. 1, pp. 106–108. (In Russ.).
- Minenkova V. V. Potential and prospects for the development of rural and wine tourism in the Krymsky region of the Krasnodar Krai. In *Agrarnaya geografiya v sovremennom mire. K 90-letnemu yubileyu Viktora Nikolayevicha Tyurina [Agrarian Geography in the Modern World. On the 90th Anniversary of Viktor Nikolaevich Tyurin]*. Krasnodar, 2014, pp. 318–320. (In Russ.).
- Minenkova V. V. Tourist clusters as a form of territorial-spatial organization of tourism in the North Caucasus region. *Uch. Zap. Krym. Fed. Univ. im. VI Vernadskogo. Geogr., Geol.*, 2018, vol. 4 (70), no. 2, pp. 123–131. (In Russ.).
- On Approval of the Federal Target Program “Social and Economic Development of the Republic of Crimea and the City of Sevastopol until 2020”. Resolution of the Government of the Russian Federation of August 11, 2014, no. 790. (In Russ.).
- Parzych K. J. The Polish Baltic coast as a tourist area in the light of tourism indicators. *Studia Periegetica*, 2020, vol. 32, no. 4, pp. 81–87. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.6595>
- Regions of Russia. Socio-Economic Indicators. Moscow: Rosstat, 2019. 1244 p. Available at: [https://rossstat.gov.ru/storage/mediabank/1dJJCOvT/Region\\_Pokaz\\_2019.pdf](https://rossstat.gov.ru/storage/mediabank/1dJJCOvT/Region_Pokaz_2019.pdf) (accessed: 18.03.2021). (In Russ.).
- Shvets A. B. Geopolitical stability and challenges of the Black Sea region. *Geopolitika i Ekogeodinamika Regionov*, 2018, vol. 4 (14), no. 2, pp. 19–29. (In Russ.).
- Shvets A. B., Volkhin D. A. Crimea in the space of the South of Russia: priority formats and vectors of interregional interactions. *Geopolitika i Ekogeodinamika Regionov*, 2018, vol. 4 (14), no. 4, pp. 319–336. (In Russ.).
- Tarkhov S. A. Spatial approach to tourism geography. *Geogr. Vestn.*, 2019, no. 4 (51), pp. 172–178. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2019-4-172-178>
- Teoreticheskie osnovy rekreatsionnoi geografii [Theoretical Principles of Recreational Geography]*. Preobrazhenskii V. S., Ed. Moscow: Nauka Publ., 1975. 223 p.
- Tishkov V. A., Dbar R. et al. *Abkhazy [Abkhazians]*. Moscow, 2012. 547 p.
- Tsulaya I. V. Statistical study of the tourist market of the Republic of Abkhazia. *Izv. Soch. Gos. Univ.*, 2013, vol. 26, no. 3, pp. 101–108. (In Russ.).
- Tsulaya I. V. Formation of regional branding of tourist centers of the Republic of Abkhazia. *Kurortno-Rekreatsionnyi Kompleks v Sist. Reg. Razvitiya: Innovatsionnye Podkhody*, 2014, no. 1, pp. 271–274. (In Russ.).
- Tsulaya I. V., Kucher M. O. Geographic points of growth of tourism in the Republic of Abkhazia. *Kurortno-Rekreatsionnyi Kompleks v Sist. Reg. Razvitiya: Innovatsionnye Podkhody*, 2017, no. 1, pp. 292–295. (In Russ.).
- Yakovenko I. M. Competitive environment in the tourist market of the Black Sea region as a factor in the devel-

- opment of tourism in Crimea. *Uch. Zap. KFU im. V.I. Vernadskogo. Geogr. Geol.*, 2018, vol. 4 (70), no. 3, pp. 88–101. (In Russ.).
- Yakovenko I.M. Tourism in the Black Sea region: new challenges. *Geopolitika i Ekogeodinamika Regionov*, 2018, vol. 4 (14), no 2, pp. 81–95. (In Russ.).
- Yakovenko I.M. The functional structure of the recreational areas of Crimea: the spatio-temporal aspect. *Geopolitika i Ekogeodinamika Regionov*, 2021, vol. 7, no. 1, pp. 26–37. (In Russ.).
- Yarosh A.M., Soldatchenko S.S., Korshunov Yu.P. et al. *Sravnitel'naya mediko-klimatologicheskaya kharakteristika osnovnykh primorskikh kurortnykh mestnostei Evropy i prilegayushchikh k nei regionov Azii i Afriki* [Comparative Medical and Climatological Characteristics of the Main Coastal Resort Areas of Europe and the Adjacent Regions of Asia and Africa]. Simferopol: Sonat Publ., 2000. 136 p.
- Zyryanov A.I. Place formula. *Reg. Issled.*, 2013, no. 2 (40), pp. 20–24. (In Russ.).
- Zyryanov A.I. Systematization of tourist classification units. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2014, no. 3, pp. 16–22. (In Russ.).
- Zyryanov A.I. Profile tourist destinations. *Vestn. SPbGU. Nauki o Zemle.*, 2017, vol. 62, no. 3, pp. 254–265. (In Russ.).  
<https://doi.org/10.21638/11701/spbu07.2017.303>

## КРАТЕРНЫЕ И КАЛЬДЕРНЫЕ ОЗЕРА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ: МОРФОЛОГИЯ КОТЛОВИН И ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ

© 2022 г. Д. Н. Козлов<sup>а</sup>, \*, Е. В. Лебедева<sup>б</sup>, \*\*

<sup>а</sup>Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

<sup>б</sup>Институт географии РАН, Москва, Россия

\*e-mail: kozlovdn@bk.ru

\*\*e-mail: Ekaterina.lebedeva@gmail.com

Поступила в редакцию 28.05.2021 г.

После доработки 11.09.2021 г.

Принята к публикации 15.12.2021 г.

По результатам комплекса полевых и камеральных работ получены и проанализированы данные по особенностям строения котловин и динамике развития 15 кратерных и кальдерных озер Курило-Камчатского региона. Рассчитаны их основные морфометрические характеристики. Установлено, что группа кальдерных озер менее однородна по всем морфометрическим показателям. Выявлено, что котловины водоемов одного генетического типа на Курильских островах и Камчатке схожи по формам и глубинам, но абсолютные высоты камчатских водоемов в целом больше курильских, впрочем, как нередко и размеры котловин. Изучение котловин 10 озер при помощи современной методики цифровой эхолокационной съемки позволило выявить специфические особенности морфологии котловин каждой из групп. Установлено, что котловины ряда кальдерных озер региона осложнены взрывными воронками, экструзивными или эффузивными куполами со следами гидротермальной деятельности; определены их параметры. Важной отличительной чертой многих вулканических озер является возможность стремительного изменения их основных характеристик (формы, объема, температуры, химического состава воды и др.) в широких пределах, что обусловлено особенностями функционирования близлежащих вулканических центров. По этим параметрам водоемы могут быть разделены на: 1) весьма динамичные молодые озера, расположенные в кратерах действующих вулканов или в активных кальдерах в непосредственной близости от них; 2) более стабильные, реликтовые водоемы в кальдерах спящих или потухших вулканов. Результаты повторных наблюдений позволили получить представление о примерных скоростях изменения уровней озер для интервалов в несколько десятилетий. Определена скорость роста подводного купола, обнаруженного авторами в 2016 г. в оз. Штюбеля (кальдера Ксудач, Камчатка).

*Ключевые слова:* вулканические озера, взрывная воронка, подводный купол, эхолокационная съемка, вулканическая деятельность, газогидротермы, Камчатка, Курильские острова

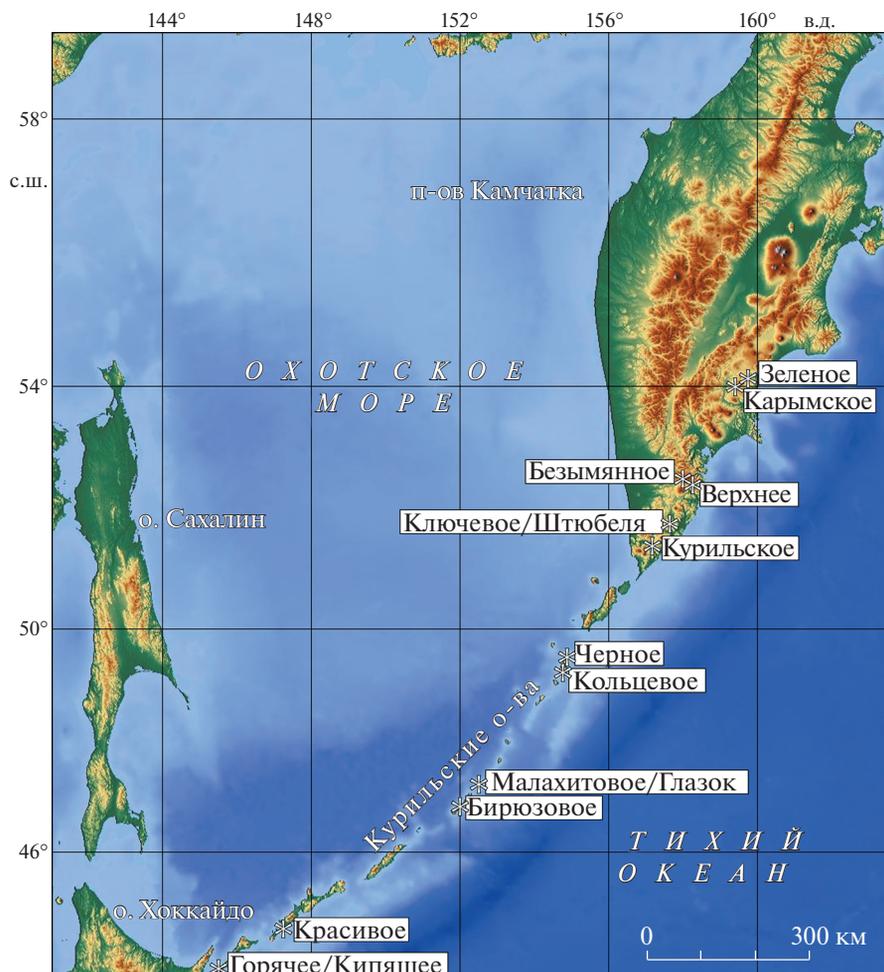
DOI: 10.31857/S2587556622020054

### ВВЕДЕНИЕ

Из 8.45 млн озер Земли лишь около 1.2 тыс. (что составляет всего около 0.014%) относятся к вулканическим (Рянжин, Ульянова, 2000; Meuser, 1995). Некоторые из них весьма труднодоступны, а другие расположены рядом с населенными пунктами, при этом практически все они могут представлять серьезную угрозу близлежащей инфраструктуре из-за связи с вулканизмом. Эти особенности вулканических озер (ВО) привлекают к ним внимание исследователей (Larson, 1989; Manville, 2015; Pasternack, Varekamp, 1997 и др.); к настоящему времени озера многих вулканических регионов мира достаточно детально изучены (Brown et al., 1989; Casadevall et al., 1984; Delmelle and Bernard, 1994; Giggenbach, 1974; Morgan et al.,

2003; и др.), чего нельзя сказать о вулканических озерах России.

В нашей стране они наиболее широко распространены на Курильских островах и полуострове Камчатка (рис. 1). Эти территории вместе с северо-восточной оконечностью о. Хоккайдо образуют двойную островную дугу, длина которой составляет около 2000 км. Тихоокеанские островные дуги широко известны как области проявления современного вулканизма, молодой тектонической деятельности и высокой сейсмичности. На территории Курило-Камчатской дуги расположены все выделяемые (Chistenson et al., 2015) типы ВО: кратерные, кальдерные, мааровые, геотермальные, вулкано-тектонические, подпрудные и так называемые озера снеготаяния. ВО России изучены

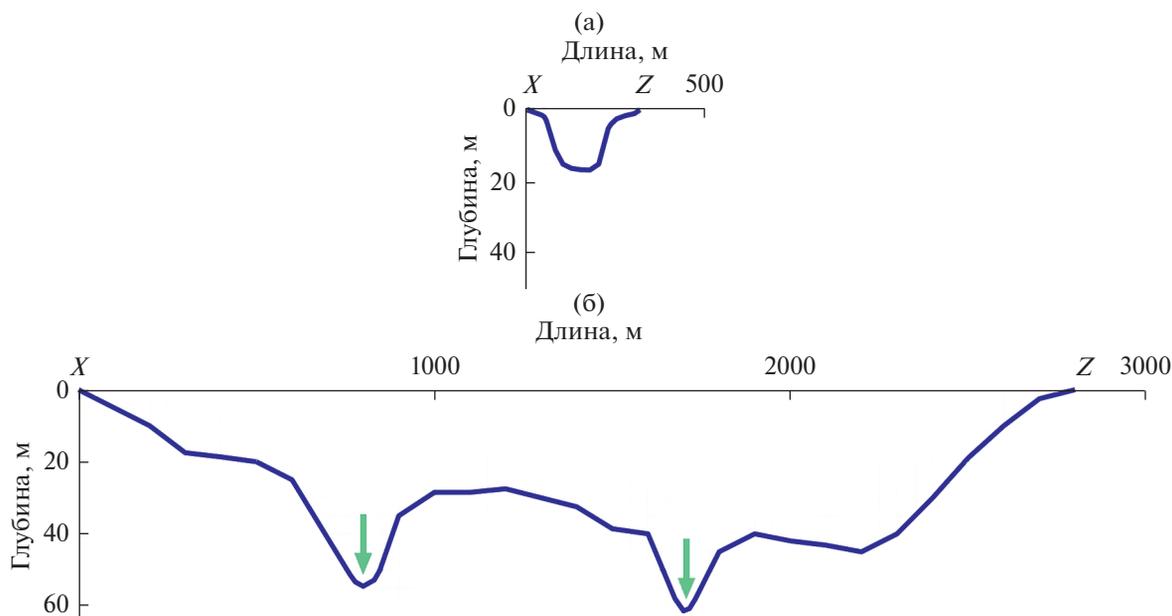


**Рис. 1.** Карта расположения рассматриваемых в статье кратерных и кальдерных озер Курильских о-вов и п-ова Камчатка (обозначены звездочкой).

слабо, что, в первую очередь, обусловлено их труднодоступностью, поэтому по многим из них существуют лишь краткие описания. Повторные или тем более регулярные наблюдения за режимом озер скорее исключение, а возможность увидеть проявление вулканической активности, как это случилось в 1996 г. на Карымском озере (Муравьев и др., 1997) — редкая удача даже по мировым меркам.

Сведения о ВО Дальнего Востока как в российских (Румянцев и др., 2017), так и в мировых (Volcanic ..., 2015) обзорах последних лет весьма скромны. В последнем случае, например, значимая информация дана лишь об уже упомянутом извержении в Карымском озере; еще 5 озер региона просто перечисляются, причем курильские озера имеют неверную географическую привязку. Некоторые сведения содержатся в базе данных WorldLake, созданной С.В. Рянжиным (2000). К сожалению, в связи с его уходом из жизни в течение нескольких последних лет к ней нет доступа.

К началу 2000-х годов была проведена съемка строения котловин лишь нескольких озер Камчатки — Курильского (Бондаренко, 1990), Зеленого на вулкане Мал. Семячик (Takano and Fazlullin, 1994), Карымского (Fazlullin et al., 2000), Ключевого и Штюбеля (Пилипенко и др., 2001), а также Кроноцкого (Аракестьянц, Ткаченко, 2012). С 2005 г. сотрудниками лаборатории вулканологии и вулканопасности Института морской геологии и геофизики (ИМГиГ) ДВО РАН совместно со специалистами из других институтов начали осуществляться работы по изучению котловин ВО региона. Были впервые обследованы котловины 8 курильских озер: Горячее и Кипящее (о. Кунашир), Красивое (о. Итуруп), Бирюзовое (о. Симушир), Малахитовое и Глазок (о. Кетой), Черное и Кольцевое (о. Онекотан), а также проведены повторные (с интервалом 25 лет) промеры двух озер (Ключевое и Штюбеля) на Камчатке (Козлов, 2015, 2016; Козлов, Лебедева, 2018; Козлов и др., 2017, 2019).



**Рис. 2.** Типичные профили котловин вулканических озер Курило-Камчатского региона: кратерных (оз. Глазок) (а) и кальдерных (оз. Горячее) (б). Стрелками показано положение взрывных воронок.

Цель данной статьи — установить особенности строения и динамики развития кратерных и кальдерных озер региона на основе обобщения имеющихся на настоящий момент разновременных данных по морфологии их котловин и характеристике вод.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проводились при помощи методики цифровой эхолокационной съемки с синхронной спутниковой привязкой профилей. Для промеров использовались эхолоты фирмы Lowrance: LMS-527сDFiGPS и SeaChart 320 DX с частотой излучателя 50–200 кГц и дискретностью съемки не менее 1 м, объем полученных профилей составлял от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч измерений. Обработка данных осуществлялась в программах Sonar Viewer и Surfer, при этом сведения о линейных параметрах и площадях водоемов были получены при помощи открытых ГИС SAS Planet и Google Earth.

Береговые процессы и террасы озерных систем кальдер Головкина (о. Кунашир), Ксудач и оз. Курильское (Камчатка) были изучены в результате дешифрирования спутниковых снимков высокого разрешения и последующих маршрутных наблюдений (Лебедева, 2017). По 7 озерам были проведены отбор проб воды и замеры ее температуры и рН. Наряду с этим были обобщены и проанализированы более ранние материалы, полученные другими исследователями.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам съемки были составлены детальные батиметрические карты и профили котловин 10 вулканических озер (рис. 2–4). На основе этих данных рассчитаны основные морфометрические параметры — площади, объемы, средние глубины, коэффициенты емкости, показатель открытости, удельный водосбор. Их анализ и сравнение позволяют установить общие черты морфологического строения котловин. Собранные литературные материалы дали возможность расширить список анализируемых озер до 15. Сводные данные по морфологии и другим характеристикам 8 ВО Курильских островов и 7 Камчатки представлены в табл. 1.

### *Морфология озерных котловин*

Вследствие особенностей и механизмов формирования вулканического рельефа, кратерные и кальдерные озера в значительной мере различаются по форме. Так как кратер — это чаше- или воронкообразное углубление на вершине или склоне вулканического конуса, через которое происходит истечение или выброс продуктов извержения, то кратерные озера региона имеют простую форму воронок с крутыми склонами и максимальными глубинами от 16 до 140 м (см. рис. 2а). Они относительно небольшие (0.033–0.2 км<sup>2</sup>), площади их водосборов также невелики (0.13–0.77 км<sup>2</sup>). Как правило, кратерные озера находятся на значительной высоте над уровнем мо-

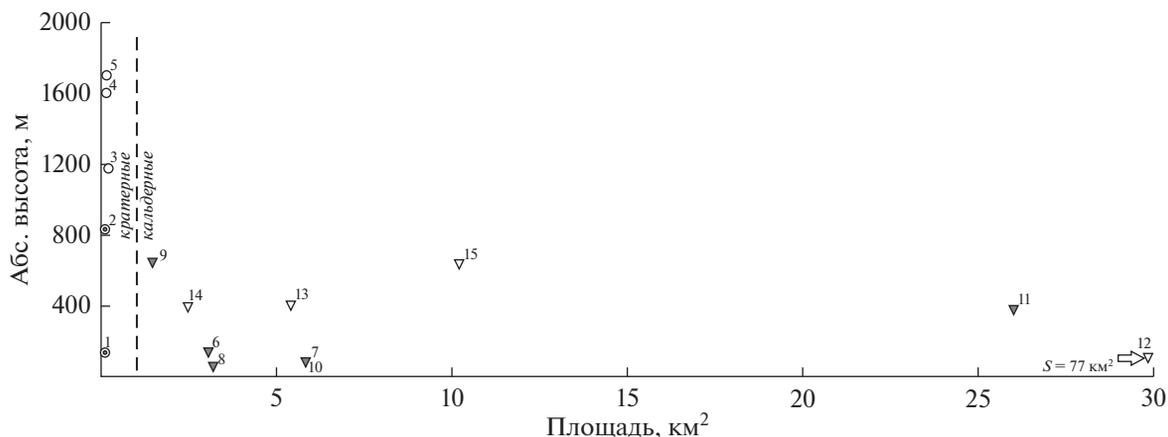


Рис. 3. Распределение абсолютных высот и площади кратерных и кальдерных озер региона. Номера см. в табл. 1.

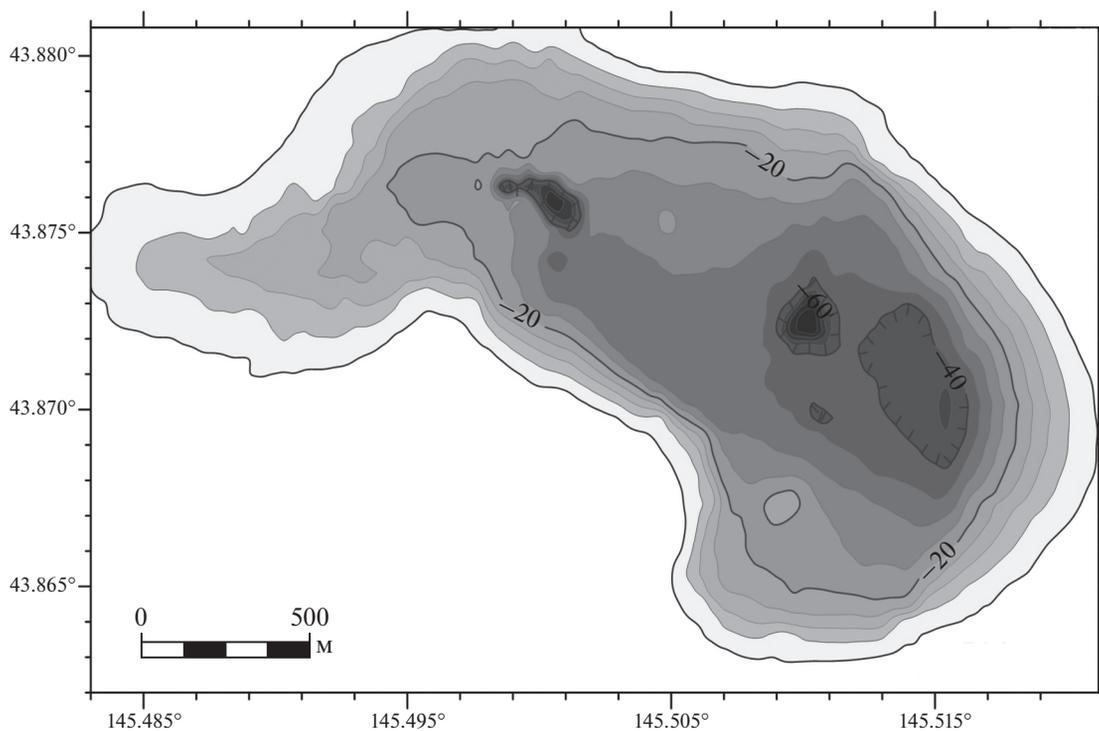


Рис. 4. Батиметрическая схема оз. Горячее (кальдера Головнина, о. Кунашир) с воронками различных размеров и морфологии. Изобаты проведены через 5 м (съемка 2005 г.). Зубчатой линией ограничены взрывные воронки.

ря – до 1700 м – и являются бессточными. Их удельный водосбор (отношение площади водосбора к площади зеркала) составляет от 3.85 до 7. По перечисленным характеристикам они четко отделяются от кальдерных озер (см. рис. 3).

Кальдеры – обширные котловины взрывопробного происхождения с крутыми стенками и более или менее ровным дном, достигающие 10–20 км в поперечнике и нескольких сот метров в глубину. Площади кальдерных озер соответ-

ственно на порядок больше кратерных: самые крупные среди них озера Кольцевое на о. Онекотан (26 км²) и Курильское (77 км²) на п-ове Камчатка; последнее является крупнейшим кальдерным водоемом региона. Кальдерные озера расположены на более низких абсолютных высотах – до 650 м над ур. м., они преимущественно сточные и проточные. Впадающие в озера водотоки обычно относятся к 1–2 порядку, однако в сложных кальдерных комплексах (например, Ксудач),

Таблица 1. Характеристика изученных кратерных и кальдерных озер Курильских островов и полуострова Камчатка

Название	Тип	Местоположение	Вулкан	Координаты	Абс. выс. зеркала, м	Площадь зеркала, км <sup>2</sup>	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Удельный водосбор	Показатель площади	Класс по площади	Длина береговой линии, км	Коэф. извилистости берега	Объем, км <sup>3</sup>	Длина, км	Ширина макс., км	Глубина макс., м	Средняя глубина	Коэф. емкости	Показатель открытости	Возраст (тыс. л)	Наличие гидротерм (ГТ)	РН	Минерализация, г/л	Водообмен*	Прочие
1 Кипящее	Кратерное	Кунашир	Головинна	43°51' N, 145°29' E	137	0.033	0.16	4.84	0.2	-2 Маленькое	0.9	1.39	0.00122	0.33	0.2	16	4	0.25	0.008	1	ГТ до 90°C	2.5–3.7	–	С**	–
2 Глазок	Кратерное	Кетой	Палласа	47°20' N, 152°28' E	821	0.02	0.13	6.5	0.15	-2 Маленькое	0.55	1.09	0.0033	0.2	0.16	40	16	0.4	0.001	–	ГТ	–	–	БС	–
3 Зеленое	Кратерное	Камчатка	М. Семьяч	54°07' N, 159°39' E	1176	0.2	0.77	3.85	0.26	-1 Малое	1.98	1.25	0.0104	0.645	0.395	117–140	37	0.47	0.005	0.4	ГТ до 100°C	–	40–50	БС	ЛГ
4 Верхнее	Кратерное	Камчатка	Мутновский	54°27' N, 158°09' E	1700	0.05	0.23	4.4	0.22	-2 Маленькое	0.89	1.12	–	0.28	0.25	–	5.8	–	0.008	–	ГТ	1.3	4–17	БС	ЛГ
5 Безымянное	Кратерное	Камчатка	Горелый	52°33' N, 158°02' E	1598	0.03	0.21	7	0.14	-2 Маленькое	0.72	1.17	–	0.22	0.18	–	2.8	–	0.001	–	ГТ	0.7–1.1	20–40	БС	ЛГ
6 Горячее	Кальдерное	Кунашир	Головинна	43°52' N, 145°30' E	128	3.1	16.92	5.46	0.18	1 Небольшое	8.48	1.35	0.16	3	1.7	62.3	28	0.45	0.11	~30	ГТ 34–100°C	3	–	ПР	4 воронки
7 Красное	Кальдерное	Итуруп	Урбич	44°37' N, 147°12' E	82	5.8	26.95	4.65	0.21	1 Небольшое	9.35	1.10	0.15	3	2.5	50	25	0.5	0.23	~60–80	–	–	Пресное	С	–
8 Бирюзовое	Кальдерное	Симушир	Заварицко	46°54' N, 151°57' E	50	3.2	19	5.94	0.17	1 Небольшое	8.2	1.29	0.11	2.7	1.8	87	34	0.39	0.1	–	ГТ до 40°C	7.5	4	БС	3 воронки
9 Малохитовое	Кальдерное	Кетой	Кетой	47°19' N, 152°27' E	648	1.5	4.78	3.19	0.31	1 Небольшое	5	1.15	0.08	1.55	1.32	110	53	0.48	0.03	–	–	–	–	С	4 воронки
10 Черное	Кальдерное	Олеокотан	Пик Немо	49°34' N, 154°50' E	72	5.8	14.85	2.56	0.39	1 Небольшое	13	1.52	0.17	4.5	1.5	110	29	0.26	0.2	~10	–	–	Пресное	БС	–
11 Кольцевое	Кальдерное	Олеокотан	Тао-Русь	49°20' N, 154°43' E	385	26	43.53	1.67	0.6	2 Среднее	22	1.22	3.75	6.5	3.3	369	144	0.39	0.18	~8.4	ГТ	–	Пресное	БС	Конус влк. Креницына
12 Курильское	Кальдерное	Камчатка	Курильское озеро	51°27' N, 157°05' E	103	77	392	5.09	0.2	2 Среднее	47.5	1.52	14.6	12	10	316	189	0.6	0.4	7.7–8.4	ГТ до 40°C	7.6	0.69	ПР	ЛГ, экстрезии
13 Ключевое	Кальдерное	Камчатка	Кудач	51°47' N, 157°32' E	411	5.4	28.9	5.35	0.19	1 Небольшое	10.3	1.25	0.327	4.15	2	93	60	0.64	0.09	>9	ГТ до 65°C	6.9	До 0.9 сток	Подз. сток	–
14 Штобеля	Кальдерное	Камчатка	Кудач	51°49' N, 157°32' E	412	2.49	16.3	6.55	0.15	1 Небольшое	11.5	2.05	0.0835	4	1.15	82	33	0.4	0.075	0.1–1.7	ГТ 20–44°C	6.2	1	С	Экстрезия
15 Карымское	Кальдерное	Камчатка	Академик	53°08' N, 159°45' E	630	10.2	33	3.23	0.31	2 Среднее	13.7	1.21	0.5	4.08	3.91	70	49	0.7	0.2	–	ГТ до 70°C	3.2–7	0.1–1	ПР	ЛГ, п-ов с кратером

\*С – сточное; БС – бессточное; ПР – проточное; \*\* сточное, антропогенный сток; – нет данных; ЛГ – озеро, изученные по литературным материалам и сведениям ГИС. При составлении таблицы использованы авторские данные, частично опубликованные ранее (Козлов, 2015, 2016; Козлов, Белоусов, 2007; Козлов и др., 2017; Козлов, Жарков, 2009; Козлов, Лебедева, 2018; Козлов и др., 2019), сведения ГИС и литературные материалы: по озеру Зеленому – Гавриленко, 2000; Таган et al., 2021; Верхнее – Гавриленко, Гавриленко, 2003; Гавриленко и др., 2009; Безымянное – Мейликов et al., 2008; Курильское – Николаева и др., 2005; Фазлилин et al., 2000; датировки возраста озерных котловин взяты из работ: для озер Горячее и Кипящее – Разжитаяева, Ганзей, 2006; Красивое – Козлов, 2016; Черное – Козлов, 2015; Кольцевое – Новейший ..., 2005; Ключевое и Штобеля – Мелекесцев и др., 1995.

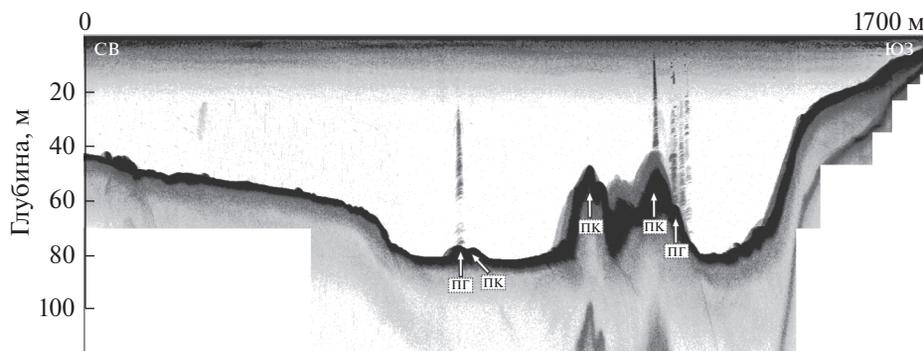


Рис. 5. Профиль эхолотной съемки 2016 г. через котловину оз. Штюбеля (кальдера Ксудач, Камчатка). ПК – подводный конус, ПГ – подводные гидротермы (Козлов и др., 2019).

где разновозрастные кальдеры смещены друг относительно друга, отдельные внутрикальдерные водотоки могут быть отнесены к 3 порядку, а их общее количество – превышать десяток.

Показатель удельного водосбора этого типа озер колеблется в более широких пределах – от 1.67 до 6.55, что во многом зависит от крутизны внутренних склонов кальдеры. Необходимо отметить, что в целом и большинство других рассчитанных морфометрических коэффициентов (извилистости береговой линии, емкости, открытости – см. табл. 1) для кальдерных озер имеет по крайней мере в 2 раза больший диапазон значений, что свидетельствует о более сложной структуре этой группы водоемов.

Региональное сравнение параметров озерных котловин различного типа показало, что котловины водоемов одного генетического типа на Курильских островах и Камчатке схожи по формам и глубинам, но абсолютные высоты камчатских водоемов в целом больше курильских, впрочем, как нередко и размеры котловин (см. табл. 1). Площади водосборов кратерных озер регионов соотносятся как 0.13–0.16 и 0.21–0.77 км<sup>2</sup> соответственно, а кальдерных – как 4.78–43.59 и 16.3–392 км<sup>2</sup>.

Анализ построенных детальных батиметрических карт позволил заключить, что котловины кальдерных озер региона характеризуются не просто обширным плоским дном, как это считалось ранее, а часто осложнены вулканическими структурами, среди которых выделяют экструзивные и эффузивные купола и взрывные воронки различных размеров (см. рис. 26). В котловине оз. Горячего (о. Кунашир), например, нами было зафиксировано четыре взрывных воронки до 200–250 м в поперечнике с глубинами до 45–60 м (см. рис. 2, 4). В оз. Бирюзовом (о. Симушир) обнаружены три подобных воронки с глубинами 42–87 м, формирующие так называемый “эксплозивный ров” (Козлов, Белоусов, 2007; Козлов, Жарков, 2009). Ранее (Горшков, 1967; Мархинин,

1960) здесь были описаны только два купола (экструзивный и эффузивный). При съемке обширного Курильского озера (Бондаренко, 1990) был обнаружен протяженный уступ, отделяющий мелководную (до 200 м) северную часть озера от глубоководной (до 316 м) южной. Наши исследования также показали, что в приустевых частях большинства впадающих в озера водотоков формируются обширные подводные конусы выноса, сложенные снесенным с бортов кальдеры пирокластическим материалом.

#### Особенности состава вод

Источниками воды и растворенных минеральных компонентов в озерах являются не только атмосферные осадки и поверхностный сток, но и газогидротермальные выходы, активность которых зависит от процесса дегазации ближайшего магматического очага. Газогидротермы наблюдаются во всех изученных кратерных озерах региона; во многих температуры ( $T$ ) могут достигать 90–100°C, поэтому и  $T$  озерных вод может быть достаточно высокой. Воды кратерных озер кислые (рН от 0.7–1.1 до 2.5–3.7), минерализация – от 4 до 50 г/л (см. табл. 1).

Кальдерные озера характеризует гораздо большее разнообразие химического состава вод: они могут быть наполнены как слабоминерализованной нейтральной – практически пресной водой, так и высокоминерализованной кислотой, а иногда и щелочной: рН воды колеблется от 3 до 7–7.6. Минерализация воды в целом гораздо ниже, чем в кратерных озерах, – от 0.1 до 4 г/л (см. табл. 1).

Газогидротермальные выходы наблюдаются либо в самой озерной котловине, либо в непосредственной близости от нее. Мощные газогидротермы связаны и с описанными выше воронками и куполами, осложняющими днища кальдер и котловины озер (рис. 5), их периодическую активизацию с эффектом “вскипания” поверхности подтверждают и свидетельства очевидцев (оз. Го-

рячее, о. Кунашир). Однако в ряде кальдерных озер (напр., озера Черное и Красивое) газогидротермы не обнаружены (см. табл. 1).

Распределение газогидротерм нередко приводит к тому, что даже сообщающиеся озера – расположенные в пределах одной кальдеры – могут значительно различаться по составу вод. Так, воды оз. Ключевого (кальдера Ксудач) – щелочные с минерализацией около 180 мг/л, их состав постоянен от поверхности до дна. В оз. Штюбеля термальные воды, обогащенные сульфатами с минерализацией до 0.4–1 г/л, разгружаются в придонном слое, в результате чего прослеживается вертикальная зональность их химического состава (см. табл. 1). Исследования озер о. Кунашир (Жарков, 2014) показывают, что состав и кислотность вод иногда значительно различаются даже в пределах одного водоема, так как кислые и щелочные термальные источники могут там выходить на незначительном расстоянии друг от друга.

#### *Динамика состава и уровня озерных вод*

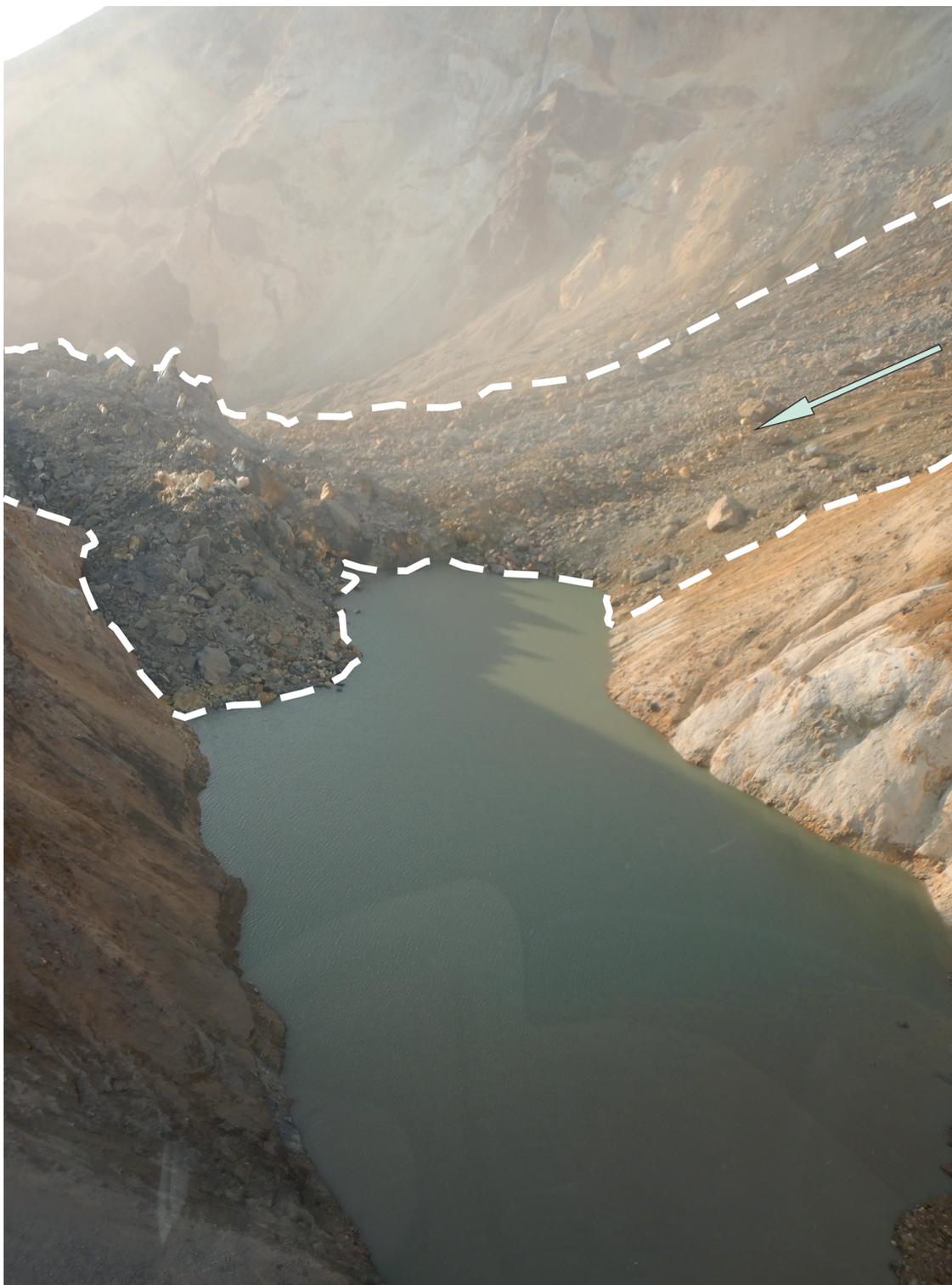
В зависимости от активности газогидротерм и объема поступления пресных атмосферных или поверхностных вод – состав воды в озерах может значительно изменяться. Наблюдения показывают, что при активизации вулкана объем поступающих термальных вод резко возрастает, соответственно увеличивается уровень озер, растут температура и минерализация (Гавриленко, 2000). Например, до извержения 1996 г. вода в оз. Карымском (кальдера Академии наук, Камчатка) была пресной (рН 7.1) низкоминерализованной (110–130 мг/л), имела гидрокарбонатно-натриевый состав, в озере водилась рыба. Сразу после извержения рН снизился до 3.2, минерализация возросла до 1 г/л, резко увеличилась доля соединений хлора и серы (Николаева и др., 2005). В результате последующего разбавления озерных вод атмосферными осадками и водами выпадающих в него ручьев к 2004 г. его минерализация опять понизилась, а реакция стала слабокислой (рН 5.5–6.0). Аналогичные изменения во время вулканических событий претерпевают и воды иных кальдерных и кратерных озер региона, однако при возрастании температур более 100°C небольшие озера могут испаряться и исчезать, а при активной фазе извержения в кратерах могут формироваться лавовые озера (Толбачинский дол, 2013 г.). Весьма динамичным является Безымянное озеро в центральном кратере влк. Горелого: после извержения 1985–1986 гг. его уровень постоянно повышался, к 1990 г. диаметр зеркала составлял около 70 м. За период 1992–2008 гг. уровень озера увеличился на 50 м, а площадь поверхности в 10 раз (Melnikov et al., 2008). После извержения 2010 г. озеро высохло, но, в настоящее время оно опять появилось.

Газогидротермальная активность может значительно меняться со временем и вне прямой зависимости от вулканических извержений. Например, в кальдерном оз. Бирюзовом (о. Симушир) термальные источники, описанные в 1940–1950 гг. (Зеленов, Канакина, 1962) к 2007 г. сохранились лишь в его ЮЗ части. Активные изменения характеристик кратерных озер зафиксированы и на вулкане Мутновском. Так, оз. Верхнее в юго-западном кратере в 1954 г. достигало размера 280 × 250 м при температуре воды 42–46°C и минерализации 4.2 г/л (Таран и др., 1991). Постепенно оно исчезло, его место занял ледник. С 2000 по 2003 гг. котловина опять была заполнена высокоминерализованными водами (до ~17 г/л) с рН 1.3 и  $T = 40–50^{\circ}\text{C}$  (Гавриленко, Гавриленко, 2003; Гавриленко и др., 2009). В августе 2021 г. на краю ледника нами опять был отмечен небольшой незамерзающий водоем (очевидно с высокоминерализованной водой). Нижнее озеро размером около 200 × 250 м существовало в СВ кратере до середины 1950-х годов. Температура его воды не превышала 10°C, она имела кислую реакцию и минерализацию 2.3 г/л (Маренина, 1956). 17.08.2021 г. в связи с обвалом на северной стенке кратера там опять возникло подпрудное озеро (рис. 6): 19.08 нами наблюдался активный дренаж через плотину; по сообщению Д. Мельникова, 20.08 площадь озера составляла около 4650 м<sup>2</sup>.

#### *Изменения морфологии котловин*

У кратерных и кальдерных озер быстро меняется не только состав воды, но и морфология их котловин. Форма озер и их количество в кальдере зависят от характера рельефа и уровня воды, который непостоянен, поэтому там может существовать то единое озеро, то серия небольших сообщающихся или нет водоемов (рис. 7). Так, в кальдере Ксудач (Камчатка) 8.5–8.7 тыс. л. н. было единое озеро, глубина которого могла превышать 200 м, о чем свидетельствуют находки озерных отложений (Мелекесцев и др., 1995). При падении уровня и в результате роста молодого конуса Штюбеля в ее центре около 1600 л. н. (Пилипенко и др., 2001) единое озеро распалось на два самостоятельных водоема – Ключевое и Штюбеля. При извержении конуса Штюбеля в 1907 г. произошло перегораживание плотиной р. Теплой, дренирующей озера, и уровень озер повысился на 15 м. В 1910 г. в кальдере был единый водоем (Келль, 1928), который к 1937 г. опять распался на два (Пийп, 1941). О поэтапном снижении уровня на протяжении 1910–1937 гг. свидетельствуют сформировавшиеся по берегам три абразионные террасы (Лебедева, 2017б).

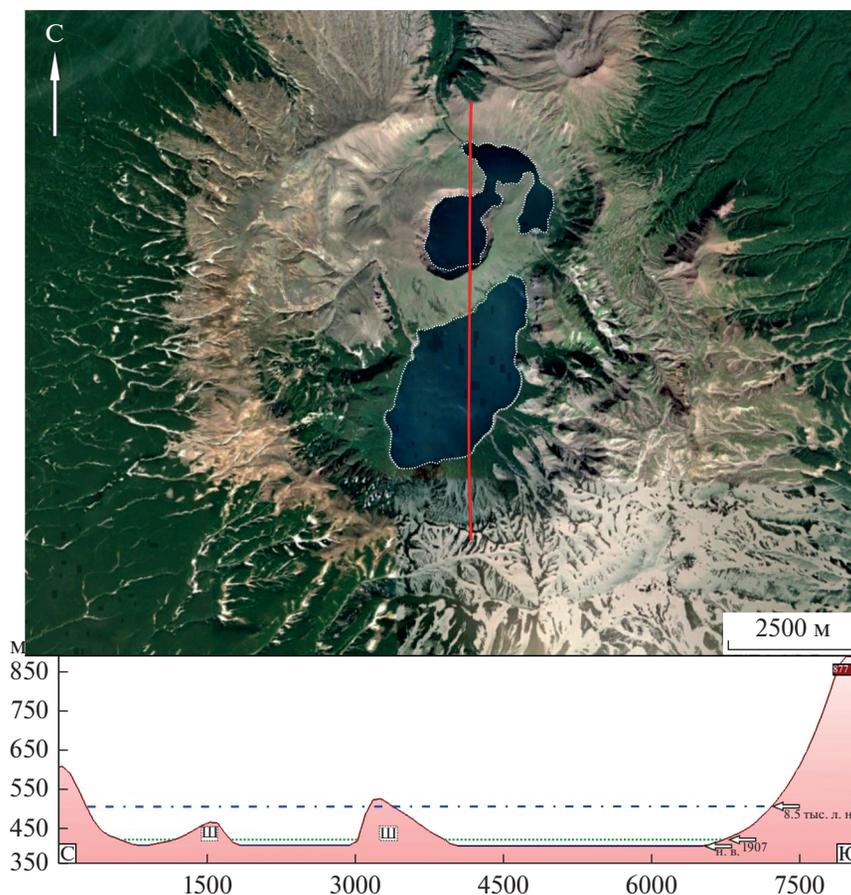
Следы значительных (около 100 м и более) перепадов уровня воды в виде озерных террас наблюдались нами и в кальдерных озерах Куриль-



**Рис. 6.** Обвал внутренней стенки кратера вулкана Мутновский 17.08.2021 г. и сформировавшееся подпрудное озеро (фото Е.В. Лебедевой, 19.08.2021 г.). Пунктиром ограничено тело плотины, стрелкой – направление смещения материала со склона.

ское и Бирюзовое. Так, в первом случае прослеживается 8 уровней голоценовых абразионных террас с отметками до 140 м над урезом; при этом

наиболее хорошо выражены террасы высотой около 87–95 и 10–12 м. Формирование последней, видимо, связано с подпруживанием стока дренажу-



**Рис. 7.** Колебание уровня озер в кальдере Ксудач. Ш – конус Штюбеля, н.в. – положение уровня водоемов в настоящее время.

ющей кальдере р. Озерной около 1.6 тыс. л. н. (Ropomareva et al., 2006), в результате обвала части активно растущей экструзии Дикий Гребень. Плотина образовалась в 3–4 км ниже истока реки, ее высота составляла не менее 20 м. Следы высокого стояния уровня Курильского озера позволяют также не исключать возможность существования разных направлений стока на голоценовых этапах развития этого водоема.

Выполненное нами в 2016 г. повторное эхолотирование оз. Штюбеля (Козлов и др., 2019) показало, что за 25 лет, прошедших с момента промеров КамчатНИРО в 1991 г. (Пилипенко и др., 2001), в его кратерной части вырос экструзивный купол размером  $335 \times 250$  м и объемом  $773\,750 \text{ м}^3$ . Относительная высота его западной вершины – 35 м, восточной – 40 м (см. рис. 5). В оз. Карымском туфовый конус с кратером диаметром около 600 м и глубиной до 60 м сформировался еще быстрее – непосредственно во время извержения в январе 1996 г. (Муравьев и др., 1997).

Во время роста вулканических структур происходит не только изменение морфологии дна озера: единый водоем может распадаться на не-

сколько, что описано выше; в других случаях озеро приобретает специфическую форму – кольца (оз. Кольцевое, о. Онекотан – рис. 8), полумесяца или подковы (оз. Горячее, о. Кунашир), занимая наиболее пониженные участки. При этом молодые озерные отложения могут быть подняты над уровнем озера и деформированы (как, например, в кальдере Головинина), а внутрикальдерная речная сеть вынуждена перестраиваться согласно изменениям уклонов поверхности (Лебедева, 2017а).

В случае, если кальдерные озера расположены поблизости от моря, то нередко происходит разрушение их бортов в результате абразии, они заполняются морскими водами и превращаются в морские заливы. Таковы залив Львиная Пасть (о. Итуруп), бухты Кратерная (о. Янкича – рис. 9), Броутона (о. Симушир) и мн. др.

Изменение характера береговой линии озер происходит и в результате вулканической деятельности, которая сопровождается излиянием лавы, вертикальными подвижками отдельных участков, выбросами вулканогенного материала. Так, при извержении 1907 г., произошло разрушение северной стенки конуса Штюбеля, и прак-



Рис. 8. Озеро Кольцевое (фото А.В. Дегтерева, 2015 г.).



Рис. 9. Бухта Кратерная, о. Янкича (фото В.О. Шубина, 2000 г.). Видны экструзивные купола и фрагмент разрушенного абразионными процессами борта кальдеры.



**Рис. 10.** Сравнение профилей через котловину кратерной части оз. Штюбеля на основе гипсобатиметрических моделей по данным 1980–90-х (сплошная линия) и 2016–2018 (пунктир) годов. Стрелка показывает участок роста нового подводного купола (Kharchenko et al., 2020).

тически одномоментно площадь одноименного озера увеличилась вдвое (Пилипенко и др., 2001). В северной части оз. Карымского при подводном извержении 1996 г. возник новый полуостров (Муравьев и др., 1997).

Гипсобатиметрическая модель, составленная С.В. Харченко по данным нашей батиметрической съемки 2016 г. и на основе ресурса Arctic-DEM (Kharchenko et al., 2020), впервые позволила оценить строение сложного кальдерного комплекса Ксудач в целом, учитывая и подводный рельеф участков, занятых озерами. Ее сравнение с аналогичной моделью, полученной на основе топокарты, составленной В.Н. Двигало (ИВиС) по аэрофотоснимкам 1980-х годов, и батиметрической карты 1991 г., полученной в результате промеров сотрудниками КамчатНИРО глубин озер аналоговым эхолотом, позволило определить участки выраженных локальных изменений морфологии кальдеры. Наиболее интенсивными процессами рельефообразования последних десятилетий оказались не только рост подводного вулканического купола, но также активное изменение берегов озер и вынос пемзового материала реками в их котловины (рис. 10).

Поступлению в озерные котловины значительных объемов обломочного материала способствуют также гравитационные смещения на склонах. Результаты фотограмметрического анализа одновременных снимков кратера Троицкого на вулкане Мал. Семячик (Камчатка) показали, что морфология внутренних стенок кратера постоянно меняется в результате обваливания и осыпания, а общий объем материала, поступившего в расположенное там оз. Зеленое с 1968 по 2012 г., достиг 1.5 млн м<sup>3</sup>. При этом уровень озера поднялся с отметки 1139 до 1176 м над ур. м., а прирост его объема составил 9 млн м<sup>3</sup>, из которых 17% — это обломочный материал, поступивший в котловину (Свирид и др., 2013). Велика активность гравитационных процессов и на бортах других кратерных озер (см. рис. 6).

#### *Некоторые количественные параметры изменения уровня и морфологии озер*

Удаленность ВО затрудняет организацию там регулярных наблюдений и получение количественных параметров их динамики. Проведенные авторами промеры вкупе с собранными литературными данными позволяют рассчитать лишь некоторые из показателей. Например, в кальдерном оз. Бирюзовым (о. Симушир) зафиксированы значительные колебания уровня воды: после извержения 1957 г. он понижался на 6–8 м (Корсунская, 1958), а к 1959 г. — еще на 2 м (Мархинин, 1960), а затем к 2007 г. повысился почти на 12 м (Козлов, Жарков, 2009). Таким образом, скорость снижения его уровня составила порядка 0.5 м/год, а затем на протяжении 1959–2007 г. скорость поднятия в среднем была около 0.26 м в год. Опираясь на фотоматериалы и описания (Келль, 1928; Пийп, 1941), можно оценить среднюю скорость понижения уровня озер Ключевое и Штюбеля на протяжении 1910–1937 гг. за счет трехэтапного разрушения плотины, перегородившей дренирующую их реку, в 0.5–0.6 м/год. При этом скорость роста подводных конусов в кратерной части оз. Штюбеля за 25-летний интервал с учетом возможной неточности при съемке КамчатНИРО оценивается нами как 1–1.6 м/год.

В кратерных озерах Камчатки изменения их уровня могут происходить с еще большими скоростями, что обусловлено не только их меньшими объемами, но и значительной динамичностью. Так, данные (Melnikov et al., 2008) позволяют заключить, что рост уровня оз. Безымянного (влк. Горелый, Камчатка) превышал 3 м/год в течение 16 лет. Повышение уровня оз. Зеленого, по расчетам, опирающимся на материалы (Свирид и др., 2013; Taran et al., 2021), в среднем достигало 1 м/год за 70 лет наблюдений, но на отдельных этапах (1950–1971) скорость подъема возрастала до 1.4 м/год, а на других (1986–2002) его уровень был практически стабильным.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

## FUNDING

Вулканические озера Курильских островов и п-ова Камчатки располагаются в пределах древних и современных вулканических построек, активность которых оказывает значительное влияние на морфологию их котловин и побережий, а также на гидрологический режим и физико-химические параметры их вод. В свою очередь, состояние вулканических озер и интенсивность изменения их параметров позволяет судить о характере вулканических процессов.

Анализ данных показал, что кратерные и кальдерные озера региона различаются по основным морфологическим показателям. При этом котловины одного генетического типа на Курильских островах и Камчатке схожи по формам и глубинам, но размеры котловин камчатских водоемов в обоих случаях в среднем больше курильских.

Кратерные озера региона всегда более динамичны, и их воды имеют более высокую температуру и минерализацию. Как правило, они приурочены к конусам действующих вулканов, но иногда располагаются и внутри более древних кальдер, свидетельствуя об их продолжающейся активности. В таких случаях кальдерные озера, расположенные рядом с кратерными, по характеру минерализации и активности изменения уровня вод нередко близки к ним, что не противоречит наблюдениям и в других регионах мира (Volcanic ..., 2015). Поэтому мы можем разделить ВО региона на два типа по динамике изменения их морфологических и гидрохимических характеристик: 1) динамичные молодые озера, расположенные в кратерах действующих вулканов или в активных кальдерах в непосредственной близости от них, осложненные взрывными воронками и экструзивными куполами с активными гидротермальными проявлениями; 2) более стабильные, реликтовые водоемы в кальдерах спящих или потухших вулканов, как правило, без интенсивных гидротермальных выходов и воронок взрыва.

Колебания уровня озер первой группы в исторический период на отдельных этапах могли достигать первых метров в год, близкие скорости роста имеют и активные вулканические структуры в их пределах. Разновысотные озерные террасы на бортах кальдер свидетельствуют о том, что колебания уровней водоемов данного типа на протяжении голоцена могли достигать первых сотен метров.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Анализ материалов выполнен в рамках тем государственных заданий ИМГиГ ДВО РАН и ИГ РАН (AAAA-A19-119021990091-4, FMGE-2019-0005).

The analysis of the materials was carried out within the framework of the state-ordered research themes of the IMGIG FEB RAS and IG RAS (AAAA-A19-119021990091-4, FMGE-2019-0005).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аракельянц А.Д., Ткаченко О.В.* Гидрологические характеристики Кроноцкого озера (Камчатка) в начале XXI века // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: Геогр. 2012. № 6. С. 77–83.
- Бондаренко В.И.* Сейсмоакустические исследования оз. Курильского // Вулканология и сейсмология. 1990. № 4. С. 92–111.
- Брайцева О.А., Краевая Т.С., Шеймович В.С.* О происхождении Курильского озера и пемз этого района // Вопр. географии Камчатки. 1965. Вып. 3. С. 49–57.
- Гавриленко Г.М.* Гидрологическая модель кратерного озера вулкана Малый Семячик (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2000. № 6. С. 1–11.
- Гавриленко Г.М., Гавриленко П.Г.* Временные кратерные озера вулкана Мутновский (Камчатка): причины их образования и исчезновения // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2003. № 2. С. 118–121.
- Гавриленко Г.М., Мельников Д.В., Овсяников А.А.* Современное состояние термального озера в активном кратере вулкана Горелый (Камчатка): Материалы конф., посвящ. 100-летию экспед. Рябушинского. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2009. С. 86–95.
- Горшков Г.С.* Кальдера Заварицкого // Бюлл. вулканол. станции. 1967. № 30. С. 31–49.
- Жарков Р.В.* Типы термальных вод Южных Курил и севера Сахалина и их влияние на ландшафты: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. Хабаровск: ИВП РАН, 2008. 26 с.
- Жарков Р.В.* Термальные источники Южных Курильских островов. Владивосток: Дальнаука, 2014. 378 с.
- Зеленова К.К., Канакина М.А.* Биризовое озеро (кальдера Заварицкого) и изменение химизма его вод в результате извержения 1957 г. // Бюл. вулканол. станции. 1962. № 32. С. 33–44.
- Келль Н.Г.* Карта вулканов Камчатки / Объяснит. текст с табл., чертежами, снимками и карта (на 2-х л.). М-б: 750 000. Л.: Изд-во РГО, 1928. 75 с.
- Козлов Д.Н.* Кратерные озера Курильских островов. Южно-Сахалинск: Сахалинск. областн. краеведч. музей, ИМГиГ ДВО РАН, 2015. 112 с.
- Козлов Д.Н.* Морфология кратерного озера Красивое // Вестн. КРАУНЦ. Науки о земле. 2016. Т. 31. № 3. С. 65–71.
- Козлов Д.Н., Белоусов А.Б.* Современные методы исследований внутрикальдерных озер активных вулканов (на примере вулкана Головина, о. Кунашир, Курильские о-ва): Материалы XIII совещ. географов Сибири и Дальнего Востока. Иркутск: ИГ СО РАН, 2007. Т. 1. С. 142–144.
- Козлов Д.Н., Дегтерев А.В., Рыбин А.В., Коротеев И.Г., Климанцов И.М., Чаплыгин О.В., Чаплыгин И.В.* Первые результаты батиметрической съемки вул-

- канического озера Кольцевое (о. Онекотан, Северные Курильские острова) // Вестн. КРАУНЦ. Науки о земле. 2017. Т. 33. № 1. С. 89–95.
- Козлов Д.Н., Жарков Р.В. Новые данные по морфологии внутрикальдерных озер островов Кунашир и Симушир // Вестн. КРАУНЦ. Науки о земле. 2009. Т. 14. № 2. С. 159–164.
- Козлов Д.Н., Лебедева Е.В. Вулканические озера кальдеры Ксудач (Камчатка): строение и современные береговые процессы // XXXVI Пленум ГК РАН. Барнаул: АГУ, 2018. С. 186–192.
- Козлов Д.Н., Лебедева Е.В., Жарков Р.В. Строение котловин вулканических озер Ключевое и Штюбеля (кальдера Ксудач, Камчатка) // География и природные ресурсы. 2019. № 4. С. 153–164.
- Корсунская Г.В. Вулканы острова Симушир // Бюл. вулканол. станции. 1958. № 24. С. 61–65.
- Лебедева Е.В. Кальдера вулкана Ксудач (Камчатка) современные процессы рельефообразования и особенности строения долинной сети // Геоморфология. 2017. № 3. С. 60–75.
- Лебедева Е.В. Озера кальдерного комплекса Ксудач (Камчатка): береговые процессы и колебание уровня // Геоморфология. 2017. № 4. С. 35–49.
- Маренина Т.Ю. Геолого-петрографический очерк Мутновского вулкана / Тр. лаб. вулканологии. 1956. Вып. 12. С. 3–52.
- Мархинин Е.К. Извержение вулкана Заварицкого на острове Симушир осенью 1957 г. // Бюл. вулканол. станции. 1960. № 29. С. 7–15.
- Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В., Сулержицкий Л.Д. Катастрофические кальдерообразующие извержения вулкана Ксудач в голоцене // Вулканология и сейсмология. 1995. № 4–5. С. 28–53.
- Муравьев Я.Д., Федотов С.А., Будников В.А., Озеров А.Ю., Магуськин М.А., Двигало В.Н., Андреев В.И., Иванов В.В., Карташева Л.А., Марков И.А. Вулканическая деятельность в Карымском центре в 1996 г.: вершинное извержение Карымского вулкана и фреатомагматическое извержение в кальдере Академии Наук // Вулканология и сейсмология. 1997. № 5. С. 38–71.
- Николаева А.Г., Карпов Г.А., Лупкина Е.Г., Ушаков С.В. Эволюция солевого состава воды термальных источников и Карымского озера после извержения 1996 г.: Материалы конф., посвящ. Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2005. С. 37–47.
- Новейший и современный вулканизм на территории России / отв. ред. Н.П. Лаверов. М.: Наука, 2005. 604 с.
- Пийн Б.И. О силе извержения вулкана Ксудач в марте 1907 г. // Бюл. вулканол. станции. 1941. № 10. С. 23–29.
- Пилипенко Г.Ф., Разина А.А., Фазлуллин С.М. Гидротермы кальдеры вулкана Ксудач // Вулканология и сейсмология. 2001. № 6. С. 43–57.
- Разжигайева Н.Г., Ганзей Л.А. Обстановки осадконакопления островных территорий в плейстоцен-голоцене. Владивосток: Дальнаука, 2006. 247 с.
- Румянцев В.А., Дробкова В.Г., Измайлова А.В. Озера азиатской части России. СПб.: Свое изд-во, 2017. 480 с.
- Рянжин С.В., Ульянова Т.Ю. Географическая информационная система “Озера мира” – GIS WORD-LAKE // ДАН. 2000. Т. 370. № 4. С. 542–545.
- Свирид И.Ю., Шевченко А.В., Двигало В.Н. Исследования активности вулкана Малый Семьячик (Камчатка) по морфодинамическим параметрам кратера Троицкого // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2013. Т. 22. № 2. С. 129–143.
- Таран Ю.А., Вакин Е.А., Пилипенко Г.Ф., Рожков А.М. Геохимические исследования в кратере вулкана Мутновский (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 1991. № 5. С. 37–55.
- Brown G., Rymer H., Dowden J., Kapadia P., Stevenson D., Barquero J., Morales L.D. Energy budget analysis for Poas volcanic lake: implications for predicting volcanic activity // Nature. 1989. Vol. 339. P. 470–472.
- Casadevall T.J., de la Cruz-Reyna S., Rose W.I. Jr., Bagley S., Finnegan D.L., Zoller W.H. Crater lake and post-eruption hydrothermal activity, El Chichon volcano, Mexico // J. of Volcanol. and Geotherm. Res. 1984. Vol. 23. P. 169–191.
- Chistenson B., Németh K., Rouwet D., Tassi F., Vandemeulebrouck J., Varekamp J. Volcanic lakes / Volcanic lakes. Berlin: Springer, 2015. P. 1–20.
- Delmelle P., Bernard A. Geochemistry, mineralogy and chemical modeling of the acid volcanic lake of Kawahidjen volcano, Indonesia // Geochimica et Cosmochimica Acta. 1994. Vol. 58. P. 2445–2460.
- Fazlullin S.M., Ushakov S.V., Shuvalov R.A., Aoki M., Nikolaeva A.G., Lupikina E.G. The 1996 subaqueous eruption at Academii Nauk volcano (Kamchatka) and its effects on Karymsky lake // J. Volcanol. and Geotherm. Res. 2000. Vol. 97. № 1–4. P. 181–193.
- Gavrilenko G.M. Poor-known data for the Mutnovsky volcano crater lakes, Kamchatka // Abstracts. Chapman Conf.: Crater Lakes, Terrestrial Degassing and Hyperacid Fluids in the Environment. Crater Lake, Oregon, 1996. P. 34.
- Giggenbach W.F. The chemistry of crater lake, Mt. Ruapehu (New Zealand) during and after the 1971 active period // New Zealand J. Sci. 1974. Vol. 17. P. 33–45.
- Kharchenko S.V., Kozlov D.N., Lebedeva E.V. Hypsobathymetric models of caldera complex Ksudach (Kamchatka) // IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2020. Vol. 459. № 1. 022066.
- Larson G.L. Geographical distribution, morphology and water quality of caldera lakes: a review // Hydrobiologia. 1989. Vol. 171. P. 23–32.
- Manville V. Volcano-hydrologic hazards from volcanic lakes / Volcanic lakes. Berlin: Springer, 2015. P. 21–72.
- Melnikov D.V., Gavrilenko G.M., Ovsinnikov A.A. Conditions of the thermal acid lake of the active crater of Gorely volcano (Kamchatka, Russia) as a medium-term precursors of its next eruption // IAVCEI. General Assembly 2008. Reykjavik, Iceland. P. 90.
- Meybeck M. Global distribution of lakes / Physics and Chemistry of Lakes / Lerman A., Imboden D., Gat J. (Eds.). Berlin: Springer, 1995. P. 1–36.

- Morgan A., Shanks III W.C., Pierce K.L., Lovalvo D.A., Lee G.K., Webring M.W., Stephenson W.J., Johnson S.Y., Harlan S.S., Schulze B., Finn C.A. The floor of Yellowstone Lake is anything but quiet! New discoveries in Lake Mapping // *Yellowstone Sci.* 2003. Vol. 11. № 2. P. 15–30.
- Pasternack G.B., Varekamp J.C. Volcanic lake systematic. P. I. Physical constraints // *Bull. of volcanol.* 1997. Vol. 58. P. 528–538.
- Ponomareva V.V., Melekestsev I.V., Dirksen O.V. Sector collapses and large landslides on Late Pleistocene–Holocene volcanoes in Kamchatka, Russia // *J. Volcanol. and Geotherm. Res.* 2006. Vol. 158. P. 117–138.
- Takano B., Fazlullin S. Preliminary investigation of Maly Semyachik volcano, Kamchatka // *IWGCL Nesletter.* 1994. № 7. P. 3–7.
- Taran Yu., Kalacheva E., Dvigalo V., Melnikov D., Voloshina E. Evolution of the crater lake of Maly Semiachik volcano, Kamchatka (1965–2020) // *J. Volcanol. and Geotherm. Res.* 2021. Vol. 418. 107351.
- Volcanic lakes / Rouwet D., et al. (Eds.). Berlin: Springer, 2015. 526 p.

## Crater and Caldera Lakes of Far East of Russia: Morphology of Basins and Dynamic of Development

D. N. Kozlov<sup>1, \*</sup> and E. V. Lebedeva<sup>2, \*\*</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

<sup>2</sup>*Institute of Geography RAS, Moscow, Russia*

\*e-mail: kozlovdn@bk.ru

\*\*e-mail: ekaterina.lebedeva@gmail.com

Based on the results of a set of field and cameral work data on the structural features of the basins and the dynamics of development of 15 crater and caldera lakes in the Kuril-Kamchatka region were obtained and analyzed. Their main morphometric characteristics were calculated. It was found that the group of caldera lakes is less homogeneous in all morphometric parameters. It was revealed that the basins of water bodies of the same genetic type on the Kuril Islands and Kamchatka are similar in shape and depth, but the absolute heights of Kamchatka water bodies are generally higher than those of the Kuril ones, however, as is often the size of the basins. The study of 10 lakes using the modern digital echolocation survey technique made it possible to reveal the specific features of the morphology of the basins of each of the groups. It was found that the basins of a number of caldera lakes in the region are complicated by explosive funnels, extrusive or effusive domes with traces of hydrothermal activity; their parameters were identified. An important distinguishing feature of many volcanic lakes is the possibility of rapid changes in their main characteristics (shape, volume, temperature, chemical composition of water, etc.) over a wide range, which is due to the peculiarities of the functioning of nearby volcanic centers. According to these parameters, volcanic lakes can be divided into: 1) very dynamic young lakes located in the craters of active volcanoes or active calderas in their immediate vicinity; 2) more stable, relict water bodies in the calderas of dormant or extinct volcanoes. The results of repeated observations after several decades made it possible to calculate the approximate rates of change in the levels of some lakes. It was found that the rate of fluctuations in the levels of caldera lakes is generally lower than that of crater lakes. The rate of growth of the underwater dome, discovered by the authors in 2016 in Lake Shtyubel (Ksudach caldera, Kamchatka), was determined.

*Keywords:* volcanic lakes, explosive funnel, underwater dome, echolocation survey, volcanic activity, gas hydrotherms, Kamchatka, Kuril Islands

### REFERENCES

- Arakel'yants A.D., Tkachenko O.V. Hydrological characteristics of Lake Kronotskoye (Kamchatka) at the beginning of the XXI century. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2012, no. 6, pp. 77–83. (In Russ.).
- Bondarenko V.I. Seismo-acoustic studies of the Kurile lake. *Vulkanol. Seismol.*, 1990, no. 4, pp. 92–111. (In Russ.).
- Braitseva O.A., Kraevaya T.S., Sheimovich V.S. About the origin of the Kurile Lake and the pumice of this region. *Vopr. Geogr. Kamchatki*, 1965, no. 3, pp. 49–57. (In Russ.).
- Brown G., Rymer H., Dowden J., Kapadia P., Stevenson D., Barquero J., Morales L.D. Energy budget analysis for Poas volcanic lake: implications for predicting volcanic activity. *Nature*, 1989, vol. 339, pp. 470–472.
- Casadevall T.J., de la Cruz-Reyna S., Rose W.I., Jr., Bagley S., Finnegan D.L., Zoller W.H. Crater lake and post-eruption hydrothermal activity, El Chichon volcano, Mexico. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 1984, vol. 23, pp. 169–191.
- Chistenson B., Németh K., Rouwet D., Tassi F., Vandemeulebrouk J., Varekamp J. Volcanic Lakes. In *Volcanic Lakes*. Berlin: Springer, 2015, pp. 1–20.
- Demelle P., Bernard A. Geochemistry mineralogy and chemical modeling of the acid volcanic lake of Kawahidjen volcano, Indonesia. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1994, vol. 58, pp. 2445–2460.

- Fazlullin S.M., Ushakov S.V., Shuvalov R.A., Aoki M., Nikolaeva A.G., Lupikina E.G. The 1996 subaqueous eruption at Akademii Nauk volcano (Kamchatka) and its effects on Karymsky lake. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 2000, vol. 97, no. 1–4, pp. 181–193.
- Gavrilenko G.M. Hydrological model of the crater lake of the Maly Semyachik volcano (Kamchatka). *Vulkanol. Seismol.*, 2000, no. 6, pp. 1–11. (In Russ.).
- Gavrilenko G.M. Poor-known data for the Mutnovsky volcano crater lakes, Kamchatka. In *Abstracts. Chapman Conf.: Crater Lakes, Terrestrial Degassing and Hyper-acid Fluids in the Environment*. Oregon, 1996. 36 p.
- Gavrilenko G.M., Gavrilenko P.G. Temporary crater lakes on Mutnovsky volcano (Kamchatka): causes of their appearance and disappearance. *Vestn. KRAUNTS, Nauki o Zemle*, 2003, no. 2, pp. 118–121. (In Russ.).
- Gavrilenko G.M., Mel'nikov D.V., Ovsyannikov A.A. The present state of thermal lake within the Gorely volcano crater (Kamchatka). In *Materialy konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu ekspeditsii Ryabushinskogo* [Materials of the Conf. on Centenary of the Ryabushinsky Expedition]. Petropavlovsk-Kamchatsky: IVIS DVO RAN, 2009, pp. 86–95. (In Russ.).
- Giggenbach W.F. The chemistry of crater lake, Mt. Ruapehu (New Zealand) during and after the 1971 active period. *NZJ. Sci.*, 1974, vol. 17, pp. 33–45.
- Gorshkov G.S. The Zavaritsky caldera. *Byull. Vulkanol. Stantsii*, 1967, no. 30, pp. 31–49. (In Russ.).
- Kell N.G. *Karta vulkanov Kamchatki* [Map of the Volcanoes of Kamchatka]. Map, (2 sheets, scale 1:750 000), Explanatory Text and Illustrations. Leningrad: Russ. Geogr. O-vo, 1928.
- Kharchenko S.V., Kozlov D.N., Lebedeva E.V. Hypsometric models of caldera complex Ksudach (Kamchatka). *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 2020, vol. 459, no. 1, 022066.
- Korsunskaya G.V. Volcanoes of Simushir Island. *Byull. Vulkanol. Stantsii*, 1958, no. 24, pp. 61–65. (In Russ.).
- Kozlov D.N. Degterev A.V., Rybin A.V., Koroteev I.G., Klimantsov I.M., Chaplygin O.V., Chaplygin I.V. First results of bathymetric survey of the Kol'tsevoye volcanic lake (Onekotan Is., Northern Kuril Islands). *Vestn. KRAUNTS, Nauki o Zemle*, 2017, vol. 33, no. 1, pp. 89–95. (In Russ.).
- Kozlov D.N. *Kraternye ozera Kuril'skih ostrovov* [Crater lakes of the Kurile Islands]. Yuzhno-Sakhalinsk: Obl. Kraevedcheskii Muzei, DVO RAN, 2015. 112 p.
- Kozlov D.N. Morphology of Krasivoye crater lake. *Vestn. KRAUNTS, Nauki o Zemle*, 2016, vol. 31, no. 3, pp. 65–71. (In Russ.).
- Kozlov D.N., Belousov A.B. The up-to-date methods of intra-caldera lake studies (with special reference of Golovnin volcano, Kunashir Island, the Kuril Islands). In *Materialy 13 soveshchaniya geografov Sibiri i Dal'nego Vostoka* [Proc. 13<sup>th</sup> Conf. Geogr. of Siberia and Far East]. Irkutsk: Inst. Geogr. SO RAN, 2007, vol. 1, pp. 142–144. (In Russ.).
- Kozlov D.N., Lebedeva E.V. Volcanic lakes of Ksudach caldera (Kamchatka) and the recent shore processes. In *36 Plenum Geomorfologicheskoi komissii RAN* [Proc. 36<sup>th</sup> Plenary Meeting of Geomorphological Commission]. Barnaul: Altai. Gos. Univ., 2018, pp. 186–192. (In Russ.).
- Kozlov D.N., Lebedeva E.V., Zharkov R.V. Basins of Klyuchevoye and Shtyubel volcanic lakes (Ksudach caldera, Kamchatka). *Geogr. Prir. Resur.*, 2019, no. 4, pp. 153–164. (In Russ.).
- Kozlov D.N., Zharkov R.V. New data on the morphology of intra-caldera lakes on Kunashir and Simushir islands. *Vestn. KRAUNTS, Nauki o Zemle*, 2009, vol. 14, no. 2, pp. 159–164. (In Russ.).
- Larson G.L. Geographical distribution, morphology and water quality of caldera lakes: A review. *Hydrobiologia*, 1989, vol. 171, pp. 23–32.
- Lebedeva E.V. Caldera of the volcano Ksudach: modern relief formation processes and specific features of the river network. *Geomorfologiya*, 2017a, no. 3, pp. 60–75. (In Russ.).
- Lebedeva E.V. Lakes of the Ksudach caldera complex (Kamchatka): Coastal processes and the level fluctuations. *Geomorfologiya*, 2017b, no. 4, pp. 35–49. (In Russ.).
- Manville V. Volcano-hydrologic hazards from volcanic lakes. In *Volcanic Lakes*. Berlin: Springer, 2015, pp. 21–72.
- Marenina T.Yu. Essay on geology and petrography of Mutnovsky volcano. *Tr. Laboratorii Vulkanologii*, 1956, vol. 12, pp. 3–52. (In Russ.).
- Markhinin E.K. Eruption of Zavaritsky volcano, Simushir Island, autumn 1957. *Byull. Vulkanol. Stantsii*, 1960, no. 29, pp. 7–15. (In Russ.).
- Melekestsev I.V., Braitseva O.A., Ponomareva V.V., Sulerzhitskii L.D. Catastrophic caldera-forming eruptions of Ksudach volcano during the Holocene. *Vulkanol. Seismol.*, 1995, nos. 4–5, pp. 28–53. (In Russ.).
- Melnikov D.V., Gavrilenko G.M., Ovsyannikov A.A. Conditions of the thermal acid lake of the active crater of Gorely volcano (Kamchatka, Russia) as a medium-term precursors of its next eruption. In *IAVCEI. General Assembly*. Reykjavik, Iceland, 2008, pp. 90.
- Meybeck M. Global distribution of lakes. In *Physics and Chemistry of Lakes*. Lerman A., Imboden D., Gat J., Eds. Berlin: Springer, 1995, pp. 1–36.
- Morgan A., Shanks III W.C., Pierce K.L., Loyalvo D.A., Lee G.K., Webring M.W., Stephenson W.J., Johnson S.Y., Harlan S.S., Schulze B., Finn C.A. The floor of Yellowstone Lake is anything but quiet! New discoveries in Lake Mapping. *Yellowstone Sci.*, 2003, vol. 11, no. 2, pp. 15–30.
- Murav'ev Ya.D., Fedotov S.A., Budnikov V.A., Ozerov A.Yu., Magus'kin M.A., Dvigalo V.N., Andreev V.I., Ivanov V.V., Kartasheva L.A., Markov I.A. Activity in the Karymsky Center in 1996: Summit eruption at Karymsky and phreatomagmatic eruption in the Akademii Nauk. *Vulkanol. Seismol.*, 1997, no. 5, pp. 38–71. (In Russ.).
- Nikolaeva A.G., Karpov G.A., Lupikina E.G., Ushakov S.V. Changes in the salt composition in water of thermal springs and of Karymsky lake after 1996 eruption. In *Materialy konferentsii, posvyashchennoi Dnyu vulkanologa* [Materials of the Annual Conference on the Volcanologist' Day]. Petropavlovsk-Kamchatskii: IVIS DVO RAN, 2005, pp. 37–47. (In Russ.).
- Noveishii i sovremennyi vulkanizm na territorii Rossii* [The Newest and Modern Volcanism on the Territory of

- Russia]. Laverov N.P., Ed. Moscow: Nauka Publ., 2005. 604 p.
- Pasternack G.B., Varekamp J.C. Volcanic lake systematic. P. 1. Physical constraints. *Bull. Volcanol.*, 1997, vol. 58, pp. 528–538.
- Piip B.I. On the strength of the Ksudach volcano eruption in March 1907. *Byull. Vulkanol. Stantsii*, 1941, no. 10, pp. 23–29. (In Russ.).
- Pilipenko G.F., Razina A.A., Fazlullin S.M. Hydroterms of Ksudach caldera. *Vulkanol. Seismol.*, 2001, no. 6, pp. 43–57. (In Russ.).
- Ponomareva V.V., Melekestsev I.V., Dirksen O.V. Sector collapses and large landslides on Late Pleistocene–Holocene volcanoes in Kamchatka, Russia. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 2006, vol. 158, pp. 117–138.
- Razzhigaeva N.G., Ganzei L.A. *Obstanovki osadkonakopleniya ostrovnykh territorii v pleistotsen-golotsene* [Sedimentation Conditions of Island Territories in the Pleistocene-Holocene]. Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2006. 247 p.
- Rumyantsev V.A., Drabkova V.G., Izmailova A.V. *Ozera asiatskoi chasti Rossii* [Lakes of the Asian Part of Russia]. St. Petersburg: Svoe Izd-vo Publ., 2017. 480 p.
- Ryanzhin S.V., Ul'yanova T.Yu. Geographical information system “World Lakes” (GIS WORLDLAKE). *Dokl. Akad. Nauk*, 2000, vol. 370, no. 4, pp. 542–545. (In Russ.).
- Svirid I.Yu., Shevchenko A.V., Dvigalo V.N. Study of the activity of the Maly Semyachik volcano (Kamchatka) by the morphodynamic parameters of the Troitsky crater. *Vestn. KRAUNTS, Nauki o Zemle*, 2013, vol. 22, no. 2, pp. 129–143. (In Russ.).
- Takano B., Fazlullin S. Preliminary investigation of Maly Semyachik volcano, Kamchatka. *IWGCL Newsletter*, 1994, no. 7, pp. 3–7.
- Taran Yu., Kalacheva E., Dvigalo V., Melnikov D., Voloshina E. Evolution of the crater lake of Maly Semyachik volcano, Kamchatka (1965–2020). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 2021, vol. 418, 107351.
- Taran Yu.A., Vakin E.A., Pilipenko G.F., Rozhkov A.M. Geochemical research in the crater of Mutnovsky volcano (Kamchatka). *Vulkanol. Seismol.*, 1991, no. 5, pp. 37–55. (In Russ.).
- Volcanic Lakes*. Rouwet D. et al., Eds. Berlin: Springer, 2015. 526 p.
- Zelenov K.K., Kanakina M.A. Biruzovoe lake (Zavaritsky caldera) and changes in the chemistry of its waters as a result of the 1957 eruption. *Byull. Vulkanol. Stantsii*, 1962, no. 32, pp. 33–44. (In Russ.).
- Zharkov R.V. *Termal'nye istochniki Yuzhnykh Kuril'skikh ostrovov* [Thermal Springs of the South Kuril Islands]. Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2014. 378 p.
- Zharkov R.V. Types of thermal waters of the Southern Kurils and northern Sakhalin and their impact on landscapes. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Khabarovsk: IVEP RAS, 2008. 26 p.

## ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА (ПО МНОГОЛЕТНИМ ДАНЫМ ФАЛЕНСКОЙ СЕЛЕКЦИОННОЙ СТАНЦИИ, КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2022 г. О. Э. Суховеева<sup>а</sup>, \*, И. В. Лыскова<sup>б</sup>, Т. В. Лыскова<sup>б</sup>

<sup>а</sup>Институт географии РАН, Москва, Россия

<sup>б</sup>Федеральный аграрный научный центр им. Н.В. Рудницкого, Киров, Россия

\*e-mail: olgasukhoveeva@gmail.com

Поступила в редакцию 17.06.2021 г.

После доработки 04.09.2021 г.

Принята к публикации 15.12.2021 г.

По результатам длительного полевого опыта Фаленской селекционной станции (Кировская область) с внесением удобрений, заложенного в 1971 г., оценено влияние температуры воздуха и колебания количества осадков на урожайность и содержание белка в зерне яровой пшеницы. В Кировской области, лежащей на северной границе зоны земледелия в зоне избыточного увлажнения, за 1971–2020 гг. температура воздуха росла со скоростью 0.39°C/10 лет, менее интенсивно по сравнению с другими регионами страны. Несмотря на прерывистый ряд данных по урожайности, при оценке влияния на нее погодных условий вегетационного периода отмечены положительные корреляции урожайности с количеством осадков в июне и отрицательные – с температурой воздуха в этот месяц. По результатам регрессионного анализа климатические условия обуславливали 49–74% дисперсии урожайности. Известкование дерново-подзолистых почв и внесение удобрений позволяли не только повысить продуктивность культуры на 30–50%, но и снизить дисперсию параметров, обусловленную колебаниями погодных условий, на 7–10%. Содержание сырого протеина в зерне также в большей степени определялось внесением удобрений, при этом на него отрицательно влияли как повышение температуры, так и увеличение количества осадков в период созревания. Подтверждается ведущая роль антропогенных факторов (известкования, внесения удобрений) в поддержании урожайности и сохранении качества зерна на фоне современного потепления климата в северных регионах.

*Ключевые слова:* агроклиматические ресурсы, биоклиматический потенциал, дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы, корреляционно-регрессионный анализ, сырой протеин, фосфорные удобрения, яровая пшеница

DOI: 10.31857/S2587556622020108

### ВВЕДЕНИЕ

Известно, что изменения урожайности по всему миру вызваны вариабельностью агроклиматического потенциала, технологиями возделывания культур, а также метеорологическими условиями (Cabas et al., 2010). На сегодняшний день большинство ученых сходятся во мнении, что происходящие климатические изменения будут отрицательно влиять на продуктивность сельскохозяйственных культур. Ожидается сокращение урожайности основных зерновых культур на 25–44% по сценарию медленного потепления и на 60–79% по сценарию быстрого потепления (Schlenker and Roberts, 2006). Вместе со снижением средней урожайности многократно увеличива-

ется риск возникновения неурожаев (Якушев, 2009).

Хотя некоторые авторы утверждают, что в северных регионах России низкие температуры являются фактором, лимитирующим развитие растений, поэтому изменение климата и повышение температуры, весьма вероятно, приведет к усилению фотосинтеза и увеличению растительной биомассы (Анисимов и др., 2011). В связи с этим ожидается, что зоны земледелия будут смещаться на север, где рост температур будет благоприятствовать развитию растениеводства на фоне достаточного увлажнения. А увеличение посевных площадей и, соответственно, валовых сборов зерна там, где ожидается рост урожайности зерновых, сможет перекрыть отрицательный эффект влияния

**Таблица 1.** Оценка урожайности сельскохозяйственных культур в полевом опыте Фаленской селекционной станции

Источник данных	Средняя урожайность в полевом опыте Фаленской селекционной станции		Данные Росстата по Кировской области (2000–2020 гг., период с данными в открытом доступе)		
	за весь период наблюдений (1971–2020 гг.), т/га	за сопоставимый период (2000–2020 гг.), т/га	средняя урожайность, т/га	площадь, тыс. га	доля в общей посевной площади, %
Овес	3.30 ± 0.65	3.20 ± 1.11	1.73 ± 0.39	72.58	6.97
Озимая рожь	4.21 ± 1.22	4.71 ± 1.02	1.59 ± 0.35	106.06	10.18
Яровая пшеница	2.14 ± 0.86	2.36 ± 1.01	1.52 ± 0.33	104.91	10.07
Ячмень	3.04 ± 0.61	Не возделывался	1.86 ± 0.34	105.21	10.10
Клевер	11.11 ± 8.75	15.97 ± 11.24	Не выделяется отдельно	518.19 (для многолетних трав)	49.74 (для многолетних трав)

климатических изменений на зерновое хозяйство в целом (Павлова, 2013). Скорее всего, это будет реализовано за счет переноса посевов фуражного зерна за пределы зоны рискованного земледелия (Катцов, 2011).

И все-таки, как климатические изменения будут влиять на сельское хозяйство в северных регионах? Ответить на вопросы, касающиеся оценки влияния агроклиматических параметров на урожайность культур, позволяют длительные полевые опыты. На сегодняшний день старейшим в мире из них является Ротамстед<sup>1</sup>, заложенный еще в 1843 г. В России поддерживается 77 полевых опытов, из них 42 длительностью более 50 лет<sup>2</sup>.

Базой для проведения настоящего исследования послужила Фаленская селекционная станция – филиал Федерального аграрного научного центра Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого – одно из старейших научных учреждений России, которая в 2020 г. отметила свое 125-летие. Она находится в восточном районе центральной агроклиматической зоны Кировской области – в Волго-Вятском экономическом районе, в северо-восточной части Европейской территории России. Профессор А.И. Калинин заложил на селекционной станции в 1971 г. многолетний полевой опыт, в котором оценивается влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна (Калинин, 2004). Основное назначение станции – создание новых сортов озимой ржи, овса, гороха, льна-долгунца, клевера и картофеля с высоким потенциалом продуктивности, адаптированных к условиям се-

веро-востока Нечерноземной зоны России. В длительном полевом опыте Фаленской селекционной станции представлены все основные культуры региона, а их урожайность выше, чем в среднем по области (табл. 1).

Пример интересен тем, что Кировская область расположена практически на северной границе зоны земледелия, которая на европейской территории России проходит примерно по 60° с.ш. Регион лежит в области холодного (континентального) типа климата *Dfb* по классификации Кеппена, с теплым летом без выраженного сухого сезона. Это зона рискованного земледелия, что многократно повышает важность климатических условий для сельского хозяйства.

Данное исследование является продолжением анализа влияния локального изменения климата на продуктивность яровых зерновых культур (Лыскова и др., 2021). Его цель – оценить воздействие климатических изменений и вносимых удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в полевом опыте на северной границе зоны земледелия.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

**Полевой опыт Фаленской селекционной станции.** Исследования проведены в условиях длительного полевого стационарного опыта.

Станция и прилегающие к ней земли находятся на всхолмленной увалистой повышенной равнине, рассеянной долинами рек, входящих в систему бассейна р. Вятки. Преобладающими элементами рельефа являются склоны, обычно небольшой крутизны (3°–5°), хорошо выражен микрорельеф в виде замкнутых округлых или вытянутых небольших по размеру понижений – “протяжин”, резко выделяющихся на пахотных угодьях своей темной окраской. Грунтовые воды на основной территории равнины расположены

<sup>1</sup> Rothamsted research: guide to the classical and other long-term experiments, datasets and sample archive. Harpenden: Premier Printers Ltd., 2006. 53 p.

<sup>2</sup> Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации. М.: ВНИИ агрохимии, 2012. <http://www.geoset.ru/ishop/sort/1> (дата обращения 21.08.2021).

**Таблица 2.** Климатические условия в восточном районе центральной агроклиматической зоны Кировской области (по данным метеостанции Фаленки за 1971–2020 гг.)

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Температура воздуха, °С	–13.2	–11.9	–5.1	2.9	11.0	15.8	18.1	15.1	9.4	2.1	–5.2	–10.5	2.4
Осадки, мм	44.7	30.1	38.4	37.7	44.8	69.5	74.4	67.9	59.7	68.7	54.2	47.1	637.4

глубоко (10–20 м) и влияния на почвообразование не оказывают. Преобладающим элементом ландшафта являются полевые угодья.

Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, сформированная на покровных суглинках. Агрохимическая характеристика почвы перед закладкой опыта (1971 г.):  $pH_{KCl}$  4.2–4.5; гидролитическая кислотность 5.4–6.7 мг-экв./100 г; содержание подвижных элементов 71–73 мг Р/кг почвы и 90–116 мг К/кг почвы, гумуса 2.7%. Опыт проводится в зерно-паро-травяном севообороте, в который входят такие культуры как озимая рожь по чистому пару, яровая пшеница с подсевом клевера, клевер луговой 1-го и 2-го года пользования, овес (до 1992 г. возделывали ячмень).

В опыте изучается эффективность азотных (90 кг N/га) и возрастающих доз фосфорных удобрений в количестве 50, 100, 150 и 200 кг Р/га (варианты NP1K, NP2K, NP3K и NP4K соответственно) при внесении калийных удобрений (90 кг К/га) на известкованном ( $pH$  5.4–6.4) и неизвесткованном ( $pH$  3.8) фоне. Удобрения в виде аммиачной селитры (34%), суперфосфата (19.5–45.0%) и калия хлористого (60%) вносятся весной перед культивацией (вручную). Известь в дозе по гидролитической кислотности внесена в 1971, 1979, 1987, 2009 гг. в форме доломитовой муки.

В зерне определяли общий азот по методу Кьельдаля в модификации Сереньева, пересчитывали на сырой протеин, используя коэффициент 5.7.

Для проведения статистического анализа была выбрана яровая пшеница, поскольку продолжительность ряда данных для этой культуры наибольшая и составляет 12 лет (тогда как остальные культуры выращивались в опыте лишь 4–7 лет): она возделывалась на участке в 1971–1975, 2003–2004, 2007, 2010, 2013, 2017, 2020 гг.

Использовались корреляционный, регрессионный и дисперсионный анализы.

**Климатические условия.** Для исследования использовали данные за 1971–2020 гг. метеостанции Фаленки (58.3° с.ш., 51.6° в.д., 178 м над ур. м.), расположенной на расстоянии 3 км от полевого опыта. Были рассчитаны основные агроклиматические параметры тепло- (сумма активных температур) и влагообеспеченности вегетационного периода (гидротермический коэффициент Селянинова, индекс сухости Будыко, коэффициент увлажнения Сапожниковой).

Был определен биоклиматический потенциал (БКП), сочетающий оценки ресурсов тепла, влаги и минерального питания, – балльная оценка степени доступности для растений питательных веществ, находящихся в почвенном растворе на конкретной территории:

$$БКП = K_p \frac{\sum T_{\text{среднесут} > 10^{\circ}\text{C}}}{\sum T_{\text{базис}}}$$

$K_p$  – коэффициент биологической продуктивности климата, зависящий от влагообеспеченности, чаще всего используется коэффициент увлажнения Сапожниковой,  $T_{\text{базис}}$  – базисная сумма среднесуточных температур воздуха за период активной вегетации (величина, относительно которой осуществляется сравнительная оценка). В качестве базисных могут быть взяты: 1000°С – для сравнения с продуктивностью на границе возможного массового полевого земледелия, 1900°С – для сравнения со средней по стране продуктивностью, свойственной южно-таежно-лесной зоне, 3100°С – для сравнения с продуктивностью в оптимальных условиях роста, характерных для предгорных лесостепных районов Краснодарского края (Ермакова и др., 2010).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Агроклиматические условия.** В восточном районе центральной агроклиматической зоны Кировской области среднегодовая температура за 1971–2020 гг. равна  $2.4 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ , интенсивность ее роста составила  $0.39^{\circ}\text{C}/10$  лет (рис. 1). Это, безусловно, ниже, чем на всей Европейской территории России ( $0.53^{\circ}\text{C}/10$  лет) и в среднем по стране ( $0.43^{\circ}\text{C}/10$  лет) по данным Росгидромета<sup>3</sup>. Среднегодовое количество осадков составляет  $637 \pm 87$  мм (табл. 2). Другие исследователи подтверждают тренд увеличения температуры в центральной климатической зоне Кировской области и уменьшение количества осадков в вегетационный период (Щенникова, 2014).

Сумма активных температур за период 1971–2020 гг. равна  $1800 \pm 144^{\circ}\text{C}$ . Интересно отметить, что по этому признаку область лежит в прохладном подпоясе среднеранних культур, ограничен-

<sup>3</sup> WMO, Roshydromet. 2014. <https://public.wmo.int/en/media/news-from-members/second-roshydromet-assessment-report-climate-change-and-its-consequences>

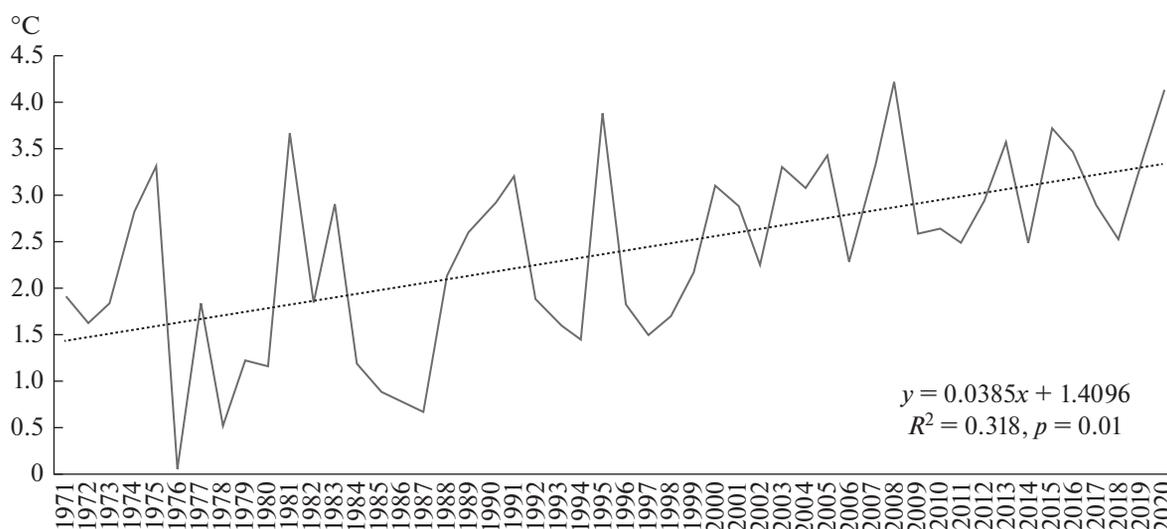


Рис. 1. Динамика среднегодовой температуры воздуха в восточном районе центральной агроклиматической зоны Кировской области за 1971–2020 гг. (по данным метеостанции Фаленки), °С.

ном изотермами 1600–2200°С и входящем в умеренный земледельческий пояс по классификации Сапожниковой (1977).

Значения гидротермического коэффициента Селянинова  $1.44 \pm 0.45$ , коэффициента увлажнения Сапожниковой  $1.28 \pm 0.25$ , индекса сухости Будыко  $0.63 \pm 0.11$  говорят о достаточном и в некоторые годы избыточном увлажнении региона. Показатели влагообеспеченности относительно стабильны: коэффициенты вариации составляют 13.6% для годовой суммы осадков и 18.2, 31.2, 19.6% для обозначенных коэффициентов увлажнения, что соответствует низкой и средней вариабельности.

БКП – функция различных климатических факторов, включающая температурные условия, увлажнение и тип почвы, которые определяют возможную биологическую продуктивность. В Фаленском районе БКП равен 1.21. Это ниже среднего (1.9) и соответствует низкой биологической продуктивности (Сиротенко, Павлова, 2010).

**Почвенные условия.** Величина и скорость изменения агрохимических свойств почвы под действием удобрений зависит от целого ряда факторов: климатических условий, химического состава материнской породы и ее толщи, буферности почвы.

По результатам агрохимических анализов, внесение извести по полной величине гидролитической кислотности обеспечило поддержание показателя  $pH_{KCl}$  на уровне 6.39–6.70 (в образцах почвы, взятых через год после известкования). Тогда как на фоне без извести к 2020 г. наблюдалась стабилизация кислотности без существенной разницы по вариантам опыта (табл. 3). Снижение показателя  $pH$  на фоне без извести к 2020 г.

относительно 1972 г. составило в среднем 0.012 единицы в год, тогда как при известковании оно было более интенсивным – на 0.110 единицы ежегодно. Гидролитическая кислотность ниже (7.26 мг-экв./100 г) в варианте без удобрений, чем в вариантах с внесением удобрений (7.67–8.24 мг-экв./100 г) на фоне без извести. Обменная кислотность под действием известкования снизилась с 1.43–1.76 до 0.03–0.05 мг-экв./100 г почвы.

Внесение  $N_{90}P_{50}K_{90}$  (вариант NP1K) обеспечивало поддержание подвижного фосфора на уровне не менее 100 мг/кг почвы (с учетом его выноса сельскохозяйственными культурами 2.11–3.71 т/га). В почве других вариантов опыта обеспеченность по элементу была высокая и очень высокая на обоих фонах, а также сохранилась разница по содержанию подвижного фосфора с учетом ранее внесенного. Надо отметить, что покровные суглинки региона содержат преимущественно фосфаты кальция, которые доминируют над фосфатами железа и алюминия. Содержание подвижных фосфатов в материнской породе составляет около 80 мг/кг почвы (Калинин, 2004).

Обеспеченность почвы подвижным калием после внесения в дозе 90 кг/га д.в. (ежегодно) повышенная и высокая на обоих фонах. Благодаря тому, что калий закрепляется в почве в доступной для растений форме, он хорошо ими используется. Существенно ниже содержание подвижного калия в тех вариантах, где его не вносили.

Содержания гумуса в почве осталось на уровне исходных данных (см. табл. 3), при этом в варианте без удобрений снижение составило 14.7%, на произвесткованном фоне отмечено его увеличение на 7.4%.

**Таблица 3.** Динамическая характеристика агрохимических свойств пахотного слоя дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в длительном полевом опыте Фаленской селекционной станции

Фон*	Вариант	pH <sub>KCl</sub>				Гидролитическая кислотность Нг, мг-экв./100 г почвы				Содержание подвижного фосфора P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы				Содержание подвижного калия K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы				Гумус, %
		Год																
		1972	1988	2010	2020	1972	1988	2010	2020	1975	2007	2015	2020	1975	2007	2015	2020	
0	0	4.5	3.88	3.99	3.93	4.51	4.55	6.99	7.01	73	74	88	84	—	188	92	113	2.31
	N90	4.4	3.72	3.93	3.82	5.03	5.03	7.12	7.60	72	79	84	77	117	150	90	112	2.66
	NP1K	4.4	—	3.96	3.72	4.90	4.99	7.53	8.78	156	59	113	120	166	154	139	188	2.99
	NP4K	4.3	—	3.83	3.78	4.50	4.94	7.87	8.11	395	101	285	195	166	196	109	181	2.52
1	0	6.8	6.70	6.39	5.32	1.3	0.96	1.34	2.62	73	71	54	66	117	167	75	111	3.05
	N90	6.6	6.60	6.40	5.26	1.4	1.05	1.09	2.28	71	76	60	89	—	180	101	117	3.05
	NP1K	6.7	—	6.39	5.40	1.3	1.05	1.26	2.87	154	74	122	142	—	182	124	173	3.13
	NP4K	6.6	—	6.48	5.39	1.4	1.34	1.09	2.87	401	122	376	214	166	160	121	162	2.70

Примечание. \* 0 – фон без известии; 1 – фон с внесением известии.

К сожалению, небольшой ряд наблюдений, а также несовпадение лет, когда возделывали пшеницу и проводили почвенные анализы, не дает возможность установить статистические зависимости урожайности от агрохимических параметров.

**Влияние изменчивости параметров климата на урожайность.** По результатам корреляционного анализа влияния температуры воздуха и количества осадков по месяцам вегетационного периода (с мая по сентябрь) на урожайность яровой пшеницы были получены следующие результаты (табл. 4). Статистические связи наблюдались только с погодными условиями июня: прямые – с количеством осадков, и обратные – с температурой воздуха, которая выступает лимитирующим фактором. Зависимость урожайности от сумм активных температур, гидротермического коэффициента, а также температуры воздуха и количества осадков за год статистически не подтверждена. Кроме того, условия зимы также не оказывали влияния на продуктивность культуры в опыте.

По результатам регрессионного анализа (табл. 5), гидротермические условия (температура воздуха и количество осадков в июне) – объясняли 49–74% дисперсии урожайности яровой пшеницы. Это достаточно высокая величина, поскольку обычно для зерновых культур влияние климатических факторов оценивается в среднем в 37% (Павлова, Варчева, 2017).

Набор выявленных независимых переменных требует особого внимания, поскольку климат становится жарче и суше, а недостаток почвенной влаги, особенно в критические периоды развития влаголюбивых культур, может представлять серьезную угрозу (Cai et al., 2009). Это представля-

ется более важным, поскольку условия увлажнения в июне чаще достаточные ( $ГТК_{VI} = 1.47$ ), а регион, как уже отмечено выше, лежит в области избыточного увлажнения.

Известно, что повышение температуры и колебания количества осадков приводят к снижению продуктивности культур и росту ее вариабельности (Cabas et al., 2010). Урожайность яровой пшеницы в опыте колебалась в широких пределах, что подтверждается высоким коэффициентом вариабельности – 40.1%.

Неудивительно, что увеличение количества осадков способствует росту урожайности. В годы, когда на опытном поле возделывалась яровая пшеница, количество осадков в июне были ниже климатической нормы (69.5 мм): от 4.9 мм в 1973 г. до 64.8 мм в 2004 г.; за 3 года из 12 их сумма превысила норму: от 71.5 мм в 2007 г. и 74.0 мм в 2010 г. до 129.8 мм в 2003 г.

Растения в фазы “кушения”, “выхода в трубку” и “колошения”, которые в Кировской области как раз приходится на июнь, чрезвычайно требовательны к влаге, поскольку в этот период формируются генеративные органы (Щенникова, 2014). Фактически, период “трубкование–колошение” является критическим по влагопотреблению (Пряхина и др., 2008). Ведь снижение влажности почвы резко тормозит идущие интенсивно ростовые процессы и накопление органического вещества, что приводит к падению урожайности (Шайхутдинов и др., 2008). Одновременно засушливая погода в этот период негативно влияет на опыление (Hatfield, Prueger, 2015).

Температура воздуха в июне в годы возделывания пшеницы также чаще всего была ниже климатической нормы (15.8°C): от 13.1°C в 1971 и

**Таблица 4.** Коэффициенты корреляции продуктивности яровой пшеницы с гидротермическими условиями среды в полевом опыте ( $p < 0.05$ ,  $N = 12$ )

Вариант опыта	Показатель	Фон*	Количество осадков		Температура воздуха			ГТК Селянинова
			Месяц					
			VI	VIII	IV	VI	VII	
Без удобрений	Урожайность, т/га	0	0.62	–	–	–0.73	–	–
		1	0.81	–	–	–0.69	–	–
N90	Урожайность, т/га	0	0.71	–	–	–0.73	–	–
		1	0.81	–	–	–0.71	–	–
NP1K	Урожайность, т/га	0	0.60	–	–	–0.64	–	–
		1	0.75	–	–	–0.70	–	–
NP4K	Урожайность, т/га	0	0.66	–	–	–0.72	–	–
		1	0.72	–	–	–0.72	–	–
N90	Содержание сырого протеина, %	0	–	–	0.62	–	–0.60	–
		1	–	–	–	–	–	–
NP1K	Содержание сырого протеина, %	0	–	–0.72	–	–	–	–
		1	–	–	–	–	–	–0.58
NP4K	Содержание сырого протеина, %	0	–	–	–	–	–	–
		1	–	–0.70	–	–	–0.61	–

Примечание. Выборка данных за 1971–1975, 2003–2004, 2007, 2010, 2013, 2017, 2020 гг.; \* 0 – фон без извести; 1 – фон с внесением извести.

**Таблица 5.** Результаты регрессионного анализа зависимости продуктивности яровой пшеницы от климатических условий полевого опыта

Вариант опыта	Фон	Урожайность		Содержание протеина	
		уравнение	$R^2$	уравнение	$R^2$
Без удобрений	0	$Y = 3.864 + 0.006O_6 - 0.180T_6$	0.59	$П = 25.366 + 0.674T_4 - 0.799T_7$	0.57
	1	$Y = 3.143 + 0.018O_6 - 0.153T_6$	0.73	–	–
N90	0	$Y = 4.470 + 0.012O_6 - 0.218T_6$	0.65	–	–
	1	$Y = 3.730 + 0.018O_6 - 0.169T_6$	0.74	–	–
NP1K	0	$Y = 4.976 + 0.011O_6 - 0.231T_6$	0.49	$П = 16.662 - 0.045O_8$	0.52
	1	$Y = 4.403 + 0.015O_6 - 0.192T_6$	0.66	$П = 19.711 - 3.957ГТК$	0.33
NP4K	0	$Y = 5.702 + 0.011O_6 - 0.266T_6$	0.60	–	–
	1	$Y = 5.170 + 0.014O_6 - 0.226T_6$	0.65	$П = 27.588 - 0.038O_8 - 0.577T_7$	0.55

Примечание.  $Y$  – урожайность яровой пшеницы, т/га;  $П$  – содержание сырого протеина в зерне, %;  $O_x$  – количество осадков в соответствующий месяц, мм;  $T_x$  – температура воздуха в соответствующий месяц, °С; 0 – фон без извести; 1 – фон с внесением извести; “–” – нет значимых зависимостей ( $N = 12$ ). Выборка за 1971–1975, 2003–2004, 2007, 2010, 2013, 2017, 2020 гг.

2007 г. до 15.7°С в 1974 г.; и только за три года из 12 она была выше нормы: от 16.6°С в 2010 г. и 17.9°С в 1973 г. до 18.4°С в 2013 г. Обратные связи урожайности с температурой в июне логичны, поскольку при высокой температуре фаза кушения заканчивается быстрее, а побегов образуется меньше (Lorenzo et al., 2015). Так, было рассчита-

но, что при повышении температуры воздуха на каждый 1°С продолжительность периода “кушение–колошение” сокращается на 0.41 дня (Поскребышева, Исмагилов, 2020). В таких случаях пшеница при недостаточной вегетативной массе быстрее выколашивается и теряет урожайность (Исмагилов, Хасанов, 2005).

**Таблица 6.** Урожайность и содержание сырого протеина в зерне яровой пшеницы

Фон	Варианты опыта			
	без удобрений	N90	NP1K	NP4K
Урожайность, т/га				
Без извести	1.41 + 0.32	1.74 + 0.44	1.95 + 0.49	2.27 + 0.57
Известь	1.75 + 0.47	2.07 + 0.48	2.29 + 0.51	2.50 + 0.56
Содержание сырого протеина, %				
Без извести	10.75–12.94	13.74–18.47	13.77–17.73	13.96–18.47
Известь	11.02–12.26	14.10–17.39	13.81–17.56	13.28–18.35

Примечание. Выборка за 1971–1975, 2003–2004, 2007, 2010, 2013, 2017, 2020 гг.

Выраженных трендов для отмеченных предикторов – температуры воздуха и количества осадков в июне, а также для урожайности яровой пшеницы не было выявлено. Таким образом, можно ожидать, что наблюдаемые климатические изменения не будут способствовать росту урожайности культуры, а будут лишь обуславливать ее вариабельность.

**Влияние удобрений на урожайность.** Удобрения признаны одним из основных средств повышения урожайности и качества продукции сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах северо-восточной части Нечерноземья России, которые по своему генезису являются малоплодородными, содержат небольшое количество доступных для растений элементов питания. Доля дерново-подзолистых почв в Кировской области – 82.3% от площади всех пахотных почв, причем примерно  $\frac{3}{4}$  из них – кислые (Молодкин, Бусыгин, 2016).

В связи с этим один из факторов, изучаемых в опыте, – влияние известкования на урожайность. Доказано, что известкование повышает коэффициенты использования N и P из удобрений, а урожай зерна после внесения азотных удобрений увеличивается в 1.5–2.0 раза по сравнению с вариантом без них (Roy et al., 2006). Действительно, на известкованных делянках средняя продуктивность яровой пшеницы составила 1.84 т/га, тогда как при внесении извести она увеличилась до 2.15 т/га.

Применение азотных удобрений (вариант N90) позволяло повысить урожайность пшеницы на 23% на известкованном фоне и на 18% при известковании (табл. 6). Отмечена тенденция к повышению продуктивности с увеличением доз фосфорных удобрений. Существенная разница наблюдалась между контролем (без удобрений) и вариантом NP4K ( $F_{\text{расч}} = 7.16 > F_{\text{табл}} = 4.32, p = 0.01$ ). Однако средние урожайности на контроле и в вариантах NP1K, NP2K, NP3K существенно не отличались друг от друга, что говорит о том, что низкие дозы фосфорных удобрений не оказывают

существенного влияния на урожайность яровой пшеницы.

Важно отметить, что коэффициенты детерминации регрессионных уравнений для вариантов с удобрениями ( $R^2 = 0.49–0.66$ ) чаще всего ниже, чем для вариантов без них ( $R^2 = 0.59–0.73$ ), т.е. внесение удобрений позволяет снизить дисперсию урожайности, обусловленную колебаниями погодных условий, на 7–10%.

Известно, что применение минеральных удобрений увеличивает содержание подвижных макроэлементов (Ларионова и др., 2009). При внесении комплекса питательных веществ (NPK) продуктивность яровой пшеницы на известкованном фоне увеличилась на 38–61%, а на известкованном – на 31–43%. Данные других исследователей также свидетельствуют о том, что применение минеральных удобрений приводит к более стабильной урожайности: коэффициенты вариации составили 61% без удобрений и 27–29% с внесением NPK (Ковшова, 2012).

Как было отмечено ранее, урожайность не только яровой пшеницы, но и других сельскохозяйственных культур в анализируемом полевом опыте была в 1.6–3.0 раз выше, чем в среднем по Кировской области за сопоставимый отрезок времени (2000–2020 гг., см. табл. 1). Это связано с тем, что в производственных условиях по данным Росстата количество вносимых удобрений гораздо ниже – 38.4 кг/г д.в. по сравнению с  $N_{90}P_{50-200}K_{90}$  в опыте. Это доказывает, что при научно обоснованном применении удобрений и средств химизации (в данном случае, извести) на слабо окультуренных дерново-подзолистых почвах можно достичь относительно высокой продуктивности культур.

**Влияние климата и удобрений на качество зерна.** Для большинства возделываемых культур содержание белка в урожае – важнейший показатель его качества (Завалин, 2016). У сортов яровой пшеницы селекции ФАНЦ Северо-Востока, включенных в Госреестр Российской Федерации на 2020 г. и районированных в Волго-Вятском районе, содержание

белка составляет 10–14% (Крупнова, 2013). В некоторые годы белковость зерна в опыте Фаленской селекционной станции превышала эти значения (см. табл. 6).

Специалисты отмечают общую биологическую закономерность, согласно которой с увеличением урожайности содержание белка снижается (Ненайденко, 2018). Отрицательные корреляции между белковостью и продуктивностью связаны, прежде всего, с полигенной природой этого признака (Митрофанова, Хакимова, 2016). В наших исследованиях такая зависимость была отмечена только для вариантов NP1K с известкованием ( $r = -0.82$ ,  $p < 0.05$ ) и NP4K без известкования ( $r = -0.64$ ,  $p < 0.05$ ).

В 4-х вариантах опыта (без удобрений с известкованием, N90 на обоих фонах, NP4K без известкования) не было обнаружено значимых зависимостей накопления белка в зерне от погодных-климатических условий (см. табл. 4). В целом, содержание протеина у яровой пшеницы в Кировской области хуже предсказывается статистическими методами (см. табл. 5): построенных уравнений меньше (4 уравнения для протеина по сравнению с 8 уравнениями для урожайности), а объясняемая дисперсия гораздо ниже (33–57% для протеина и 49–74% для урожайности). Также отметим, что если урожайность во всех вариантах опыта зависела от температуры и осадков в июне, то среди предикторов накопления протеина не наблюдается такого единообразия.

Несмотря на то, что многие исследователи подтверждают преимущественное влияние условий увлажнения на качество зерна, наши данные не подтверждают теорию о большем накоплении азота и, соответственно, белка в зерне пшеницы в засушливые годы (Бакаева, Шулаева, 2005; Фатыхов и др., 2017). Также они опровергают вывод о повышении содержания белка в зерне пшеницы и то, что это в значительной мере определяется температурой воздуха в период формирования и созревания зерна (Brites, 2000). В Кировской области повышение количества осадков и температуры в этот период сказывались отрицательно на накоплении протеина.

Основными факторами, влияющими на биохимические и технологические свойства зерна, кроме погодных условий, являются особенности культуры и сорта и технологии возделывания, включая системы удобрения (Ненайденко, 2018). Фактически, действие всех факторов, влияющих на содержание белка в зерне, в конечном счете, сводится к изменению условий азотного питания (Целуйко и др., 2014). Так, на среднесуглинистых дерново-подзолистых почвах Вологодской области внесение азотных удобрений (N90) повышало содержание сырого белка с 7.6–10.0% (контроль) до 9.6–12.9% (Чухина, 2012). В исследованиях

Пермского НИИСХ на дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почвах максимальное содержание азота в зерне пшеницы (3.35%) отмечено в варианте  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (Завьялова, 2015; Косолапова, 2017). Но при этом важно понимать, что у пшеницы увеличение содержания белка в зерне в ответ на улучшение условий азотного питания проявляется не так ярко, как у других яровых культур — ячменя и овса (Пронько и др., 2017).

Анализ многолетних рядов полевого опыта Фаленской селекционной станции с влиянием климатических условий и внесения удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур показал, что на фоне современного потепления климата ведущая роль в поддержании и повышении урожайности и качества зерна остается за антропогенным фактором (внесением удобрений, известкованием) для создания оптимального режима питания растений. Выявленные закономерности помогут раскрыть потенциал растениеводства в северных регионах Европейской территории России на границе зоны возможного земледелия.

## ВЫВОДЫ

В Кировской области на фоне достаточного, а в некоторые годы избыточного увлажнения за 1971–2020 гг. температура воздуха росла со скоростью  $0.39^{\circ}C/10$  лет, менее интенсивно по сравнению с другими регионами страны. При анализе прерывистого ряда данных по урожайности яровой пшеницы и климатических условий вегетационного периода отмечены прямые связи продуктивности с количеством осадков в июне и обратные — с температурой воздуха в этот месяц. По данным регрессионного анализа климатические условия обуславливали 49–74% дисперсии урожайности. Известкование местных дерново-подзолистых почв и внесение удобрений позволяли повысить продуктивность культуры на 30–50% и снизить ее дисперсию, обусловленную колебаниями погодных условий, на 7–10%. Содержание протеина в зерне яровой пшеницы преимущественно зависело от антропогенного фактора в форме внесения удобрений, причем на него отрицательно влияло как повышение температуры, так и увеличение количества осадков в период созревания.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-76-00023 (статистический анализ), а также в рамках государственных заданий Института географии РАН № AAAA-A19-119021990093-8, FMGE-2019-0007 (оценка агроклиматических ресурсов) и Федерального аграрного научного центра Северо-Восто-

ка им. Н.В. Рудницкого № FNWE-2022-0005 (полевой опыт).

## FUNDING

The work was financially supported by the Russian Science Foundation (project no. 20-76-00023; statistical analysis), as well as within the framework of state-ordered research themes of the Institute of Geography RAS no. AAAA-A19-119021990093-8, FMGE-2019-0007 (evaluation of agroclimatic resources) and the Rudnitskii Federal Agrarian Scientific Center of Northeast no. FNWE-2022-0005 (field experiment).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анисимов О.А., Жильцова Е.Л., Ренева С.А.* Оценка критических уровней воздействия изменения климата на природные экосистемы суши на территории России // Метеорология и гидрология. 2011. № 11. С. 31–41.
- Бакаева Н.П., Шулаева Ю.Г.* Содержание суммарного белка и крахмала в зерне различных сортов яровой пшеницы в условиях Среднего Поволжья // Сельскохозяйственная биология. 2005. № 40 (3). С. 39–44.
- Ермакова Л.Н., Толмачева Н.И., Безматерных Е.А.* Оценка агроклиматических ресурсов территории Пермского края // Географический вестн. 2010. № 2 (13). С. 44–52.
- Завалин А.А., Соколов О.А.* Потоки азота в агроэкосистеме: от идей Д.Н. Прянишникова до наших дней. М.: ВНИИА, 2016. 595 с.
- Завьялова Н.Е., Сторожева А.Н.* Агробиохимические свойства дерново-подзолистой почвы и урожайность полевых культур при внесении возрастающих доз полного минерального удобрения // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 4 (47). С. 35–41.
- Исмагилов Р.Р., Хасанов Р.А.* Качество и технология производства хлебопекарного зерна пшеницы. Уфа: Гилем, 2005. 200 с.
- Калинин А.И.* Агробиохимические свойства дерново-подзолистых почв и продуктивность растений. Киров, 2004. 220 с.
- Катицов В.М., Порфирьев Б.Н.* Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу (резюме доклада) // Тр. Гл. геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2011. Вып. 563. С. 7–59.
- Ковшова В.Н.* Приемы, повышающие устойчивость луговых агрофитоценозов в условиях изменения климата в Волго-Вятском экономическом районе // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2012. № 5 (30). С. 31–34.
- Косолапова А.И., Возжаев В.И., Лейних П.А.* Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от применения минеральных удобрений // Пермский аграрный вестн. 2017. № 3 (19). С. 76–80.
- Крупнова О.В.* О сопоставлении качества зерна яровой и озимой пшеницы в связи с делением на рыночные классы (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2013. № 1. С. 15–25.
- Ларионова А.А., Ермолаев А.М., Никитишен В.И., Лопес де Гереню В.О., Евдокимов И.В.* Баланс углерода в пахотных серых лесных почвах при разных способах сельскохозяйственного использования // Почвоведение. 2009. № 12. С. 1464–1474.
- Лыскова И.В., Суховеева О.Э., Лыскова Т.В.* Влияние локального изменения климата на продуктивность яровых зерновых культур в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22 (2). С. 244–253. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.244-253>
- Митрофанова О.П., Хакимова А.Г.* Новые генетические ресурсы в селекции пшеницы на увеличение содержания белка в зерне // Вавиловский журн. генетики и селекции. 2016. № 20 (4). С. 545–554. <https://doi.org/10.18699/VJ16.177>
- Молодкин В.Н., Бусыгин А.С.* Плодородие пахотных почв Кировской области // Земледелие. 2016. № 8. С. 16–18.
- Ненайденко Г.Н.* Удобрение и повышение качества зерна пшеницы в Верхневолжье // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2018. № 1 (53). С. 122–138. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32847010>
- Павлова В.Н., Варчева С.Е.* Оценки степени уязвимости территории и климатического риска крупных неурожаев зерновых культур в зерносеющих регионах России // Метеорология и гидрология. 2017. № 8. С. 39–49.
- Павлова В.Н.* Агроклиматические ресурсы и продуктивность сельского хозяйства России при реализации новых климатических сценариев в XXI веке // Тр. Гл. геофизической обсерватории. 2013. № 569. С. 20–37.
- Поскребышева М.М., Исмагилов Р.Р.* Темпы роста и развития яровой пшеницы в зависимости от гидротермических условий // Вестн. Казанского ГАУ. 2020. № 15 (57). С. 38–42. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-1-38-42>
- Пронько В.В., Чуб М.П., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф., Журавлев Д.Ю.* Отзывчивость сельскохозяйственных культур на минеральные удобрения в различных гидротермических условиях Степного Поволжья // Аграрный научный журн. 2017. № 9. С. 27–32.
- Пряхина С.И., Скляр Ю.А., Васильева М.Ю., Фридман А.Н., Белоцерковская А.В.* Агрометеорологические условия формирования продуктивности яровой пшеницы по межфазным периодам онтогенеза // Изв. Саратовского ун-та. Сер. Науки о Земле. 2008. Т. 8. Вып. 1. С. 22–25.
- Сапожникова С.А.* Агроклиматические ресурсы Нечерноземной зоны РСФСР. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 9 с.
- Сиротенко О.Д., Павлова В.Н.* Новый подход к идентификации функционалов погоды — урожай для оценки последствий изменения климата // Метеорология и гидрология. 2010. № 2. С. 92–100.
- Фатыхов И.Ш., Корепанова Е.В., Борисов Б.Б.* Реакция яровой пшеницы Ирень на абиотические условия

- химическим составом зерна // Вестн. Казанского ГАУ. 2017. № 2 (44). С. 42–47.  
[https://doi.org/10.12737/article\\_59a7f75e3faa12.06301014](https://doi.org/10.12737/article_59a7f75e3faa12.06301014)
- Целуйко О.А., Медведева В.И., Поволоцкая Ю.С. Зависимость химического состава зерна сельскохозяйственных культур от агротехники // Изв. Оренбургского гос. аграрного ун-та. 2014. № 4 (48). С. 37–40.
- Чухина О.В., Жуков Ю.П., Быков Г.Н. Продуктивность яровой пшеницы при разных дозах и способах внесения азотных удобрений в Вологодской области // Плодородие. 2012. № 6. С. 5–8.
- Шайхутдинов Ф.Ш., Сержанов И.М., Шайхразиев Ш.Ш. Теоретические основы формирования урожая зерна яровой мягкой пшеницы в республике Татарстан // Вестн. Казанского ГАУ. 2008. № 4 (10). С. 100–104.
- Щенникова И.Н. Влияние погодных условий на рост и развитие растений ячменя в Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014. № 4 (41). С. 9–12.
- Якушев В.П., Жуковский Е.Е. Анализ рисков – как основа оценки последствий изменений климата в земледелии // Докл. Рос. академии сельскохозяйств. наук. 2009. № 5. С. 54–57.
- Brites C.M., Macas B., Muacho C., Coco J. Quality of durum wheat breeding lines: Genetic and environmental effects / Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges. Zaragoza: CIHEAM, 2000. P. 479–484. <https://docviewer.yandex.ru/view/1027345132/>
- Cabas J., Weersink A., Olale E. Crop yield response to economic, site and climatic variables // Climatic Change. 2010. № 101. P. 599–616.  
<https://doi.org/10.1007/S10584-009-9754-4>
- Cai X., Wang D., Laurent R. Impact of climate change on crop yield: a case study of rainfed corn in Central Illinois // J. Applied Meteorol. and Climatol. 2009. № 48. P. 1868–1881.  
<https://doi.org/10.1175/2009JAMC1880.1>
- Hatfield J.L., Prueger J.H. Temperature extremes: Effect on plant growth and development // Weather and Climate Extremes. 2015. № 10. P. 4–10.  
<https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>
- Lorenzo M., Assuero S.G., Tognetti J.A. Low temperature differentially affects tillering in spring and winter wheat in association with changes in plant carbon status // Annals of Applied Biology. 2015. № 166. P. 236–248.  
<https://doi.org/10.1111/aab.12177>
- Roy R.N., Fink A., Blair G.J., Tandon H.L.S. Plant nutrition for food security. A guide for integrated nutrient management // FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin. 2006. № 16. FAO, Rome, Italy.
- Schlenker W., Roberts M.J. Estimating the impact of climate change on crop yields: the importance of non-linear temperature effects // PNAS. 2009. № 106 (37). P. 15594–15598.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.0906865106>

## Effect of Climate Change and Fertilizers on Grain Yield and Quality in the Northern Part of European Russia

O. E. Sukhoveeva<sup>1</sup>\*, I. V. Lyskova<sup>2</sup>, and T. V. Lyskova<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Rudnitskii Federal Agrarian Scientific Center of Northeast, Kirov, Russia

\*e-mail: [olgasukhoveeva@gmail.com](mailto:olgasukhoveeva@gmail.com)

The effect of air temperature increase and precipitation fluctuations on the yield and protein content of spring wheat grain was evaluated using the example of a long-term field experiment of Falenskaya breeding station (Kirov oblast) established in 1971. In Kirov oblast, lying on the northern border of the agricultural zone at the humidified area, air temperature increased at a rate of 0.39°C/10 years in 1971–2020, less intensively than in other regions of the country. Despite the intermittent series of yield data, we have assessed the influence of weather conditions of the growing season on it, positive correlations with precipitation in June and a negative one—with the air temperature in this month were noted. According to the regression analysis, climatic conditions were responsible for 49–74% of the yield variance. Liming of sod-podzolic soils and fertilization allowed not only increasing the crop productivity by 30–50% also decreasing of its dispersion caused by changing weather conditions by 7–10%. The protein content of the grain was also determined to a greater extent by fertilizer application and was negatively affected by both higher temperatures and increased rainfall during the ripening period. The case of the Falenskaya breeding station confirms the leading role of the anthropogenic factor in maintaining and increasing yields and preserving grain quality against the background of current climate warming at the northern border of the farming zone.

**Keywords:** agroclimatic resources, bioclimatic potential, crude protein, sod-podzolic medium loamy soil, correlation-regression analysis, phosphorus fertilizers, spring wheat

### REFERENCES

Anisimov O.A., Zhil'tsova E.L., Reneva S.A. Estimation of

critical levels of climate change influence on the natural terrestrial ecosystems on the territory of Russia. *Russ.*

- Meteorol. Hydrol.*, 2011, vol. 36, no. 11, pp. 723–730.  
<https://doi.org/10.3103/S1068373911110033>
- Bakaeva N.P., Shulaeva Yu.G. Amounts of total protein and starch in corn of different varieties of summer wheat in the conditions of middle Povolzh'e. *S-kh. Biol.*, 2005, vol. 40, no. 3, pp. 39–44. (In Russ.).
- Brites C.M., Macas B., Muacho C., Coco J. Quality of durum wheat breeding lines: Genetic and environmental effects. In *Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges*. Zaragoza: CIHEAM, 2000, pp. 479–484.
- Cabas J., Weersink A., Olale E. Crop yield response to economic, site and climatic variables. *Climatic Change*, 2010, vol. 101, pp. 599–616.  
<https://doi.org/10.1007/S10584-009-9754-4>
- Cai X., Wang D., Laurent R. Impact of climate change on crop yield: a case study of rainfed corn in Central Illinois. *J. Appl. Meteorol. Climatol.*, 2009, vol. 48, pp. 1868–1881.  
<https://doi.org/10.1175/2009JAMC1880.1>
- Chukhina O.V., Zhukov Yu.P., Bykov G.N. Productivity of spring wheat under different doses and methods of nitrogen fertilizing in Vologda region. *Plodorodie*, 2012, no. 6, pp. 5–8. (In Russ.).
- Ermakova L.N., Tolmacheva N.I., Bezmaternyh E.A. The evaluation of agroclimatic resources within the territory of Perm region. *Geogr. Vestn.*, no. 2 (13), pp. 44–52. (In Russ.).
- Fatykhov I.S., Korepanova E.V., Borisov B.B. Reaction of spring wheat Iren on abiotic conditions with chemical composition of grain. *Vestn. Kazan. Gos. Agrarn. Univ.*, 2017, vol. 12, no. 2, pp. 42–47. (In Russ.).
- Hatfield J.L., Prueger J.H. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather Clim. Extremes*, 2015, vol. 10, pp. 4–10.  
<https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>
- Ismagilov R.R., Khasanov R.A. *Kachestvo i tekhnologiya proizvodstva khlebopekarnogo zerna psheniitsy* [Quality and Technology for the Production of Baking Grain of Wheat]. Ufa: Gilem Publ., 2005. 200 p.
- Kalinin A.I. *Agrokhimicheskie svoystva dernovo-podzolistykh pochv i produktivnost' Rastenii* [Agrochemical Properties of Sod-Podzolic Soils and Plant Productivity]. Kirov: NIISKh Severo-Vostoka, 2004. 220 p.
- Kattsov V.M., Porfir'ev B.N. Assessment of macroeconomic impacts of climate change over the territory of Russian Federation until 2030 and beyond (summary). *Tr. GGO*, 2011, vol. 563, pp. 7–59. (In Russ.).
- Kosolapova A.I., Vozzhaev V.I., Leinikh P.A. Crop productivity and grain quality of spring wheat in dependence on application of mineral fertilizers. *Perm. Agrarn. Vestn.*, 2017, no. 3 (19), pp. 76–80. (In Russ.).
- Kovshova V.N. Methods of increasing of stability of meadow agro-phytocenoses under condition of climate change in Volga-Vyatka economic region. *Agrarn. Nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2012, no. 5 (30), pp. 31–34. (In Russ.).
- Krupnova O.V. A comparison of grain quality in spring and winter wheats associated with market classes (review). *S-kh. Biol.*, 2013, no. 1, pp. 15–25. (In Russ.).  
<https://doi.org/10.15389/agrobiology.2013.1.15rus>
- Larionova A.A., Ermolaev A.M., Nikitishen V.I., de Gerenyu V.O.L., Evdokimov I.V. Carbon budget in arable gray forest soils under different land use conditions. *Eurasian Soil Sci.*, 2009, vol. 42, no. 12, pp. 1364–1373.  
<https://doi.org/10.1134/S1064229309120060>
- Lorenzo M., Assuero S.G., Tognetti J.A. Low temperature differentially affects tillering in spring and winter wheat in association with changes in plant carbon status. *Ann. Appl. Biol.*, 2015, vol. 166, pp. 236–248.  
<https://doi.org/10.1111/aab.12177>
- Lyskova I.V., Sukhoveeva O.E., Lyskova T.V. The influence of local climate change on the productivity of spring cereals in the Kirov region. *Agrarn. Nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2021, no. 22 (2), pp. 244–253. (In Russ.).  
<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.244-253>
- Mitrofanova O.P., Khakimova A.G. New genetic resources in wheat breeding for an increased grain protein content. *Vavilovskii Zh. Genetiki i Seleksii*, 2016, no. 20 (4), pp. 545–554. (In Russ.).
- Nenaidenko G. Fertilizer and improvement of quality of grain of wheat in Upper Volga region. *Sovremennyye Naukoemkie Tekhnologii. Regional'noe Prilozhenie*, 2018, no. 1 (53), pp. 122–138. (In Russ.).
- Pavlova V.N. Agroclimatic resources and agricultural productivity of Russia with the application of new climate scenarios in the XXI century. *Tr. GGO*, 2013, vol. 569, pp. 20–37. (In Russ.).
- Pavlova V.N., Varcheva S.E. Estimating the level of territory vulnerability and climate-related risk of significant grain crop failure in grain-producing regions of Russia. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2017, vol. 42, no. 8, pp. 510–517.  
<https://doi.org/10.3103/S1068373917080040>
- Poskrebysheva M.M., Ismagilov R.R. Speeds of spring wheat growth and development depending on hydrothermal conditions. *Vestn. Kazan. Gos. Agrarn. Univ.*, 2020, no. 15 (57), pp. 38–42. (In Russ.).  
<https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-1-38-42>
- Pronko V.V., Chub M.P., Yaroshenko T.M., Klimova N.F., Zhuravlev D.Yu. Response of agricultural crops to mineral fertilization in different hydrothermal conditions of steppe Povolzhye region. *Agrarn. Nauch. Zh.*, 2017, no. 9, pp. 27–32. (In Russ.).
- Pryakhina S.I., Sklyarov Yu.A., Vasileva M.Yu., Fridman Yu.N., Belotserkovskaya A.V. Agrometeorological conditions for the formation of spring wheat productivity in the interphase periods of ontogenesis. *Izv. Saratov. Univ., Ser. Nauki o Zemle*, 2008, no. 8 (1), pp. 22–25. (In Russ.).
- Roy R.N., Fink A., Blair G.J., Tandon H.L.S. *Plant Nutrition for Food Security. A Guide for Integrated Nutrient Management*. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin, no. 16. Rome: FAO, 2006. 349 p.
- Sapozhnikova S.A. *Agroklimaticheskie resursy Nechernozemnoi zony RSFSR* [Agroclimatic Resources of the Non-Chernozem Zone of RSFSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1977. 9 p.
- Schlenker W., Roberts M.J. Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 2009, vol. 106 (37), pp. 15594–15598.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.0906865106>

- Shaikhutdinov F.Sh., Serzhanov I.M., Shaikhraziev Sh.Sh. Theoretical foundations of grain yield formation of spring soft wheat in the Republic of Tatarstan. *Vestn. Kazan. Gos. Agrarn. Univ.*, 2008, no. 4 (10), pp. 100–104. (In Russ.).
- Shchennikova I.N. Influence of weather conditions on growth and development of barley plants in Kirov region. *Agrarn. Nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2014, vol. 41, no. 4, pp. 9–12. (In Russ.).
- Sirotenko O.D., Pavlova V.N. A new approach to identifying the weather-crop yield functionals for assessing climate change consequences. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2010, vol. 35, no. 2, pp. 142–148.  
<https://doi.org/10.3103/S1068373910020093>
- Tseluiko O.A., Medvedeva V.I., Povolotskaya Yu.S. Dependence of chemical composition of farm crops grain on agrotechnics. *Izv. Orenburg. Gos. Agrarn. Univ.*, 2014, vol. 48, no. 4, pp. 37–40. (In Russ.).
- Yakushev V.P. Risk analysis as the basis for evaluating the consequences of climate changes in agriculture. *Russ. Agric. Sci.*, 2009, vol. 35, no. 5, pp. 355–358.
- Zav'yalova N.E., Storozheva A.N. Agrochemical properties of sod-podzolic soil and productivity of field crops at entering of increasing doses of complete mineral fertilizer. *Agrarn. Nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2015, vol. 47, no. 4, pp. 35–41. (In Russ.).
- Zavalin A.A., Sokolov O.A. *Potoki azota v agroekosisteme: ot idei D.N. Pryanishnikova do nashikh dnei* [Fluxes of Nitrogen in an Agroecosystem: From the Ideas of D.N. Pryanishnikov to the Present Days]. Moscow: VNIIA, 2016. 595 p.

УДК 911.2:551.58

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНЫХ МИНИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ ВОЗДУХА В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА СЕВАН

© 2022 г. В. Г. Маргарян<sup>а</sup>, \*, Г. Д. Аветисян<sup>б</sup>, А. Т. Саргсян<sup>а</sup>, П. Н. Маргарян<sup>а</sup><sup>а</sup>Ереванский государственный университет, Ереван, Армения<sup>б</sup>Управление охраны природы аппарата мэрии Еревана, Ереван, Армения

\*e-mail: vmargaryan@ysu.am

Поступила в редакцию 06.04.2020 г.

После доработки 14.12.2021 г.

Принята к публикации 15.12.2021 г.

Рассматриваются пространственно-временные изменения абсолютных минимальных температур воздуха в бассейне оз. Севан. В качестве исходного материала использованы данные ежедневных наблюдений за экстремумами температур приземного слоя воздуха на семи метеорологических станциях за период 1935–2019 гг. Выявлено, что на всех метеостанциях, действующих в настоящее время на территории бассейна, преимущественно наблюдается тенденция роста абсолютных минимальных значений температур как месячных, так и годовых. Наименьшие изменения наблюдаются в летние месяцы. Также выяснилось, что годовое число дней с температурой  $-20^{\circ}\text{C}$  и ниже имеет тенденцию уменьшения, что свидетельствует о том, что на изучаемой территории отмечается процесс смягчения условий зимы. Сделан вывод, что на территории бассейна оз. Севан станет возможным выращивать более теплолюбивые сельскохозяйственные культуры, которые ранее не выращивались, и более корректно представлять климатические тренды в планах развития экономики регионов Армении.

*Ключевые слова:* бассейн озера Севан, абсолютная минимальная температура, временной ход, пространственное распределение, статистические характеристики

DOI: 10.31857/S2587556622020078

### ВВЕДЕНИЕ

В течение трех последних десятилетий отмечается высокая скорость глобального потепления климата, которая сопровождается резким изменением количества и продолжительности опасных гидрометеорологических явлений, как в глобальном, так и в региональном масштабе, в том числе и на территории Армении. Согласно 4-му национальному сообщению по изменению климата Армении осредненная по территории средняя годовая температура за период 1929–1996 гг. повысилась более чем на  $0.4^{\circ}\text{C}$ , за период 1929–2007 гг. – на  $0.85^{\circ}\text{C}$ , а за 1929–2016 гг. суммарно изменение температуры достигло  $1.23^{\circ}\text{C}$  (Armenia's ..., 2020).

Глобальное потепление существенно сказывается на характере пространственно-временных изменений экстремальных характеристик климата. Экстремальные значения метеорологических величин показывают границы их естественной изменчивости и в значительной мере определяют степень воздействия погоды и климата на жизнедеятельность населения, его социальное и эконо-

мическое состояние. Наступивший в конце XX в. перелом в понимании значимости климата способствовал постановке новых климатических исследований. Начиная с выхода Второго доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), особое внимание стало уделяться анализу погодных и климатических экстремумов (Кочугова, 2015).

Достоверные сведения о закономерностях пространственно-временной изменчивости абсолютных экстремумов температуры воздуха необходимы для рационального функционирования многих отраслей экономики, о чем свидетельствуют результаты многочисленных исследований, проведенных в различных географических условиях (Андрейчик, Монгуш, 2013; Ашабоков и др., 2017; Перова, Подрезов, 2013; Brázdil et al., 1996; Keggenhoff et al., 2015; Sylvén et al., 2008; Unkašević and Tošić, 2009; и др.). Этим, а также отсутствием достоверных сведений о трендах экстремально низких температур воздуха в регионе и определяется актуальность статьи.

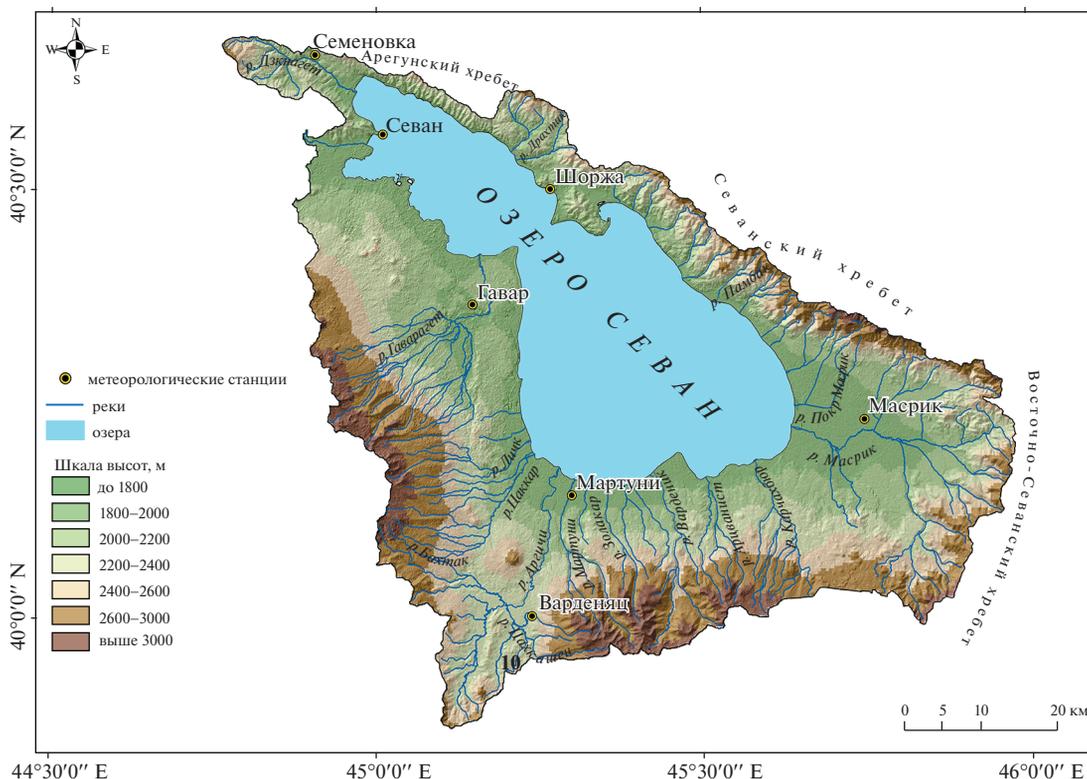


Рис. 1. Сеть метеорологических станций в бассейне оз. Севан.

К настоящему времени исследованию экстремумов температуры воздуха на территории Армении посвящена немногочисленная литература (Маргарян, 2019; Суренян, 2010; Galstyan and Vardanian, 2015; Margaryan, 2019; Margaryan and Vardanian, 2013; и др.).

Бассейн оз. Севан представляет собой окруженную со всех сторон высокими горными хребтами треугольную котловину (огромную межгорную тектоническую впадину). Исключением является северо-западная часть бассейна (около г. Севан), где водораздельная линия бассейна снижается до уровня озера и берет начало единственная вытекающая из озера река – Раздан (рис. 1).

Исследуемый водосбор расположен в центральной и восточной частях Армении в пределах высот от 1900–3600 м над ур. м. и простирается с северо-запада на юго-восток. Площадь бассейна 4891 км<sup>2</sup> (около 1/6 территории республики). Дно котловины занимает оз. Севан – стратегическое хранилище пресных вод Армении. В результате длительного и интенсивного использования водных запасов озера значительно снизился его уровень (с 1934 по 2002 г. – 18,5 м), что привело к резким изменениям природных условий (климатических, гидрологических, биологических и т.д.)

озера и всего бассейна, к нарушению экологического баланса.

Климат бассейна оз. Севан умеренный континентальный с хорошо выраженной вертикальной зональностью (Багдасарян, 1958). Климат прибрежной зоны озера (до высот 2100 м над ур. м.) сравнительно мягкий, на высотах более 2100–3000 м климат характеризуется коротким летом и холодной зимой.

Цель работы заключается в изучении и выявлении особенностей пространственно-временного распределения абсолютных минимальных температур воздуха в бассейне оз. Севан.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ФАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

В качестве исходного материала использованы данные о минимальной суточной температуре приземного воздуха на семи метеорологических станциях бассейна оз. Севан (см. рис. 1), имеющих длительный ряд наблюдений. Данные хранятся в архивах “Центра гидрометеорологии и мониторинга” ГНКО Министерства окружающей среды Республики Армения. Используемые в работе данные охватывают период с 1935 по 2019 г.

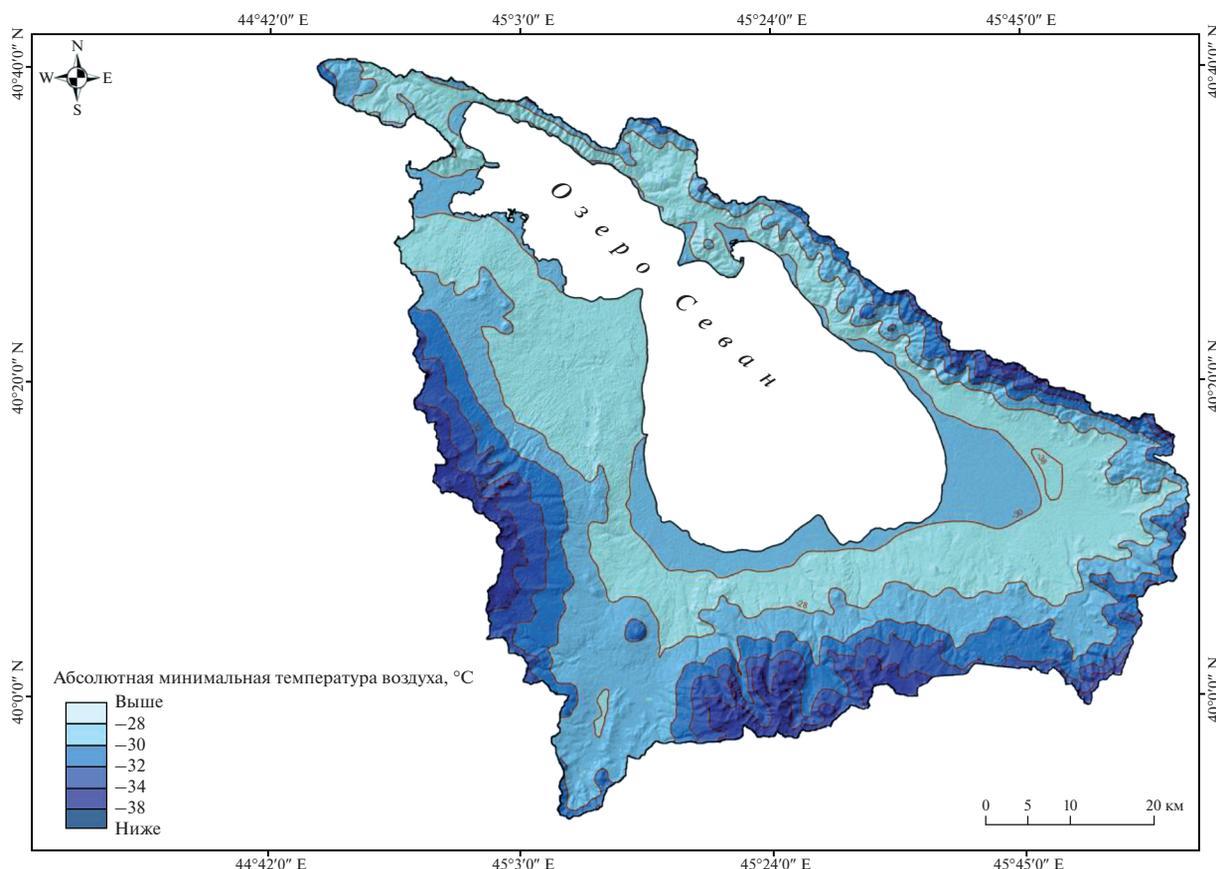


Рис. 2. Пространственное распределение абсолютных минимальных температур воздуха в бассейне оз. Севан.

Теоретической основой исследования явились литературные данные (Ашабоков и др., 2017; Густокашина, Максютова, 2006; Jaagus et al., 2014; Tuomenvirta et al., 2000; и др.). В качестве методологической основы применены математико-статистический, экстраполяционный, аналитический, корреляционный, картографический и другие методы исследования.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Разнообразие рельефа, характер подстилающей поверхности (в особенности водной поверхности озера), локальная и общая циркуляция атмосферы способствуют формированию сложного температурного поля территории бассейна оз. Севан (рис. 2).

На большинстве метеорологических станций (за исключением Гавара, Варденяца) абсолютная минимальная температура зарегистрирована в 1972 г. На изученной территории, так же, как и на всей территории Армении, сильные морозы формируются под воздействием барических полей Скандинавского антициклона, антициклона Ка-

ра, Сибирского антициклона и местного антициклона (Margaryan, 2019). Критерии суровости морозов в разных местах республики разные: в долинных районах  $-20.0^{\circ}\text{C}$  и ниже, в предгорных районах  $-32.0^{\circ}\text{C}$  и ниже, в горных районах  $-35.0^{\circ}\text{C}$  и ниже.

Низкие температуры преимущественно наблюдаются в котловинах (например, в Гаваре  $-33.0^{\circ}\text{C}$ ), а также на равнинах, окруженных горами, имеющими крутые склоны (например, в Марсрике  $-38.1^{\circ}\text{C}$ ). Сравнительно более высокие значения температур наблюдаются в северо-западных частях бассейна (Семеновка  $-26.3^{\circ}\text{C}$ ) (табл. 1).

Зимой в долинах и котловинах в результате накопления холодного воздуха довольно часто наблюдаются инверсии. Это четко видно по данным многолетних наблюдений, представленных в табл. 1. Так, на метеорологической станции Марсрик (1940 м над ур. м.), которая находится на 160 м ниже, чем метеостанция Семеновка (2104 м над ур. м.) и на 400 м ниже станции Варденяц (2334 м), зарегистрированы более низкие значения минимальных температур воздуха. Разница

**Таблица 1.** Месячные значения абсолютных минимальных температур воздуха (°С) за 1938–2018 гг. в бассейне оз. Севан (\*1938–1994 гг.)

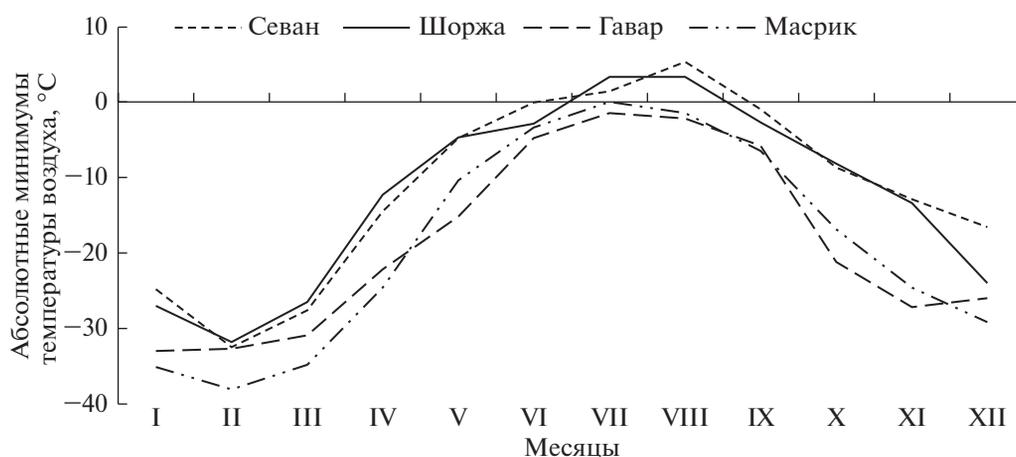
Метеорологическая станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Семеновка	–24.8	–26.3	–24.1	–18.3	–10.0	–4.7	0.7	–0.1	–6.5	–12.2	–18.6	–21.7	–26.3
Севан	–24.8	–32.5	–27.6	–14.5	–4.8	–0.1	1.4	5.3	–1.0	–8.7	–12.9	–16.6	–32.5
Шоржа	–27.0	–31.8	–26.5	–12.3	–4.7	–2.9	3.3	3.3	–2.7	–8.2	–13.4	–24.0	–31.8
Гавар	–33.0	–32.7	–30.9	–22.2	–15.2	–4.8	–1.5	–2.2	–5.8	–21.2	–27.2	–26.0	–33.0
Масрик	–35.1	–38.1	–34.8	–24.6	–10.4	–3.4	0.0	–1.5	–6.5	–16.9	–24.6	–29.2	–38.1
Мартуни	–28.4	–31.7	–27.4	–17.6	–10.0	–4.1	–0.1	2.0	–4.2	–12.1	–16.6	–21.0	–31.7
Варденяц*	–30.0	–29.2	–26.8	–21.6	–11.8	–4.8	–1.2	–2.0	–7.5	–15.8	–21.8	–26.2	–30.0

между температурами на станции Масрик и Семеновка составляет 12.0°С, а между станциями Масрик и Варденяц – 8.0°С. Это обусловлено тем обстоятельством, что метеостанция Масрик находится на низменной части одноименной местности, и здесь в холодное время года очень часто наблюдается температурная инверсия, что часто повторяется также в других котловинах бассейна Севан.

В бассейне наблюдается хорошо выраженный годовой ход экстремальных значений температуры воздуха (рис. 3) с одним максимумом и одним минимумом. Обычно наибольшие значения абсолютных минимальных температур воздуха наблюдаются в июле–августе, наименьшие значения – в декабре–январе. Однако, в отличие от других районов республики, в бассейне оз. Севан

в феврале так же холодно, как и в январе. Это объясняется тем, что озеро, расходуя скрытые запасы тепла, уже не оказывает ощутимого смягчающего влияния на окружающую среду. В добавок к этому и понижение уровня озера на 18.5 м. В результате в суровые зимы в отдельных районах бассейна средние месячные абсолютные минимальные температуры воздуха наблюдаются в феврале, редко – в марте.

Абсолютные минимальные температуры приземного слоя воздуха на территории бассейна оз. Севан, за исключением некоторых станций (Семеновка, Севан, Шоржа), во все месяцы года (даже в июле–августе) отрицательны. А это значит, что на изучаемой территории даже в летние месяцы есть опасность заморозков и в случае их на-

**Рис. 3.** Годовой ход абсолютных минимумов температуры воздуха (°С) в бассейне оз. Севан.

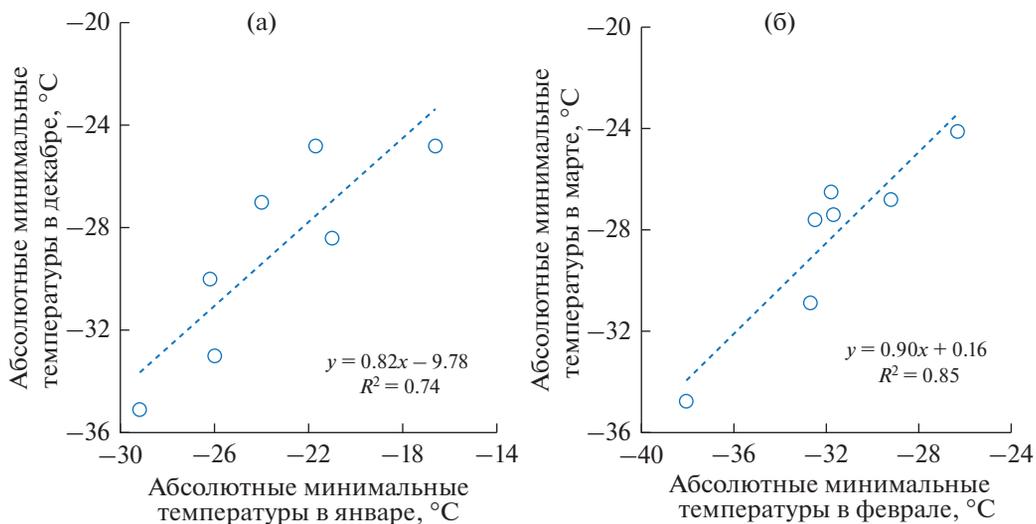


Рис. 4. Корреляционная связь между месячными абсолютными минимальными температурами воздуха в бассейне оз. Севан.

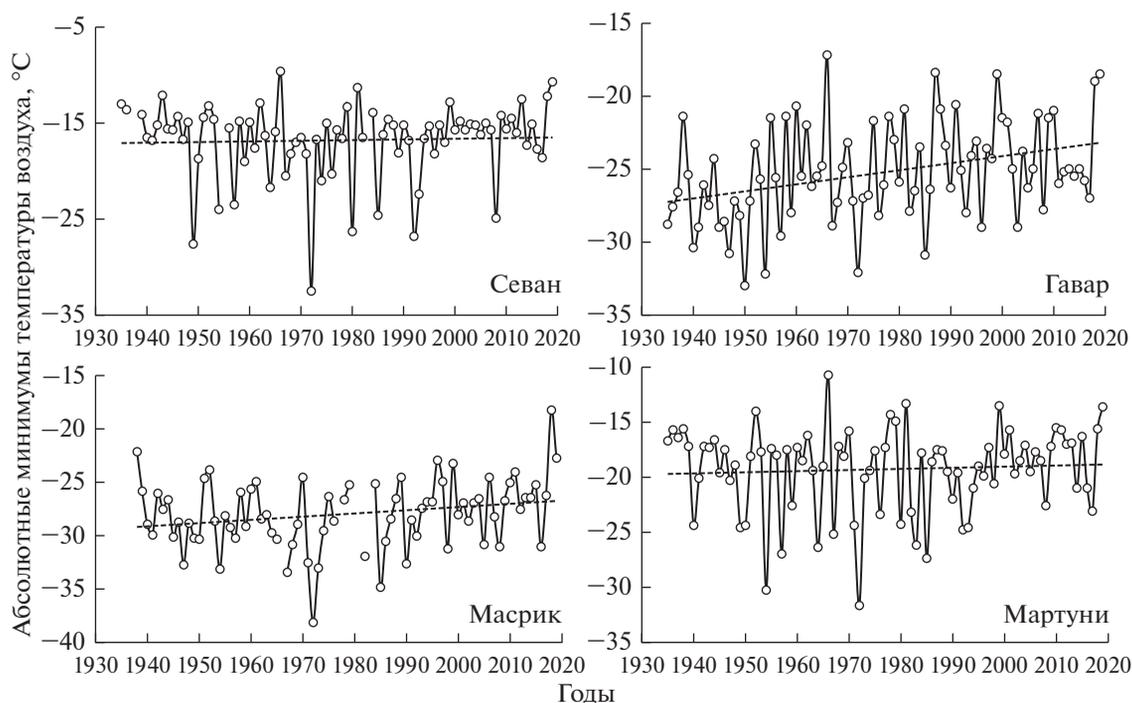


Рис. 5. Временной ход абсолютной минимальной температуры воздуха с линией тренда.

блюдения нужно предпринять необходимые меры борьбы.

Установлена корреляционная связь и получены уравнения регрессии между месячными значениями абсолютной минимальной температуры воздуха за различные месяцы холодного периода года (рис. 4). Согласно коэффициентам ковариации

вклад температуры предыдущего месяца в формирование температурного режима последующего месяца превышает 70%. Это позволяет уравнения регрессии использовать в прогностических целях.

На рис. 5 представлен временной ход абсолютных минимальных температур воздуха в бассейне оз. Севан за 1935–2019 гг., а в табл. 2 и 3 представ-

**Таблица 2.** Уравнения линейных трендов и характеристики изменений годовых абсолютных минимальных температур за 1935–2019 гг.

Станция	Уравнение линейного тренда	Скорость изменения температуры (°С/10 лет)	Изменение температуры	Стандартные ошибки	Автокорреляция	Средне-квадратические отклонения	Коэффициент вариации	Обеспеченность, %	
								5	95
Севан	$y = 0.002x - 20.0$	+0.02	+0.2	0.45	0.02	3.80	0.23	-10.4	-23.3
Гавар	$y = 0.048x - 121$	+0.48	+4.1	-0.22	0.11	3.28	0.13	-18.6	-30.9
Масрик	$y = 0.021x - 68.9$	+0.21	+1.8	0.41	0.18	3.00	0.11	-22.5	-32.0
Мартуни	$y = 0.012x - 43.7$	+0.12	+1.0	0.44	0.03	3.83	0.20	-12.7	-25.8

**Таблица 3.** Уравнения линейных трендов и статистических характеристик годовых абсолютных минимальных температур в разные периоды

Метеостанция	Период наблюдений	Уравнение линейного тренда	Коэффициент корреляции, $R$	Статистическая характеристика			
				скорость изменения температуры (°С/10 лет)	изменение температуры	средне-квадратическое отклонение	коэффициент вариации
Севан	1935–1966	$y = -0.061x + 103$	0.17	-0.61	-1.9	3.58	0.22
	1967–1994	$y = 0.089x - 194$	0.14	+0.89	+2.5	4.55	0.25
	1995–2018	$y = 0.055x - 126$	0.14	+0.55	+1.4	2.42	0.15
Гавар	1935–1966	$y = 0.146x - 312$	0.39	+1.46	+4.7	3.48	0.13
	1967–1994	$y = 0.119x - 261$	0.30	+1.19	+3.3	3.19	0.13
	1995–2018	$y = 0.034x - 93.0$	0.10	+0.34	+0.8	2.71	0.11
Масрик	1935–1966	$y = -0.036x + 41.5$	0.14	-0.36	-1.1	2.37	0.08
	1967–1994	$y = 0.106x - 238$	0.26	+1.06	+3.0	3.24	0.11
	1995–2018	$y = 0.085x - 198$	0.20	+0.85	+2.1	2.84	0.11
Мартуни	1935–1966	$y = -0.057x + 92.4$	0.14	-0.57	-1.8	4.02	0.21
	1967–1994	$y = -0.031x + 41.3$	0.10	-0.31	-0.9	4.31	0.21
	1995–2018	$y = 0.022x - 61.9$	0.10	+0.22	+0.6	2.30	0.13

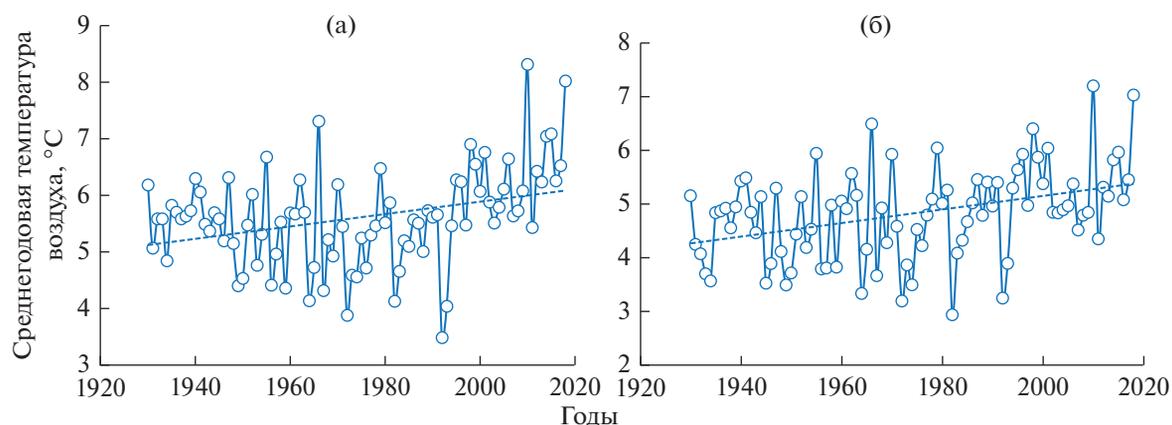


Рис. 6. Изменение среднегодовых температур воздуха для метеостанций, расположенных в бассейне оз. Севан: (а) Севан; (б) Гавар.

лены характеристики изменения температуры воздуха за различные периоды временного осреднения.

Из результатов анализа многолетних данных следует, что абсолютные минимальные температуры преимущественно проявляют тенденцию роста (рис. 5). Скорость изменения (коэффициент линейного тренда) наибольшая для метеостанции Гавар ( $0.48^{\circ}\text{C}/10$  лет) и Масрик ( $0.21^{\circ}\text{C}/10$  лет) (см. табл. 2). Показатели этих же метеостанций характеризуются и большой межгодовой изменчивостью абсолютных минимальных температур воздуха. Диапазон колебаний годовых абсолютных минимальных температур для Гавара составил  $15.8^{\circ}\text{C}$  с максимумом  $-17.2^{\circ}\text{C}$  (31/12/1966 г.) и минимумом  $-33.0^{\circ}\text{C}$  (16/01/1950 г.).

Положительные тренды абсолютных минимальных температур воздуха были получены нами ранее также для других районов Армении – Гюмри (Margaryan, 2019; Margaryan and Simonyan, 2015), в пределах Араратской равнины и ее предгорной зоны (Маргарян, 2019; Маргарян, Самвелян, 2019), Сюникского марза (Margaryan and Vardanian, 2013). Повышение абсолютных минимальных температур отмечено также в других районах Земли: Улуг-Хемская котловина Республики Тыва (Андрейчик, Монгуш, 2013), юг Европейской территории России (Ашабоков и др., 2017; Перова, Подрезов, 2013; Подрезов, Подрезов, 2018), Центральная и Юго-Восточная Европа (Brázdil et al., 1996), Белград (Unkašević, Tošić, 2009), Южный Кавказ (Sylvén et al., 2008), Грузия (Keggenhoff, 2015) и т.д.

На изучаемой территории с 1935 по 2019 г. абсолютные минимальные температуры повысились на  $0.2\text{--}4.1^{\circ}\text{C}$  (см. табл. 2). Значительный рост зарегистрирован в Гаваре ( $4.1^{\circ}\text{C}$ ) и Масрике ( $1.8^{\circ}\text{C}$ ). Эта свидетельствует о том, что на изучаемой

территории отмечается смягчение зим, т.е. зимние условия становятся термически более мягкими, хотя и не исключены периоды с аномально низкими температурами. Аналогичный процесс наблюдается и в Прибайкалье (Кочугова, 2015), на востоке, в северной и центральной частях Европейской территории России (Shmakin and Porova, 2006) и в других районах. Так, изменения экстремальных климатических явлений показывают тенденцию к смягчению климата и на севере Евразии в конце XX в., преимущественно зимой. В то же время безморозный период существенно уменьшился на востоке, северной и центральной частях европейской части России (Shmakin and Porova, 2006).

Согласно табл. 3 за период 1995–2019 гг. на всех метеостанциях отмечается положительный тренд изменения температуры; тренд отрицателен – за 1935–1966 гг. на метеостанциях Севан, Масрик, Мартуни и за 1967–1994 гг. на метеостанции Мартуни. Наиболее существенно температура возросла в Гаваре за 1935–1966 и 1967–1994 гг. – до  $3.3\text{--}4.7^{\circ}\text{C}$ , а уменьшалась на метеостанциях Севан и Мартуни за 1935–1966 гг. – до  $1.8\text{--}2.0^{\circ}\text{C}$  (см. табл. 3). Это еще раз свидетельствует о том, что на изучаемой территории повышение абсолютных минимальных температур обусловлено изменением климата за последние два–три десятилетия.

Анализ линий трендов месячных абсолютных минимальных температур воздуха за периоды наблюдений показывает, что на всех действующих в настоящее время метеостанциях наблюдается тенденция роста температуры. Самые незначительные временные изменения абсолютных минимальных температур воздуха наблюдаются в летние месяцы. Так, согласно данным наблюдений метеостанции Гавар для центральных меся-

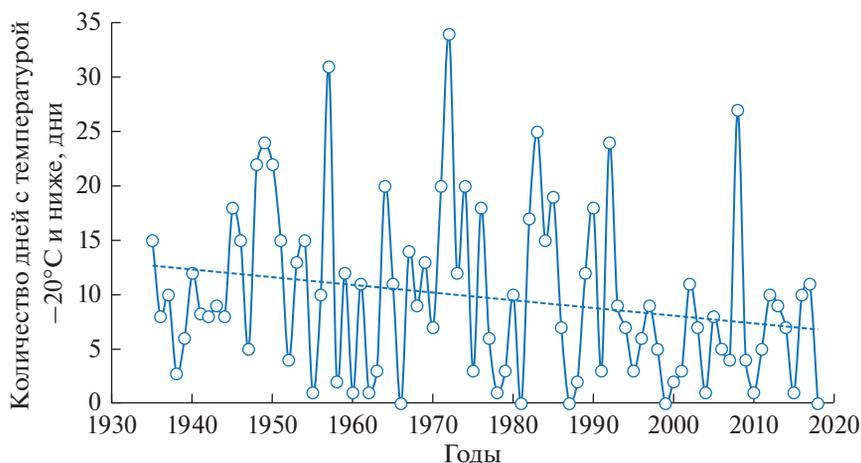


Рис. 7. Временной ход годового количества дней с температурой  $-20^{\circ}\text{C}$  и ниже. Метеостанция Гавар.

цев сезона коэффициент линейного тренда имеет следующие значения: январь:  $+0.48^{\circ}\text{C}/10$  лет, апрель:  $+0.32^{\circ}\text{C}/10$  лет, июль:  $+0.29^{\circ}\text{C}/10$  лет, октябрь:  $+0.37^{\circ}\text{C}/10$  лет.

Характер изменения абсолютной минимальной температуры воздуха хорошо отражается на изменении среднегодовых температур воздуха и объясняется процессом глобального потепления (рис. 6).

Процесс глобального потепления хорошо отражается и на многолетнем изменении числа дней с температурой  $-20^{\circ}\text{C}$  и ниже (рис. 7). Такие тенденции получены также и в других районах (Титкова и др., 2018; Avotniece et al., 2012; Avotniece et al., 2010). Понижение температуры воздуха до  $-30^{\circ}\text{C}$  и ниже наиболее часто отмечается на севере Западной Сибири, реже – в Томской области (Харюткина и др., 2019).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований получены следующие выводы.

Абсолютные минимальные температуры воздуха в бассейне оз. Севан обусловлены характером подстилающей поверхности и особенностями циркуляции атмосферы. Они изменяются в пределах от  $-26.3^{\circ}\text{C}$  (Семеновка) до  $-38.1^{\circ}\text{C}$  (Масрик). Характерной для бассейна является инверсия температур, поэтому наименьшие значения температуры наблюдаются не в высокогорных зонах, а в котловинах, куда смещается холодный воздух по склону.

Абсолютные минимальные температуры воздуха на значительной территории могут быть отрицательными во все месяцы года (даже в июле–августе). На большинстве метеорологических станций абсолютная минимальная температура зарегистрирована в 1972 г.

Среднеквадратические отклонения температуры за 1935–2019 гг. составляют 3.00–3.83, а коэффициент вариации – 0.11–0.23.

Тренд годовых и месячных абсолютных минимальных температур воздуха, а также годового количества дней с температурами  $-20^{\circ}\text{C}$  и ниже положителен. Наименьшие изменения абсолютных минимальных температур наблюдаются в летние месяцы.

Скорость изменения абсолютных минимальных температур воздуха в бассейне составляет от  $+0.02^{\circ}\text{C}/10$  лет до  $+0.48^{\circ}\text{C}/10$  лет. За весь период инструментальных наблюдений (более 80 лет) абсолютная минимальная температура воздуха увеличилась от  $0.2^{\circ}\text{C}$  до  $4.1^{\circ}\text{C}$  за год. Изменения наиболее значительны за 1995–2019 гг. (от 0.6 до  $2.1^{\circ}\text{C}$ ).

Полученные результаты могут быть использованы для эффективного планирования энергетики, сельского хозяйства и других отраслей экономики, а также для обеспечения естественной жизнедеятельности человека, в стратегических программах перспективного развития регионов Армении.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены при финансовой поддержке Комитета по науке Республики Армения в рамках научного проекта 21Т-1Е215 “Гидроэкологическая оценка характеристик зимнего меженного стока рек, впадающих в озеро Севан”.

## FUNDING

The work was supported by the Science Committee of RA, in the frames of the research project 21T-1E215 “Hydro-ecological assessment of winter low water period discharge characteristics of Lake Sevan basin rivers.”

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андрейчик М.Ф., Монгуш Л.Д.* Динамика экстремумов температуры воздуха на фоне потепления в Улуг-Хемской котловине Республики Тыва // Вестн. КрасГАУ. 2013. № 8. С. 94–96.
- Ашабоков Б.А., Ташилова А.А., Кешева Л.А., Теунова Н.В., Таубекова З.А.* Климатические изменения средних значений и экстремумов приповерхностной температуры воздуха на юге европейской территории России // Фундаментальная и прикладная климатология. 2017. Т. 1. С. 5–19.
- Багдасарян А.Б.* Климат Армянской ССР. Ереван: Изд-во АН Армянской ССР, 1958. 151 с.
- Густокашина Н.Н., Максютова Е.В.* Изменение температурных экстремумов на территории Предбайкалья // Вычислительные технологии. 2006. Т. 11. Спец. вып. С. 83–87.
- Кочугова Е.А.* Изменчивость зимних минимальных температур воздуха в Предбайкалье // Изв. Иркутского гос. ун-та. Сер. “Науки о Земле”. 2015. Т. 13. С. 98–110.
- Маргарян В.Г.* Тренды изменения экстремальных температур приземного слоя воздуха в пределах Араратской равнины и ее предгорной зоны // Вест. Моск. ун-та. Сер. 5: География. 2019. № 2. С. 103–107.
- Маргарян В.Г., Самвелян Н.И.* Закономерности пространственно-временного изменения экстремальных температур приземного слоя атмосферы и их воздействие на ландшафтную структуру Араратской котловины // Вест. ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2019. № 4. С. 15–22.
- Перова М.В., Подрезов О.А.* Режим температуры воздуха в холодное полугодие и климатические параметры отопительного периода на территории Северного, Северо-западного Кыргызстана. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2013. 181 с.
- Подрезов О.А., Подрезов А.О.* Современное потепление климата Северного и Северо-западного Кыргызстана в поле абсолютных минимальных температур // Вестн. КРСУ. 2018. Т. 18. № 4. С. 180–187.
- Суренян Г.Г.* Синоптический анализ барических полей, формирующих погодно-климатические условия Республики Армения: Дисс. ... канд. геогр. наук. Ереван, 2010. 145 с. (На армянском яз.).
- Титкова Т.Б., Черенкова Е.А., Семенов В.А.* Региональные особенности изменения зимних экстремальных температур и осадков на территории России в 1970–2015 гг. // Лёд и Снег. 2018. Т. 58. № 4. С. 486–497.
- Харюткина Е.В., Логинов С.В., Усова Е.И., Мартынова Ю.В., Пустовалов К.Н.* Тенденции изменения экстремальности климата Западной Сибири в конце XX – начале XXI веков // Фундаментальная и прикладная климатология. 2019. Т. 2. С. 45–65.
- Armenia’s fourth national communication on climate change. 2020. 213 p.
- Avotniece Z., Klavins M., Rodinovs V.* Changes of Extreme Climate Events in Latvia // Environ. and Climate Technol. 2012. № 9. P. 4–11.
- Avotniece Z., Rodinov V., Lizuma L., Briede A., Kļaviņš M.* Trends in the frequency of extreme climate events in Latvia // Baltica. 2010. Vol. 23. № 2. P. 135–148.
- Brázdil R., Budíková M., Auer I. et al.* Trends of Maximum and Minimum Daily Temperatures in Central and Southeastern Europe // Int. J. Climatol. 1996. Vol. 16. Iss. 7. P. 765–782.
- Galstyan H., Vardanian T.* Long term variability of extreme temperature in Armenia on the context of a changing climate // Problems of economic activity in conditions of climate change. Collection of scientific articles of the International Scientific Conference (Minsk, 5–8 May), 2015. P. 102–104.
- Jaagus J., Briede A., Rimkus E., Remm K.* Variability and trends in daily minimum and maximum temperatures and in the diurnal temperature range in Lithuania, Latvia and Estonia in 1951–2010 // Theor. and Applied Climatol. 2014. Vol. 118. Iss. 1–2. P. 57–68.
- Keggenhoff I., Elizbarashvili M., King L.* Recent changes in Georgia’s temperature means and extremes: Annual and seasonal trends between 1961 and 2010 // Weather and Climate Extremes. 2015. № 8. P. 34–45.
- Margaryan V.G.* Assessment of climatic trend of air temperature at the earth surface in the context of stable development (case of Gyumri city) // Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Ser. “Geology. Geography. Ecology”. 2019. № 50. P. 125–135.
- Margaryan V.G., Simonyan L.M.* Estimation of dynamics change of average and extreme annual values of atmospheric air temperature of ground layer of Gyumri // ICUC9 – 9th Intern. Conf. on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment. Toulouse, July 20–24, 2015.
- Margaryan V.G., Vardanian T.G.* The estimation of extremal temperatures of atmospheric air in Armenia (on the pattern of Synik marz) // Technological processing and information control of environmental protection of administrative region. The second international conference Programm & abstracts (22–24 October 2013, Yerevan, Armenia). Yerevan, 2013. 22 p.
- Shmakina A.B., Popova V.V.* Dynamics of climate extremes in northern Eurasia in the late 20th century // Izv. RAS. Atmospheric and Oceanic Physics. 2006. Vol. 42. № 2. P. 138–147.
- Sylvén M., Reinvang R., Andersone-Lilley Ž.* Climate Change in Southern Caucasus: Impacts on nature, people and society. WWF Norway-WWF Caucasus Programme. July, 2008. 42 p.
- Tuomenvirta H., Alexandersson H., Drebs A., Frich P., Nordli P.* Trends in Nordic and Arctic temperature extremes and ranges // J. Climate. 2000. Vol. 13. № 5. P. 977–990.
- Unkašević M., Tošić I.* Changes in the Extreme Daily Winter and Summer Temperatures at Belgrade // Theor. and Applied Climatol. 2009. Vol. 95. Iss. 1–2. P. 27–38.

## Regularities of Spatio-Temporal Distribution of Absolute Minimum Temperatures of Surface Air Layer in Lake Sevan Basin

V. G. Margaryan<sup>1, \*</sup>, G. D. Avetisyan<sup>2</sup>, A. T. Cargsyan<sup>1</sup>, and P. N. Margaryan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yerevan State University, Yerevan, Armenia

<sup>2</sup>Department of Nature Protection of Municipality of Yerevan, Yerevan, Armenia

\*e-mail: vmargaryan@ysu.am

The features of the spatio-temporal changes in the absolute minimum air temperatures in the basin of Lake Sevan are considered. The data of daily observations of the extremes of the minimum temperatures of the surface air layer at seven meteorological stations for the period 1935–2019 were used as the initial material. It was found that at all meteorological stations currently operating on the territory of the Lake Sevan basin, a tendency of an increase in the absolute minimum temperatures of both monthly and annual values is mainly observed. Moreover, the smallest changes are observed in the summer months. It was also found that in the Lake Sevan basin, the annual number of days with a temperature of  $-20^{\circ}\text{C}$  and below tends to decrease. This natural dynamics testifies to the fact that in the studied area in terms of temperatures, a softening of winters is recorded. As a result, it turns out that on the territory of the Lake Sevan basin it is possible to grow more thermophilic agricultural crops that have not been grown before.

**Keywords:** Lake Sevan basin, absolute minimum temperature, time course, spatial distribution, statistical characteristics

### REFERENCES

- Andreichik M.F., Mongush L.D.-N. Air temperature extrema dynamics on the background of climate warming in Ulug-Khem basin of the Tyva Republic. *Vestn. KrasGAU*, 2013, no. 8, pp. 94–96. (In Russ.).
- Armenia's Fourth National Communication on Climate Change. 2020. 213 p.
- Ashabokov B.A., Tashilova A.A., Kesheva L.A., Teunova N.V., Taubekova Z.A. Climatic changes of mean and extreme values of surface air temperature in the south of European Russia. *Fundamental'naya i Prikladnaya Klimatologiya*, 2017, vol. 1, pp. 5–19. (In Russ.).
- Avotniece Z., Klavins M., Rodinovs V. Changes of extreme climate events in Latvia. *Environ. Clim. Technol.*, 2012, no. 9, pp. 4–11.
- Avotniece Z., Rodinovs V., Lizuma L., Briede A., Kļaviņš M. Trends in the frequency of extreme climate events in Latvia. *Baltica*, 2010, vol. 23, no. 2, pp. 135–148.
- Baghdasaryan A.B. *Klimat Armyanskoi SSR* [The Climate of Armenian SSR]. Yerevan: Akad. Nauk ArmSSR, 1958. 151 p.
- Brázdil R., Budíková M., Auer I. et al. Trends of maximum and minimum daily temperatures in Central and Southeastern Europe. *Int. J. Climatol.*, 1996, vol. 16, no. 7, pp. 765–782.
- Galstyan H., Vardanian T. Long term variability of extreme temperature in Armenia on the context of a changing climate. In *Hydrometeorological Security Problems of Economic Activity in Conditions of Climate Change*. Coll. Sci. Articles Int. Sci. Conf., 5–8 May, 2015. Minsk, pp. 102–104.
- Gustokashina N.N., Maksyutova E.V. Change of temperature extrema on the territory of Prebaikalia. *Vychislitel'nye Tekhnologii*, 2006, vol. 11, pp. 83–87. (In Russ.).
- Jaagus J., Briede A., Rimkus E., Remm K. Variability and trends in daily minimum and maximum temperatures and in the diurnal temperature range in Lithuania, Latvia and Estonia in 1951–2010. *Theor. Appl. Climatol.*, 2014, vol. 118, no. 1, pp. 57–68.
- Keggenhoff I., Elizbarashvili M., King L. Recent changes in Georgia's temperature means and extremes: Annual and seasonal trends between 1961 and 2010. *Weather Clim. Extremes*, 2015, no. 8, pp. 34–45.
- Kharyutkina E.V., Loginov S.V., Usova E.I., Martynova Yu.V., Pustovalov K.N. Tendencies in changes of climate extremality in Western Siberia at the end of the XX century and the beginning of the XXI century. *Fundamental'naya i Prikladnaya Klimatologiya*, 2019, vol. 2, pp. 45–65. (In Russ.).
- Kochugova E.A. Variability of winter minimum temperatures at Predbaikalie. *Izv. Irkutsk. Gos. Univ., Ser. Nauki o Zemle*, 2015, vol. 13, pp. 98–110. (In Russ.).
- Margaryan V.G. Assessment of climatic trend of air temperature at the earth surface in the context of stable development (case of Gyumri city). *Visnik Kharkiv. Natsional'nogo Univ. im. V.N. Karazina, Ser. Geol. Geogr. Ekol.*, 2019, vol. 50, pp. 125–135.
- Margaryan V.G. Trends of extreme temperatures of the surface air layer within the Ararat plain and its foothill zone. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2019, no. 2, pp. 103–107. (In Russ.).
- Margaryan V.G., Samvelyan N.I. The regularities of spatial and temporal change of extremal temperatures of earth layer of atmosphere and its influence on the environment Ararat valley hollow. *Vestn. Voronezh. Gos. Univ., Ser. Geogr. Geoekol.*, 2019, no. 4, pp. 15–22. (In Russ.).
- Margaryan V.G., Simonyan L.M. Estimation of dynamics change of average and extreme annual values of atmospheric air temperature of ground layer of Gyumri. *ICUC9 – 9th Int. Conf. on Urban Climate jointly with 12th Symp. on the Urban Environment*. Toulouse, July 20–24, 2015. 2015, vol. 24.
- Margaryan V.G., Vardanian T.G. The estimation of extremal temperatures of atmospheric air in Armenia (on

- the pattern of Synik marz). In *Technological Processing and Information Control of Environmental Protection of Administrative Region*. 2nd Int. Conf., 22–24 October 2013, Yerevan. Armenia, Yerevan, 2013. 22 p.
- Perova M.V., Podrezov O.A. *Rezhim temperatury vozdukhа v kholodnoe polugodie i klimaticheskie parametry otopitel'nogo perioda na territorii severnogo, severo-zapadnogo Kyrgyzstana* [The Air Temperature Mode in the Cold Half-year and Climatic Parameters of the Heating Period in the Territory of Northern and North-Western Kyrgyzstan]. Bishkek: KRSU, 2013. 181 p.
- Podrezov O.A., Podrezov A.O. Modern climate warming of the Northern and North-Western Kyrgyzstan in the field of the absolute minimum temperatures. *Vestn. KR-SU*, vol. 18, no. 4, pp. 180–187. (In Russ.).
- Shmakin A.B., Popova V.V. Dynamics of climate extremes in northern Eurasia in the late 20th century. *Izv. Atmospheric and Oceanic Physics*, 2006, vol. 42, no. 2, pp. 138–147.
- Surenyan G.G. Synoptic analysis of baric fields forming the climatic conditions of the Republic of Armenia. *Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Erevan, 2010. 145 p. (In Armenian).
- Sylvén M., Reinvang R., Andersone-Lilley Ž. *Climate Change in Southern Caucasus: Impacts on Nature, People and Society*. WWF Norway-WWF Caucasus Programme. July, 2008.
- Titkova T.B., Cherenkova E.A., Semenov V.A. Regional features of changes in winter extreme temperatures and precipitation in Russia in 1970–2015. *Led i Sneg*, 2018, vol. 58, no. 4, pp. 486–497. (In Russ.).
- Tuomenvirta H., Alexandersson H., Drebs A., Frich P., Nordli P. Trends in Nordic and Arctic temperature extremes and ranges. *J. Clim.*, 2000, vol. 13, no. 5, pp. 977–990.
- Unkašević M., Tošić I. Changes in the extreme daily winter and summer temperatures at Belgrade. *Theor. Appl. Climatol.*, 2009, vol. 95, no. 1, pp. 27–38.

УДК 504.4.054;556.06(1/9)

## ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ ВЫНОСА БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ С РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА НА ТЕРРИТОРИЮ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

© 2022 г. В. Ю. Георгиевский<sup>а, \*</sup>, Л. П. Алексеев<sup>а</sup>, А. Ю. Брюханов<sup>б, \*\*</sup>, Д. В. Георгиевский<sup>а</sup>,  
П. А. Голосовский<sup>а</sup>, Е. А. Грек<sup>а</sup>, В. В. Костко<sup>а</sup>, О. М. Кузнецова<sup>а</sup>, Т. Г. Молчанова<sup>а</sup>,  
Н. С. Обломкова<sup>б</sup>, Т. В. Фуксова<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Государственный гидрологический институт, Санкт-Петербург, Россия

<sup>б</sup>Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства — филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Санкт-Петербург, Россия

\*e-mail: georg@ggi.nw.ru

\*\*e-mail: sznii@yandex.ru

Поступила в редакцию 26.10.2021 г.

После доработки 17.11.2021 г.

Принята к публикации 15.12.2021 г.

На основе материалов государственного мониторинга водных объектов выполнена оценка массы переносимых трансграничными реками бассейна Западной Двины (рр. Западная Двина, Каспля, Свольня, Усвяча, Уща) валового азота и валового фосфора на территорию Республики Беларусь. Выявлено, что межгодовые изменения массы выноса определяются, главным образом, объемом речного стока, что позволило оценить вынос валового азота и фосфора в годы различной водности с использованием данных о средних за 2011–2016 гг. концентрациях биогенных элементов. В рассматриваемом бассейне поступление валового азота и фосфора от точечных источников составляет 1–2% от их суммарного поступления. Оценка диффузной нагрузки выполнена на основании статистических данных за 2016 г. о структуре водосборных площадей, в соответствии с которыми 88% территории заняты естественными типами подстилающей поверхности и только 12% занимают антропогенно-измененные земли, и обобщенных данных о концентрациях биогенных веществ, поступающих в водные объекты с различных типов подстилающей поверхности водосборов. При современном уровне использования водных ресурсов и сложившейся структуре ландшафтов суммарное поступление в гидрографическую сеть бассейна составляет по валовому азоту 4290 т/год в маловодные годы 95% обеспеченности стока и 11600 т/год в многоводные годы 5% обеспеченности, а валового фосфора — 430 и 4300 т/год соответственно. Основной вклад дают природные источники, за счет которых формируется более 60% общей нагрузки. Вынос валового азота составляет от 2070 т/год до 5710 т/год при стоке обеспеченностью 95 и 5%, а валового фосфора — от 359 до 959 т/год. Прогнозные оценки с учетом планируемых изменений в сельскохозяйственном производстве при условии внедрения наилучших доступных технологий показали незначительное по сравнению с современным уровнем увеличение нагрузки биогенными веществами на водные объекты российской части бассейна Западной Двины и соответствующее увеличение их выноса на территорию Беларуси в пределах 2%.

*Ключевые слова:* бассейн Западной Двины, миграция азота и фосфора, природные и антропогенные факторы, многолетние изменения, прогноз поступления и выноса

DOI: 10.31857/S2587556622020042

### ВВЕДЕНИЕ

Западная Двина — река, протекающая в западной части Восточно-Европейской равнины по территории трех стран: России, Беларуси и Латвии (рис. 1) и впадающая в Рижский залив Балтийского моря. В соответствии с данными Водного кадастра (Ресурсы ..., 1963) река вытекает из небольшого оз. Двина или Двинца, лежащего на высоте 250 м над ур. м. Площадь ее бассейна со-

ставляет 87.9 тыс. км<sup>2</sup>, в том числе в Российской Федерации 26.8 тыс. км<sup>2</sup>. Длина реки — 1020 км, из которых верхние 325 км приходятся на территорию России.

Река Западная Двина пересекает границу с Беларусью в районе д. Сеньково на расстоянии 31 км ниже г. Велиж. Помимо собственно р. Западная Двина трансграничными являются ее притоки: рр. Каспля, Усвяча, Уща и Свольня, а



Рис. 1. Схема водосборного бассейна р. Западная Двина.

также р. Полота, длина которой на российской территории составляет всего 7 км, а площадь водосбора 215 км<sup>2</sup>.

Верхняя часть бассейна р. Западная Двина расположена на Валдайской возвышенности. Рельеф верхней и средней части бассейна носит холмистый характер и отличается типичным моренным ландшафтом – изобилует озерами и болотами, из которых берут начало многие реки системы Западной Двины. В целом, водосборный бассейн находится в зоне избыточного увлажнения.

Реки российской части рассматриваемого бассейна относятся к типу равнинных рек с преобладанием снегового питания. Режим стока в годовом разрезе характеризуется высоким весенним половодьем, относительно низкой летне-осенней меженью, нередко прерываемой дождевыми паводками, и зимней меженью, в течение которой может происходить увеличение водности в период оттепелей.

Решение проблемы охраны и использования водных ресурсов бассейна трансграничной р. Западная Двина осуществляется в соответствии с

Соглашением между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Беларусь о сотрудничестве в области охраны окружающей природной среды от 05.06.1994 г. и Соглашением по охране и рациональному использованию трансграничных водных объектов от 15.10.2012 г.

Российская Федерация как член Хельсинкской комиссии по защите морской среды Балтийского моря (ХЕЛКОМ) имеет обязательства по сокращению поступления биогенных веществ в море в соответствии с принятым коллективным Планом<sup>1</sup>. Для их выполнения необходимо иметь достоверные оценки современной нагрузки на водные объекты (поступления в гидрографическую сеть) и выноса (переноса) валового азота и валового фосфора с российской части бассейна Западной Двины на территорию Беларуси и прогноз на ближайшую перспективу с учетом планов

<sup>1</sup> Helcom meeting portal // Workshop on transboundary inputs and retention. 2015. <https://portal.helcom.fi/meetings/Transboundary%20inputs%20WS%201-2015-243>

**Таблица 1.** Обеспеченные значения суммарного годового стока (км<sup>3</sup>) рек бассейна Западной Двины

Бассейн	Средний объем стока, км <sup>3</sup>	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	Обеспеченность, %				
				5	25	50	75	95
Западная Двина	6.88	0.29	1.60	10.3	8.12	6.74	5.48	3.87

развития отраслей экономики, в том числе, сельскохозяйственного производства.

Ниже приводятся результаты исследований, посвященных решению этих задач.

### ОЦЕНКА СТОКА ВОДЫ, ПОСТУПАЮЩЕГО С РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА ЗАПАДНОЙ ДВИНЫ НА ТЕРРИТОРИЮ БЕЛАРУСИ

Вынос биогенных веществ с российской части бассейна реки происходит со стоком воды собственно Западной Двины, а также ее притоков (рр. Каспля, Усвяча, Уща и Свольня), водосборы которых расположены на территории двух государств. Поэтому первоначальной задачей являлось определение и анализ многолетних рядов месячного, сезонного и годового стока этих рек в створах пересечения государственной границы. Для этого использовались данные многолетних наблюдений на гидрологических постах, расположенных как на российской части бассейна (р. Западная Двина – г. Велиж, р. Усвяча – д. Козлово, р. Каспля – г. Демидов), так и на территории Беларуси (р. Нища – д. Соколище, р. Свольня – д. Пользино, р. Дрисса – с. Демехи, р. Полота – д. Янково-1-е). На р. Уща наблюдения за стоком не велись, в связи с чем сток был рассчитан по данным наблюдений по реке-аналогу (р. Нища – д. Соколище). Приведение стоковых рядов к единому многолетнему периоду (1963–2016 гг.) было выполнено с использованием методики, разработанной в ГГИ (Кокорев и др., 2011). Пересчет значений годового и сезонного стока от створов гидрологических наблюдений к створам пересечения государственной границы был выполнен с учетом площадей, не освещенных данными гидрометрических наблюдений. Границы сезонов для всех рек были приняты одинаковыми: весна (март–май), лето (июнь–август), осень (сентябрь–ноябрь), зима (декабрь–февраль).

На рис. 2 приведены хронологические графики годовых объемов стока рек рассматриваемой части бассейна Западной Двины, а также их суммарного стока. Вероятностные характеристики суммарных годовых объемов стока, поступивших с российской части бассейна реки Западная Двина

на на территорию Республики Беларусь, приведены в табл. 1.

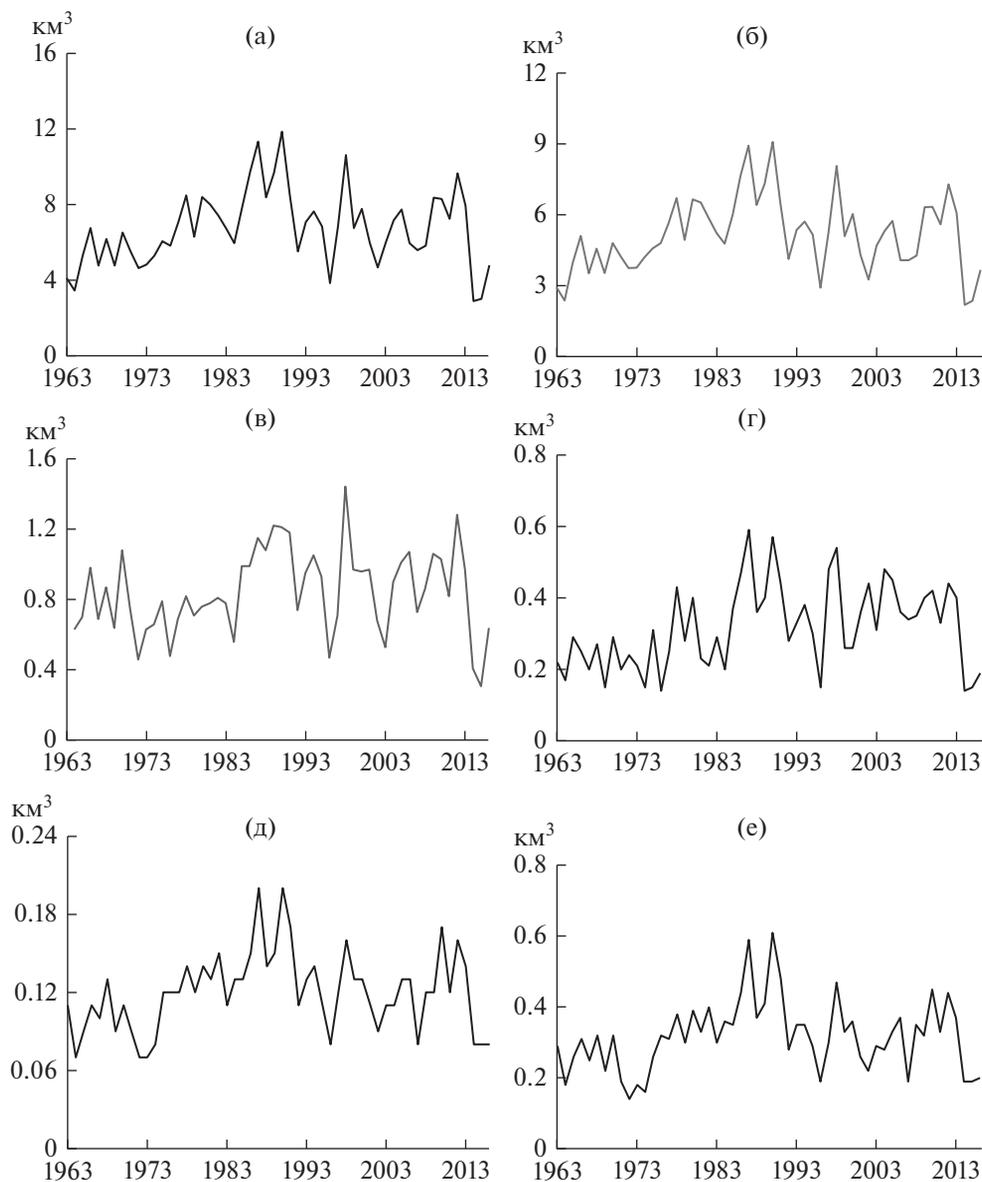
На следующем этапе из многолетнего ряда годовых величин суммарного стока выбирались годы наиболее близкие по водности к обеспеченностям 5, 25, 50, 75 и 95%. Распределение суммарного стока между рр. Западная Двина, Каспля, Усвяча, Уща и Свольня в эти годы принималось в качестве расчетного, так же, как и распределение годового стока этих рек по сезонам. Полученные таким образом объемы годового стока рек российской части бассейна Западной Двины приведены в табл. 2.

### ОЦЕНКА ВЫНОСА ВАЛОВОГО АЗОТА И ФОСФОРА РЕКАМИ БАСЕЙНА ЗАПАДНОЙ ДВИНЫ НА ТЕРРИТОРИЮ БЕЛАРУСИ В РАЗЛИЧНЫЕ ПО ВОДНОСТИ ГОДЫ

Оценка выполнена с использованием расчетных данных по годовому и сезонному стоку рек в створах пересечения государственной границы и материалов режимных гидрохимических наблюдений за содержанием минеральных форм азота и фосфора, проводимых Росгидрометом (р. Западная Двина – г. Велиж), а также выполненных ор-

**Таблица 2.** Составляющие общего годового стока рек (км<sup>3</sup>) российской части бассейна р. Западная Двина в годы близкие по водности к обеспеченностям 5, 25, 50, 75, 95%

Река	Обеспеченность, %				
	5	25	50	75	95
Западная Двина	7.54	5.95	4.95	4.02	2.82
Каспля	1.49	1.16	0.97	0.82	0.60
Усвяча	0.49	0.38	0.30	0.23	0.17
Свольня	0.18	0.15	0.13	0.11	0.07
Уща	0.64	0.48	0.39	0.30	0.21



**Рис. 2.** Годовой сток рек российской части бассейна Западной Двины (км<sup>3</sup>): (а) суммарный сток; (б) Западная Двина; (в) Каспля; (г) Усвяча; (д) Свольня; (е) Уща.

ганизациями Росводресурсов в трансграничных створах рек бассейна Западной Двины (р. Западная Двина – д. Сеньково, р. Уща – д. Турки-Перевоз, р. Усвяча – д. Козлово, р. Каспля – 15 км ниже д. Попара, р. Свольня – д. Забелье) в 2011–2016 гг. Отметим, что размещение пунктов наблюдений на этих реках согласовано Российско-Белорусской Комиссией по охране и использованию трансграничных водных объектов. В работе использованы также результаты специальных полевых исследований в бассейнах рр. Уща и Усвяча, выполненных ГГИ и ИАЭП летом 2017 г.

Анализ связи концентраций минеральных форм азота и фосфора на даты проведения гидро-

химических съемок со среднесуточными расходами воды, а также связи средних за сезон значений концентраций и расходов воды, показал, что для всех рассматриваемых рек они являются статистически незначимыми. В качестве примера на рис. 3 показаны графики связи среднесуточных концентраций минеральных форм азота и фосфора с расходами воды на дату отбора проб для гидрологического поста на р. Западная Двина у г. Велиж, по которому имеется наиболее продолжительный ряд гидрохимических наблюдений (1984–1989 и 1993–2016 гг.).

Многолетние изменения среднегодовых и среднесезонных концентраций минеральных

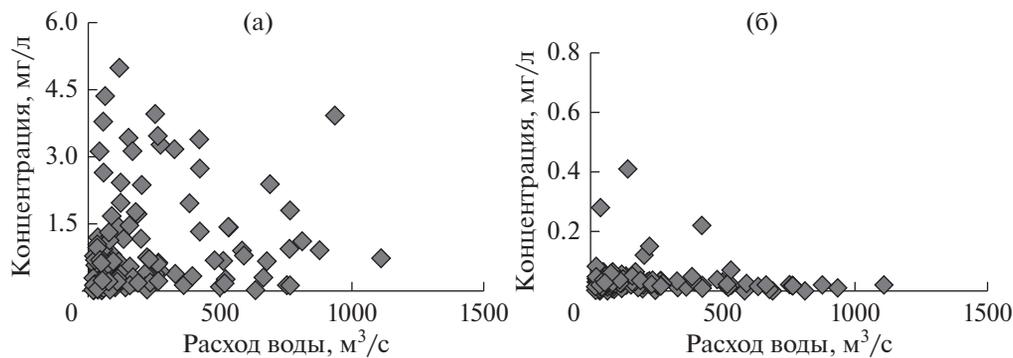


Рис. 3. График связи расходов воды с концентрациями минеральных форм азота (а) и фосфора (б) для гидрологического поста р. Западная Двина – г. Велиж.

форм азота и фосфора на этом посту характеризуются их снижением в 2011–2016 гг. по отношению к 1980-м годам. При этом в последние годы не наблюдается каких-либо направленных изменений концентраций как на реке Западная Двина, так и на ее притоках, что свидетельствует о стабилизации биогенной нагрузки в бассейне. Вариации концентраций в этот период были незначительными и определялись, в основном, случайными погрешностями их определения.

С учетом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что в современных условиях вынос валового азота и фосфора реками бассейна Западной Двины определяется, главным образом, объемом их стока.

Средние сезонные концентрации минеральных форм азота в трансграничных створах рек бассейна Западной Двины за 2011–2016 гг. находятся в диапазоне от 0.109 мг/л в летний период до 0.337 мг/л в зимний для р. Западная Двина, от 0.721 мг/л (лето) до 1.121 мг/л (зима) для р. Каспля, от 0.186 мг/л (лето) до 0.454 мг/л (зима) для р. Усвяча, от 0.167 мг/л (лето) до 0.377 мг/л (зима) для р. Свольня и от 0.208 мг/л (лето) до 0.280 мг/л (зима) для р. Уща. Различия в сезонных концентрациях фосфатов весьма незначительные и лежат в пределах погрешности их определения.

Расчет выноса биогенных веществ на территорию Беларуси в различные по водности годы при современном уровне использования водных ресурсов и сложившейся структуре природных и антропогенно-измененных ландшафтов был выполнен с использованием осредненных за 2011–2016 гг. сезонных концентраций, характеризующих содержание биогенных веществ в единице объема воды (согласно принятым методикам Росгидромета – содержания минеральных форм азота и фосфора) для каждой из рек, пересекающих границу. Так как в европейских странах ХЕЛКОМ принято оперировать значениями концентраций валовых форм азота и фосфора, выполнен пересчет средних за сезон концентраций

минеральных форм в концентрации валовых форм азота и фосфора с использованием переходных коэффициентов: по фосфору коэффициент равный 3, по азоту – 2. Коэффициенты определены на основании анализа данных одновременных наблюдений за содержанием растворенных (минеральных) и валовых форм азота и фосфора в воде рек соседнего близкого по физико-географическим условиям бассейна Чудско-Псковского озера и р. Нарва за 2001–2016 гг. Значения переходных коэффициентов подтверждены результатами определения соотношения концентраций минеральных и валовых форм азота и фосфора, полученными ГГИ и ИАЭП летом 2017 г. в ходе проведения полевых работ в бассейнах рр. Уща и Усвяча.

Годовые объемы стока рек были приняты в соответствии с данными, представленными в табл. 1 и 2, а распределение их по сезонам – по данным наблюдений за годы, когда суммарный сток рек

Таблица 3. Масса выноса валового азота реками российской части бассейна Западной Двины на территорию Беларуси в годы различной водности ( $P = 5, 25, 50, 75, 95\%$ ), т/год

Река	Обеспеченность, %				
	5	25	50	75	95
Западная Двина	3110	2560	2180	1650	1130
Каспля	2000	1190	1010	1120	730
Усвяча	195	150	100	80.0	75.0
Свольня	90.0	75.0	65.0	50.0	35.0
Уща	315	250	210	120	100
Итого	5710	4220	3560	3020	2070

**Таблица 4.** Масса выноса валового фосфора реками российской части бассейна Западной Двины на территорию Беларуси в годы различной водности ( $P = 5, 25, 50, 75, 95\%$ ), т/год

Река	Обеспеченность, %				
	5	25	50	75	95
Западная Двина	730	580	480	390	275
Каспля	180	145	120	100	70.0
Усвяча	30.0	20.0	15.0	15.0	8.10
Свольня	3.90	3.20	2.70	2.20	1.60
Уща	15.0	10.0	8.10	6.30	4.30
Итого	959	758	626	513	359

был наиболее близок по водности к расчетным обеспеченностям. Расчет массы выноса валового азота и фосфора реками российской части бассейна Западной Двины на территорию Беларуси выполнен по средним концентрациям за 2011–2016 гг. при объемах годового стока, формирующегося в российской части бассейна р. Западная Двина, обеспеченностью 5, 25, 50, 75 и 95% (табл. 3 и 4).

#### ОЦЕНКА ВКЛАДА ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ В ВЫНОСЕ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

Для разработки прогноза выноса азота и фосфора на территорию сопредельного государства и разработки научно-обоснованных рекомендаций по минимизации биогенной нагрузки в бассейне р. Западная Двина была выполнена количественная оценка их поступления в гидрографическую сеть от диффузных и точечных источников.

Оценка диффузной нагрузки основывалась на сведениях о площадях различных типов подстилающей поверхности для водосборов рр. Западная Двина, Каспля, Усвяча, Свольня и Уща. При определении площадей за основу были приняты официальные статистические данные за 2016 г.<sup>2</sup> Эти данные относятся к муниципальным районам Псковской, Тверской и Смоленской областей, полностью или частично расположенных в бассейне Западной Двины. Для объективной оценки площадей различного типа в пределах водосборов указанных трансграничных рек, в допол-

<sup>2</sup> Предположительная численность населения Российской Федерации. 2018. [http://gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1140095525812](http://gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140095525812)

нение к информации по муниципальным районам, использованы также информация спутникового зондирования<sup>3</sup> и ГИС-технологии. Результаты оценки площадей различного типа приведены в табл. 5.

Как следует из данных табл. 5, 88% всей территории заняты естественными типами подстилающей поверхности, к которым отнесены леса, болота, водная поверхность, а также сельскохозяйственные земли, не используемые для производства сельскохозяйственной продукции и прочие, не затронутые хозяйственной деятельностью площади. К сельскохозяйственным землям, не используемым для производства сельскохозяйственной продукции, отнесены площади, которые по статистическому учету отнесены к землям сельскохозяйственного назначения, но на которых не осуществлялось и не будет осуществляться выращивание сельскохозяйственных культур. Антропогенно-измененные земли (используемые и залежные сельскохозяйственные земли, урбанизированные территории) занимают 12% всей площади бассейна. К залежным землям отнесены площади, на которых не осуществляется выращивание сельскохозяйственных культур и какая-либо их обработка на протяжении более 1 года. Наибольшая доля антропогенно-измененных земель, в основном сельскохозяйственных, приходится на бассейн р. Каспля – 25% всей площади.

Количественная оценка поступления биогенных веществ в гидрографическую сеть в процессе трансформации дождевых осадков и водоотдачи из снега, поступающих на поверхность водосбора, выполнена с использованием коэффициентов, характеризующих средние их концентрации в стоке с различных типов ландшафтов (табл. 6).

Концентрации валового азота и валового фосфора, поступающих со стоком с естественных ландшафтов, а также урбанизированных территорий были приняты на основе обобщения результатов научных исследований, выполненных как в нашей стране, так и за рубежом (Кондратьев, 2010; Степанова, 2009; Pitkänen, 1994), а также анализа многолетних экспериментальных данных наблюдений за биогенным стоком с малых водосборов, выполненных в Валдайском филиале ГГИ.

Концентрации биогенных веществ, поступающих в гидрографическую сеть с сельскохозяйственных земель, определены по методике ИАЭП (Брюханов, 2017; Брюханов и др., 2016; Методические ..., 2017).

При этом учитывалась фактическая структура сельскохозяйственных угодий (соотношение

<sup>3</sup> Climate change initiative. European Space Agency. 300 m annual global land cover time series from 1992 to 2015. 2015. <https://esa-landcover-cci.org/?q=node/175>

**Таблица 5.** Площадь различных типов подстилающей поверхности речных водосборов российской части бассейна р. Западная Двина, км<sup>2</sup>

Водосбор	Лес	Болота	Водная поверхность	Используемые сельскохозяйственные земли	Залежные сельскохозяйственные земли	Сельскохозяйственные земли, не используемые для производства сельхозпродукции	Урбанизированные территории	Прочие	Сумма
Западная Двина	13905	1162	151	428	1262	1181	98.0	1192	19379
Каспля	1760	136	19.5	332	670	629	25.0	575	4147
Усвячи	790	117	38.4	43.0	119	110	7.40	174	1399
Свольня	335	56.2	14.4	13.0	40.0	37.4	0.98	43.0	540
Уща	710	88.9	77.1	34.0	129	122	9.10	166	1336
Сумма	17500	1560	300	850	2220	2080	140	2150	26800

**Таблица 6.** Концентрация N и P (мг/л) в стоке, поступающем в водные объекты с различных типов подстилающей поверхности водосборов

Элемент	Лес	Болота	Используемые сельскохозяйственные земли	Залежные сельскохозяйственные земли	Сельскохозяйственные земли, не используемые для производства сельхозпродукции	Урбанизированные территории	Прочие
N	0.75	1.50	5.0–12	1.6–2.0	0.90–1.0	3.5–4.0	0.8–1.0
P	0.075	0.072	0.4–1.4	0.16–0.20	0.09–0.10	0.5–1.0	0.08–0.09

площадей под пропашными культурами, многолетними травами, лугами [пастбища], залежи), сложившаяся на уровень 2016 г., типы почв и содержание в них азота и фосфора, количество используемых минеральных и органических удобрений. В результате обобщения информации по биогенной нагрузке были получены средневзвешенные значения концентраций валового азота и валового фосфора для каждого из пяти выделенных водосборов для следующих категорий сельскохозяйственных земель:

– интенсивно используемые земли (пропашные, зерновые и зернобобовые культуры, кормовые культуры);

– залежные земли (выведенные из севооборота и не используемые более 1 года);

– земли, занятые естественной растительностью (на которых не осуществлялось и не будет осуществляться выращивание сельскохозяйственных культур).

Большой диапазон изменения концентрации валового азота и фосфора в стоке с используемых сельскохозяйственных земель (см. табл. 6) подтвержден результатами полевых работ в бассейнах рр. Уща и Усвяча летом 2017 г.

Объемы стока, поступающие с различных видов поверхностей, были определены по данным о слоях стока различной обеспеченности для каждого рассматриваемого водосбора и площадях, занимаемых соответствующими ландшафтами.

Для всех речных бассейнов, сток с которых непосредственно поступает на территорию Белору-

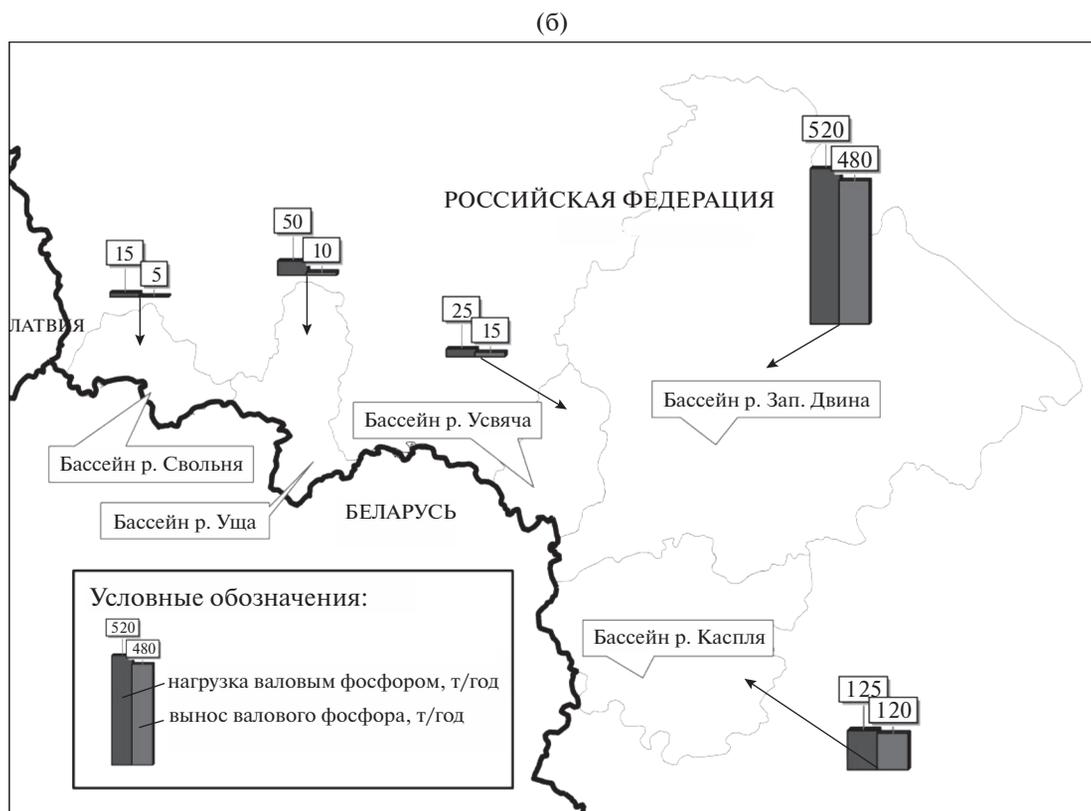
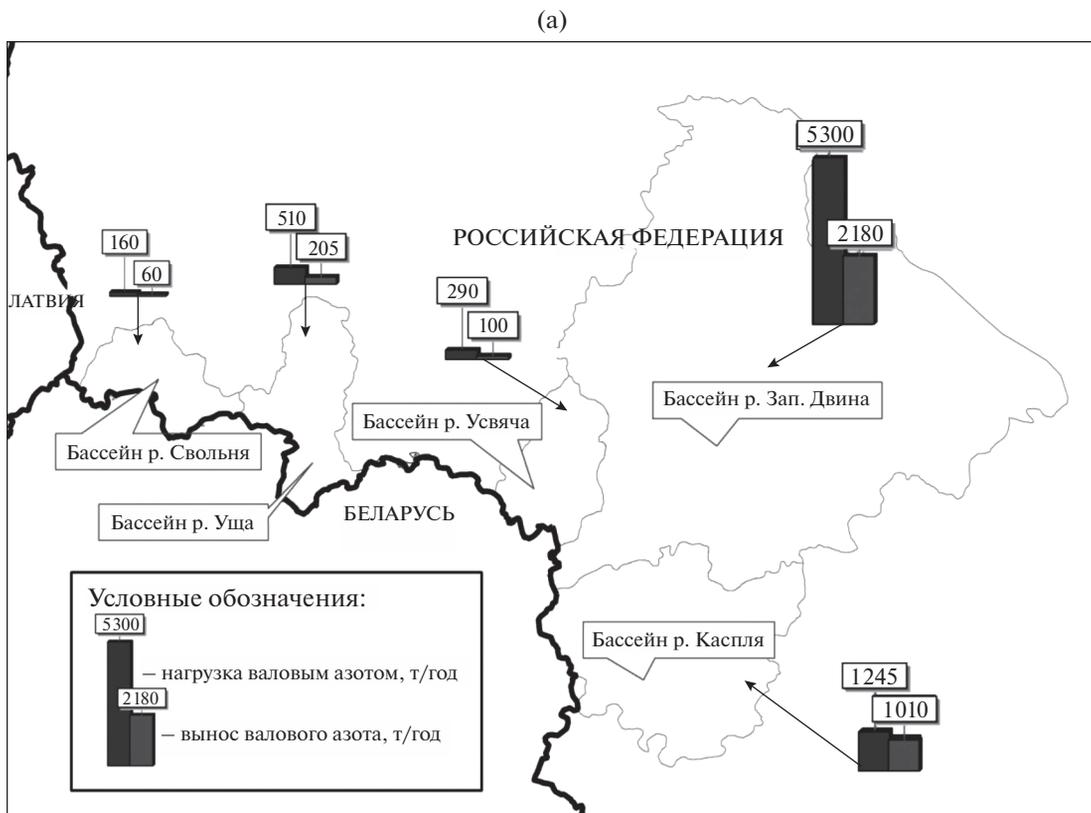


Рис. 4. Современная нагрузка и вынос биогенных веществ реками российской части бассейна Западной Двины на территорию Беларуси при годовом стоке 50% обеспеченности.

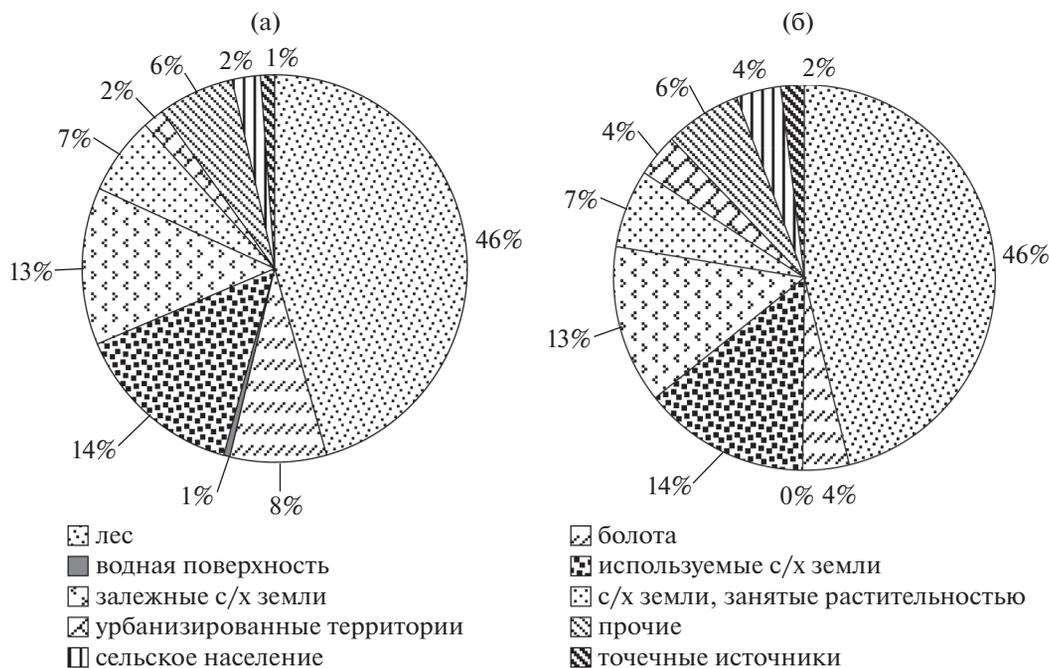


Рис. 5. Вклад природных и антропогенных источников в вынос валового азота и валового фосфора реками российской части бассейна Западной Двины на территорию Беларуси.

си, были рассчитаны сезонные и годовые диффузные биогенные нагрузки (поступление валового азота и валового фосфора) на водные объекты, сформированные стоком с естественных и антропогенно-измененных ландшафтов в различные по водности годы.

Отметим, что в суммарной биогенной нагрузке учитывалось также поступление биогенных веществ от жизнедеятельности сельского населения, проживающего в населенных пунктах с отсутствием централизованной канализации. В соответствии с (Brandt et al., 2009) было принято, что величина суточной эмиссии азота на одного человека составляет 13.5 г, фосфора – 2.1 г. При этом удержание азота составляет 51%, а фосфора – 69%. Учтено также количество валового азота, поступающего на водную поверхность в результате выпавших осадков.

Оценка поступления биогенных веществ в водные объекты от точечных источников загрязнения (промышленные предприятия и объекты жилищно-коммунального комплекса) выполнена по данным государственной статистической отчетности о сбросах сточных вод. Согласно этим данным, современное поступление валового азота от точечных источников в российской части бассейна реки Западная Двина составляет около 90 т/год, а валового фосфора – 15 т/год.

Годовые объемы биогенной нагрузки при стоке 50%-ной обеспеченности приведены на рис. 4.

На этом же рисунке приведены объемы выноса валового азота (см. рис. 4а) и фосфора (см. рис. 4б) на территорию Беларуси.

Полученные результаты оценки нагрузки по валовому азоту и валовому фосфору и массе их выноса позволяют рассчитать величину удержания этих биогенных элементов в гидрографической сети. В целом по бассейну при годовом стоке 50%-ной обеспеченности удержание валового азота составляет 3950 т в год или 53% от его общей нагрузки, а удержание валового фосфора – 106 т в год или 14% от нагрузки. Суммарное поступление в гидрографическую сеть бассейна биогенных веществ в средний по водности год 50%-ной обеспеченности составляет: валового азота 7600 т/год, валового фосфора – 750 т/год. В маловодные годы 95%-ной обеспеченности 4290 т/год валового азота и 430 т/год валового фосфора, а в многоводные годы 5%-ной обеспеченности 11600 и 4300 т/год соответственно.

Распределение вклада природных и антропогенных источников в вынос валового азота и валового фосфора реками российской части бассейна Западной Двины на территорию Беларуси показано на рис. 5.

Из этих данных следует, что в современных условиях большая часть нагрузки и, соответственно, выноса биогенных веществ формируется на территориях, находящихся в естественных условиях: валового азота 68%; валового фосфора

63%. Нагрузка от точечных источников составляет около 1% валового азота и менее 2% валового фосфора. Основным антропогенным источником поступления валового азота и фосфора является сельское хозяйство — его доля в суммарной нагрузке составляет 27%.

### ПРОГНОЗ ПОСТУПЛЕНИЯ И ВЫНОСА БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

Анализ перспективных планов развития различных отраслей хозяйства в российской части бассейна Западной Двины<sup>4</sup> показал, что рост нагрузки валовым азотом и фосфором может произойти только в результате увеличения сельскохозяйственного производства.

При прогнозе было учтено:

- планируемое к 2020 г. дополнительное введение в оборот 7.5 тыс. га сельскохозяйственных земель, не используемых в настоящее время (залежащих земель);

- увеличение поголовья фуражных коров на 1.5 тыс. голов, свиней на 112 тыс. голов (с учетом сопредельных территорий на 215 тыс. голов), сельскохозяйственной птицы на 42 тыс. голов;

- увеличение количества образуемого валового азота и валового фосфора соответственно на 9610 и 2470 т в год;

- прогнозные параметры функционирования животноводческих и птицеводческих комплексов с учетом их перехода в соответствии с законодательством Российской Федерации на наилучшие доступные технологии (НДТ). В части сельскохозяйственного производства и снижения диффузной нагрузки на водные объекты в качестве НДТ учтен переход на экологически безопасные технологии переработки органических отходов животноводства, внесения органических и минеральных удобрений<sup>5</sup>.

Прогнозные значения концентраций валового азота и валового фосфора, поступающих в водные объекты со стоком с сельскохозяйственных полей, были определены на основе прогноза годового поступления азота и фосфора от сельскохозяйственных производств в водные объекты в границах муниципальных районов бассейна За-

падной Двины. Прогнозные данные по районам были обобщены по бассейнам рр. Западная Двина, Каспля, Усвяча, Уща и Свольня, что позволило выполнить оценку на перспективу биогенной нагрузки и выноса валового азота и валового фосфора этими реками на территорию Беларуси.

В соответствии с выполненными прогнозными оценками с учетом планируемых изменений в сельскохозяйственном производстве, связанных с увеличением поголовья скота и птицы, увеличением площадей сельскохозяйственных угодий, изменением содержания валового азота и валового фосфора в органических удобрениях, ожидается незначительное по сравнению с современным уровнем увеличение нагрузки биогенными веществами на водные объекты российской части бассейна Западной Двины. При расчете переноса валового азота и валового фосфора доля их удержания от общей нагрузки принята аналогичной современному уровню. Прогнозная оценка выноса валового азота и фосфора на территорию Беларуси показала незначительное его увеличение в пределах 2%.

На основе этих данных можно сделать вывод о практической стабилизации воздействия биогенной нагрузки на водохозяйственную обстановку в бассейне. Необходимым условием для стабилизации является реализация планов перехода животноводческих и птицеводческих на НДТ<sup>6</sup>.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе был реализован методический подход по оценке и прогнозу нагрузки биогенными веществами на российскую часть бассейна р. Западная Двина и их выноса на территорию Республики Беларусь, основанный на использовании данных государственного мони-

<sup>4</sup> О внесении изменений в постановление Правительства Тверской области от 25.12.2012 № 806-пп. <http://docs.cntd.ru/document/460281961> (дата обращения 17.04.2018); ООПТ России // Схема территориального планирования Смоленской области. Материалы по обоснованию. Омск, 2017. 382 с. <http://oop.t.aari.ru/ref/1666>; Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации // О Программе социально-экономического развития Тверской области на период до 2020 года. 2018. <http://docs.cntd.ru/document/460188099> (дата обращения 17.04.2018); Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации // Об утверждении Схемы территориального планирования Псковской области (с изменениями на 1 июня 2017 года). <http://docs.cntd.ru/document/924025711> (дата обращения 17.04.2018).

<sup>5</sup> Интенсивное разведение свиней // Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. М.: Бюро НДТ, 2017. 303 с. <http://www.burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1138&etkstructure> (дата обращения 17.04.2018); Интенсивное разведение сельскохозяйственной птицы // Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. М.: Бюро НДТ, 2017. 129 с. <http://www.burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1140&etkstructure> (дата обращения 17.04.2018); Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации // Федеральный закон “О техническом регулировании” от 27.12.2002 № 184-ФЗ (с изменениями на 29 июля 2017 года). <http://docs.cntd.ru/document/901836556> (дата обращения 17.04.2018).

<sup>6</sup> Интенсивное разведение свиней // Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. М.: Бюро НДТ, 2017. 303 с. <http://www.burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1138&etkstructure> (дата обращения 17.04.2018); Интенсивное разведение сельскохозяйственной птицы // Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. М.: Бюро НДТ, 2017. 129 с. <http://www.burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1140&etkstructure> (дата обращения 17.04.2018).

торинга водных объектов, результатах специальных полевых работ, сведениях о структуре поверхности водосборов и применении физико-статистических методов анализа.

В результате выполненных исследований установлено, что основным фактором, определяющим массу выноса биогенных веществ на территорию сопредельного государства, является объем стока, формирующийся в российской части бассейна р. Западная Двина. При современном уровне использования водных ресурсов и сложившейся структуре естественных и антропогенно-измененных ландшафтов, вынос валового азота составляет от 2070 до 5710 т/год при стоке обеспеченностью 95 и 5%, а валового фосфора — от 359 до 959 т/год. При этом суммарное поступление в гидрографическую сеть бассейна составляет по валовому азоту соответственно — 4290 и 11600 т/год, а валового фосфора — 430 и 4300 т/год. Основной вклад в биогенное поступление в водные объекты дают природные диффузные источники, за счет которых формируется 68 и 63% общей нагрузки валовым азотом и валовым фосфором. Среди антропогенных источников диффузной нагрузки основной вклад вносят используемые в сельском хозяйстве земли — около 27%. Точечные источники загрязнения дают не более 1–2% общей биогенной нагрузки.

Прогнозная оценка поступления валового азота и фосфора в российской части реки Западная Двина и их выноса на территорию Беларуси, выполненная с учетом ожидаемого дополнительного введения в оборот сельскохозяйственных земель, увеличения количества крупного рогатого скота, свиней, птиц и внедрения наилучших доступных технологий в сельскохозяйственном производстве показала их незначительное увеличение в пределах 2%.

Полученные результаты могут быть использованы в работе Совместной Российско-Белорусской Комиссии по охране и использованию трансграничных водных объектов для обоснования позиции российской стороны.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Брюханов А.Ю.* Методы проектирования и критерии оценки технологий утилизации навоза, помета, обеспечивающие экологическую безопасность: Дис. ... д-ра техн. наук. СПб.: Санкт-Петербургский аграрный ун-т (ФГБУ ВО СПб ГАУ), 2017. 440 с.
- Брюханов А.Ю., Кондратьев С.А., Обломкова Н.С., Оглуздин А.С., Субботин И.А.* Методика определения биогенной нагрузки на водные объекты от сельскохозяйственного производства // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2016. № 89. С. 175–183.
- Кокорев А.В., Рождественский А.В., Лобанова А.Г.* Программные средства автоматизации инженерных гидрологических расчетов // Руководство пользователя HydroStatCalc. 2011. <http://www.hydrology.ru/ru/content/rukovodstvo-polzovatelya-programmy-hydrostatcalc>
- Кондратьев С.А.* Моделирование абиотических процессов в системе водосбор-водоем. СПб.: Нестор-История, 2010. 116 с.
- Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета // РД-АПК 1.10.15.02-17. М., 2017. 167 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Л.: Гидрометеиздат, 1963. Т. 5. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. 304 с.
- Степанова Е.В.* Геоэкологическое обоснование предельных уровней экспорта биогенных элементов с территорий стран бассейна Балтийского моря: Дис. ... канд. геогр. наук. СПб.: Рос. гос. гидрометеорол. ун-т (РГГМУ), 2009. 223 с.
- Brandt M., Ejhed H., Rapp L.* Nutrient loads to the Swedish marine environment in 2006. Report 5995. Stockholm: Swedish environmental protection agency, 2009. 95 p. ISBN 978-91-620-5995-8.pdf.
- Pitkänen H.* Eutrophication of the Finnish coastal waters: origin, fate and effects of riverine nutrient fluxes // National Board of Waters and the Environ. Helsinki: Publications of the Water and Environment Research Institute, 1994. № 18. 44 p.

## Assessment and Forecast of Nutrient Loading from the Russian Part of the Zapadnaya Dvina River Basin to Belarus

V. Yu. Georgievsky<sup>1</sup>, \*, L. P. Alekseev<sup>1</sup>, A. Yu. Bryukhanov<sup>2</sup>, \*\*, D. V. Georgievsky<sup>1</sup>, P. A. Golosovsky<sup>1</sup>, E. A. Grek<sup>1</sup>, V. V. Kostko<sup>1</sup>, O. M. Kuznetsova<sup>1</sup>, T. G. Molchanova<sup>1</sup>, N. S. Oblomkova<sup>2</sup>, and T. V. Fuksova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>State Hydrological Institute, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production, St. Petersburg, Russia

\*e-mail: georg@ggi.nw.ru

\*\*e-mail: sznii@yandex.ru

Total nitrogen and phosphorus loading to the territory of the Republic of Belarus with the transboundary rivers of Zapadnaya Dvina basin (Zapadnaya Dvina, Kasplya, Svolnya, Usvyacha, Ushcha rivers) was evaluated

based on materials of the state water bodies monitoring. It has been revealed that interannual changes in loading are mainly determined by the river runoff volume. This allowed assessing volumes of total nitrogen and phosphorus loading in years of different water yield. In the research basin, total nitrogen and phosphorus loading from point sources is 1–2% of the entire loading. Assessing the diffuse loading was carried out based on statistical data on land use within the basin, 2016. According to this data, 88% of the underlying surface is natural, and only 12% is anthropogenically altered. At the current level of water resources use and the existing landscapes, the total nitrogen loading to the hydrographic network of the basin is 4290 tons/year, at 95% runoff probability, and 11 600 tons/year in high water years, at 5% probability; and 430 and 4300 total phosphorus tons/year, respectively. Natural sources make the main contribution, more than 60% of the total loading. Total nitrogen loading varies 2070 to 5710 tons/year at 95% and 5% runoff probability; and total phosphorus – 359 to 959 tons/year. The projections, based on the planned changes in agricultural production, subject to the introduction of the best available technologies, have shown an insignificant increase in nutrient loading to water bodies of the Russian part of Zapadnaya Dvina basin and a corresponding increase in their removal to Belarus up to 2%.

*Keywords:* Zapadnaya Dvina River basin, nutrients, loading, diffuse sources, assessment, forecast

## REFERENCES

- Brandt M., Ejhed H., Rapp L. *Nutrient Loads to the Swedish Marine Environment in 2006*. Report no. 5995 of Swedish Environmental Protection Agency. Stockholm, 2009. 95 p.
- Bryukhanov A.Yu. Design methods and criteria for the evaluation of utilization technologies of manure and droppings, providing environmental safety. *Doctoral Sci. (Techn.) Dissertation*. St. Petersburg: St. Petersburg Agrarian Univ., 2017. 440 p.
- Bryukhanov A.Yu., Kondrat'ev S.A., Oblomkova N.S., Ogluzdin A.S., Subbotin I.A. The method for determining the nutrient load on water bodies from agricultural production. *Tekhnologii i Tekhnicheskie Sredstva Mekhanizirovannogo Proizvodstva Produktsii Rasteniyevodstva i Zhivotnovodstva*, 2016, vol. 89, pp. 175–183. (In Russ.).
- Kokorev A.V., Rozhdestvenskii A.V., Lobanova A.G. *Programmnye sredstva avtomatizatsii gidrologicheskikh raschetov. Rukovodstvo pol'zovatelya HydroStatCalc* [Software Tools For Automation Of Hydrological Engineering Calculations. HydroStatCalc User Manual]. St. Petersburg, 2015. Available at: <http://www.hydrology.ru/ru/content/rukovodstvo-polzovatelya-programmy-hydrostatcalc> (accessed: 29.12.2021). (In Russ.).
- Kondrat'ev S.A. *Modelirovanie abioticheskikh protsessov v sisteme vodosbor-vodoem* [Modeling Abiotic Processes in a Catchment-Water Reservoir System]. St. Petersburg: Nestor-Istoriya Publ., 2010. 116 p.
- Methodical Recommendations on Technological Designing Systems of Manure and Bird Droppings Removal and Preparation for Use. AIC-RD 1.10.15.02-17. Moscow. 2017. 167 p. (In Russ.).
- Pitkänen H. *Eutrophication of the Finnish Coastal Waters. Origin, Fate and Effects of Riverine Nutrient Fluxes*. Publications of the Water and Environment Research Institute, no. 18. Helsinki: National Board of Waters and the Environment, 1994. 44 p.
- Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Gidrologicheskaya izuchennost'* [USSR Surface Water Resources. Hydrological Study]. Vol. 5: *Belorussiya i Verkhnee Podneprov'e* [Belarus and the Upper Dnieper]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1963. 304 p.
- Stepanova E.V. Geocological basis for limiting levels of exports of nutrient elements from the territories of the countries of the Baltic Sea basin. *Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. St. Petersburg: Russian State Hydrometeorol. Univ., 2009. 223 p.

УДК 504.055

## ТЕХНОГЕННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ НА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ И ПОДХОДЫ К ИХ КАРТОГРАФИРОВАНИЮ

© 2022 г. В. И. Стурман<sup>а</sup>, \*, А. Н. Логиновская<sup>а</sup><sup>а</sup>Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени проф. М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, Россия

\*e-mail: st@izh.com

Поступила в редакцию 13.08.2020 г.

После доработки 16.10.2021 г.

Принята к публикации 15.12.2021 г.

Электромагнитные поля – фактор окружающей среды, состояние которого продолжает ухудшаться по мере роста распространенности и мощности электрических приборов и устройств. Обращено внимание на необходимость изучения, наряду с медико-биологическими и физико-техническими аспектами техногенных электромагнитных полей, также их пространственной и временной изменчивости. Для этого необходимо использование картографирования и мониторинга. Статья посвящена анализу первых опытов картографического представления характеристик электромагнитных полей в России и в других странах. Представлены осредненные по городам характеристики магнитной индукции и распределение ее значений по функциональным зонам и типам застройки. Установлено, что наиболее высокие значения напряженности магнитного поля промышленной частоты, порядка сотен нанотесла, как в России, так и в зарубежных странах Европы, свойственны историческим центрам городов. Рассчитана достоверность полученных значений. Отмечено, что достоверности результатов, наряду с объемами выборок, способствуют контрастность и внутренняя однородность выделяемых таксонов. Выполнено сравнение доступных в настоящее время данных о степени остроты проблем электромагнитного загрязнения в городах России и зарубежных стран. Полученные данные свидетельствуют о сопоставимости уровней электромагнитного загрязнения. Охарактеризованы аномалии техногенных магнитных полей урбанизированных территорий и факторы, влияющие на распространение аномалий. Обоснована предпочтительность организации измерений с пространственной привязкой каждого замера, а также изолинейной формы картографического представления результатов.

*Ключевые слова:* электромагнитные поля, электрические поля, напряженность, магнитные поля, низкочастотные и высокочастотные поля, мониторинг, картографирование, Россия, страны мира

DOI: 10.31857/S2587556622020091

### ВВЕДЕНИЕ

Изучению медико-биологических аспектов проблемы электромагнитных полей посвящена многочисленная литература; в числе возможных последствий их воздействия указываются: нарушения функционирования сердечно-сосудистой системы, обмена веществ, эндокринной, иммунной и репродуктивной систем (Сподобаев, Кубанов, 2000; Яковлева, 1973; d' Amore et al., 1999; Gajšek et al., 2016)<sup>1</sup>. Однако, несмотря на большое количество исследований и публикаций, данная

проблема в целом остается относительно слабо изученной.

Электромагнитные поля – едва ли не единственный фактор окружающей среды, состояние которого в настоящее время продолжает ухудшаться по мере роста распространенности и мощности электрических приборов и устройств различного назначения. Так, за последние 10–15 лет XX в. токовые номиналы предохранителей в квартирах увеличились с 5–6 до 20–25 ампер, что означает увеличение потребляемой мощности в 10–25 раз и, как следствие, электромагнитных полей в квартирах в 5–6 раз (Сподобаев, Кубанов, 2000). Пониманию проблем электромагнитной экологии и поиску путей их решения препятствуют очень глубокий междисциплинарный разрыв между медико-биологическими и физико-техническими подходами, а также отрыв

<sup>1</sup> См. также: Current Status of Research on Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields and Health. Seacoast Reliability Project. Submitted to: New Hampshire Public Utilities Commission September 4, 2015. <https://www.semanticscholar.org/paper/Current-Status-of-Research-on-Extremely-Low-and-and/41b39ada44ab7405cf8475f762f83fafdea20a70?p2df> (дата обращения 16.07.2020).

их обоих от немногочисленных пока исследований реального состояния электромагнитной среды на тех или иных территориях. Электромагнитным (электрическим и магнитным) полям свойственна сильно выраженная пространственная изменчивость и временная динамика. Поэтому для понимания реального состояния электромагнитной среды требуется использование отработанных на примере других факторов окружающей среды, методов картографирования и мониторинга (географических в своей основе). Это означает для географической науки наличие новых возможностей и потенциальной “точки роста”.

Наибольшее внимание, в том числе в плане картографирования, привлекают магнитные поля промышленной частоты (50 или 60 Гц в разных странах) от линий и сетей электропередачи, промышленного и бытового оборудования, а также высокочастотные поля мобильных телефонов и станций сотовой связи. Электрические поля обладают в сравнении с магнитными многократно меньшей проникающей способностью и в силу этого достигают значимых и потенциально опасных величин только в непосредственной близости от высоковольтных линий и других мощных объектов электросетевого хозяйства. Соответственно, картографирование электрических полей промышленной частоты практически сводится к картографированию линий электропередачи и трансформаторных подстанций (Экологический ..., 1992; Электромагнитная ..., 2009). Магнитные поля промышленной частоты формируются не только линиями электропередачи, но и многообразными другими источниками, обладают высокой проникающей способностью и в силу этого представлены на урбанизированных территориях повсеместно.

Действующие в России нормативы электромагнитных полей были установлены в 1980-х годах и с тех пор не пересматривались. До недавнего времени российские нормативы относились к числу наиболее строгих в мире. Однако к настоящему времени 12 стран, преимущественно из числа высокоразвитых, ввели в действие более жесткие, чем в России, нормативы электромагнитных полей радиочастотного диапазона (Григорьев, 2019). Что касается низкочастотных полей (включая промышленный диапазон частот), то в большинстве экономически развитых стран их негативное воздействие на здоровье до недавнего времени считалось недоказанным. В настоящее время общепринятые нормативы отсутствуют, но в качестве примерного безопасного уровня магнитной индукции (измеряется в тесла-единицах и производных величинах — таких, как микротесла —  $\mu\text{T}$ , мкТл, или нанотесла — нТл) на основании результатов новейших исследований указываются величины 0,4 мкТл (400 нТл) (Paniagua et al., 2007) и даже 0,2 мкТл (200 нТл) (Muller, 1996). Это на по-

рядок ниже наиболее жестких из действующих в России нормативов магнитных полей (5 мкТл в жилых зданиях, детских, дошкольных, школьных, общеобразовательных учреждениях, согласно СанПиН 1.2.3685-21) и на три порядка ниже безопасного уровня для населения, рекомендованного Всемирной организацией здравоохранения (100 мкТл), а также Международной комиссией по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP) в (ICNIRP ..., 2010) и Консультативным советом Европейского союза в (Directive ..., 2004). 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<sup>2</sup>. Однако в целом ситуация, когда по странам стандарты различаются на три порядка, говорит сама за себя. Не выявлены и экологические последствия ожидаемого (а в ряде стран и уже происшедшего) перехода к стандарту телекоммуникаций 5G.

Работа по совершенствованию гигиенических нормативов радиочастотного диапазона получила на ближайшие годы наивысший приоритет и ведется очень активно, так что основной разработчик — IARC (Международное агентство по исследованию рака Всемирной организации здравоохранения) временно (на 2020–2024 гг.) отложило совершенствование нормативов электромагнитных полей промышленного диапазона. При этом важно отметить, что разработчики “международных” нормативов — общественные профессиональные объединения, которые не регулируются национальными законодательствами или межгосударственными соглашениями и не несут юридической или финансовой ответственности перед национальными системами здравоохранения за последствия использования рекомендованных ими стандартов (Григорьев, 2019). Есть основания полагать, что при принятии решений об установлении новых стандартов будут учитываться не только результаты экспериментов с биологическими объектами (существуют определенные проблемы в том, что касается интерпретации в отношении человека наблюдений за лабораторными животными, преимущественно мелкими, с иной глубиной расположения в теле жизненно важных органов), но и данные натуральных исследований полей, присутствующих в окружающей среде. Это породило определенный интерес к изучению пространственного распределения электромагнитных полей, в том числе с созданием карт. Однако работы подобного рода пока остаются

<sup>2</sup> Opinion on Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF), Radio Frequency Fields (RF) and Microwave Radiation on human health Expressed at the 27th CSTE meeting Brussels, 30 October 2001. [http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/sct/documents/out128\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/sct/documents/out128_en.pdf) (дата обращения 16.07.2020).

ся достаточно редкими, методы их выполнения не унифицированы, а результаты неоднозначны.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

С 2016 г. нами выполнены исследования техногенных электромагнитных полей промышленной частоты в ряде городов России (Стурман, 2019; Стурман, Широков, 2018; и др.). Исследования включали:

– мониторинг электрических и магнитных полей ЛЭП непосредственно под проводами в местах их наибольшего провисания и на удалении от них 10, 15, 20 м и т.д. (4 профиля в Санкт-Петербурге и окрестностях, периодичность в среднем 1 раз в неделю);

– однократные измерения электрических и магнитных полей ЛЭП по аналогичной методике (30 профилей в Санкт-Петербурге и окрестностях, по 1–2 профиля в перечисляемых ниже городах, где выполнялись также точечные однократные замеры в целях создания карт);

– мониторинг магнитных полей от совокупности источников в жилых зонах в 4 точках в Санкт-Петербурге – около 70 измерений в 2017 г.;

– однократные измерения в отдельных точках городских территорий, на удалении от воздушных ЛЭП (Москва, Санкт-Петербург, Казань, Ижевск, Калининград, Петрозаводск, Белгород).

Во всех случаях использовался прибор Giga-hertz Solutions ME 3830 В М/Е Analyser, позволяющий измерять для промышленной частоты 50 Гц напряженность электрического поля в диапазоне от 1 до 2000 в/м и интенсивность магнитного поля (магнитную индукцию) в пределах от 1 до 2000 нТл. Поскольку прибор имеет однокоординатный датчик магнитного поля, в каждой точке путем изменения положения прибора (вращение вокруг горизонтальной и вертикальной оси) находилось положение, при котором ось датчика совпадала с ориентацией полного вектора магнитного поля, и величина магнитной индукции достигала максимума для данной точки. Измерения выполнялись на стандартной высоте 1.8 м от поверхности земли. Для единообразия условий и облегчения последующей интерпретации мониторинговые измерения, по возможности, проводились в точках, фиксирующихся по местным ориентирам (приметные деревья, особенности микрорельефа, элементы ограждений, скамейки), а однократные измерения на городских территориях – по возможности, в условиях однородного использования территории и характера застройки.

При обработке результатов выделялись аномальные значения на основе общепринятой формулы среднего квадратического отклонения, с использованием программного продукта Excel, а

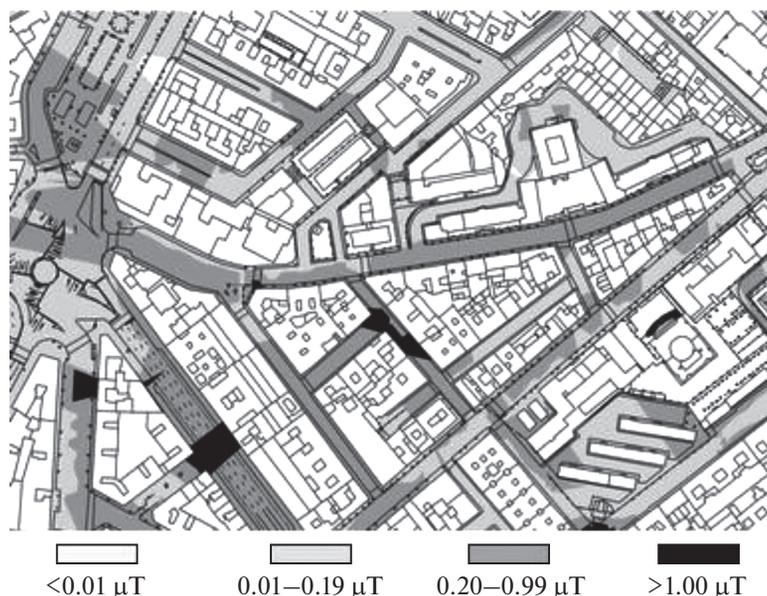
также выполнялся пространственный анализ в программном комплексе ArcGIS ArcMap.

**Сравнение существующих подходов к организации измерений и картографирования техногенных электромагнитных полей.** В целом в мире в настоящее время сложились следующие подходы к изучению техногенных электромагнитных полей.

*Детальное сплошное картографирование на основе применения автоматизированных комплексов*, позволяющих проводить измерения через заданный интервал времени (порядка секунд) или расстояния (порядка нескольких метров). Элементарные замеры, число которых достигает многих тысяч, фиксируются на входящем в состав комплекса электронном носителе, осуществляющем также и обработку результатов. Показателем объема работы становится не столько число замеров, сколько протяженность или площадь пройденных тротуаров и пешеходных улиц. Результаты (показатели магнитной индукции) выдаются в виде линейных и отчасти площадных обозначений, относящихся к соответствующим участкам улиц. Такие работы проводились в нескольких городах Западной Европы (d'Amore et al., 1999; d'Amore et al., 2001; Lindgren et al., 1999; Lindgren et al., 2001; Paniagua et al., 2007; Straume et al., 2008). Измерения выполнялись на высоте 1 м от поверхности земли. К сожалению, в упомянутых зарубежных исследованиях содержались лишь сведения о марке использованного прибора (Emdex II) (d'Amore et al., 1999; d'Amore et al., 2001), о калибровке оборудования в системе ISO 9001 (Paniagua et al., 2007), либо вообще не содержалось сведений о средствах измерения и погрешностях.

Как видно из рис. 1, представляющего результаты исследования в историческом центре г. Кассерос (Испания), при высокой детальности исследования в пределах улично-дорожной сети и площадей, внутриквартальные пространства в рамках данного подхода не охарактеризованы. В отдельных случаях дают о себе знать такие “издержки осреднения”, как резкие перепады значений, с выпадением промежуточных интервалов значений и неестественно прямолинейные границы.

*Измерения и картографирование при помощи ручных приборов*, по заданной сетке или без нее, с более традиционными способами фиксации и последующей обработки данных замеров. Результаты выдаются в виде изолинейных карт, построенных автоматически или вручную, с учетом принципа географической интерполяции. Такой подход применен нами в ряде городов России; основные результаты представлены ниже. В этом случае, как видно из примера (рис. 2), представляющего территорию г. Москвы (МГУ и близлежащие кварталы), изолинии передают постепенность изменений уровней магнитной индукции, а



**Рис. 1.** Пример картографического представления результатов изучения техногенного магнитного поля в пределах улично-дорожной сети путем непрерывных замеров автоматизированным комплексом (Paniagua et al., 2007).

не выражающиеся в масштабе карты аномалии отображаются посредством значков. Данный район характеризуется сравнительно невысокими значениями магнитной индукции, близкими (за редкими исключениями) к значениям рекреационных зон и площадей. Расположение небольших участков повышенных значений с высокой вероятностью отражает наличие мощного или работающего с повышенной нагрузкой электрооборудования. Судя по низким значениям магнитной индукции, представленные в близлежащих кварталах многоэтажные здания, как постройки 1950-х годов, так и современные, оснащены системами электропроводки, успешно справляющимися с нагрузками от современной бытовой и прочей техники.

*Измерения в отдельных, сравнительно немногочисленных точках*, с составлением схематических карт, либо без публикации картографических материалов. Учет характера застройки не предусматривается. Результаты обычно ограничиваются констатацией наличия или отсутствия превышения гигиенических стандартов. Такого рода измерения проводятся как в России, так и за рубежом, освещение их результатов является до сих пор преобладающим типом публикаций по проблемам электромагнитных полей (Васильев и др., 2012; Ивлева, 2016).

*Мониторинг*, т.е. более или менее регулярно повторяющиеся измерения в одних и тех же точках, с последующим построением и анализом графиков, в целях выявления роли сезонных и иных факторов динамики электромагнитных по-

лей. Примеры реализации мониторинга единичны (Стурман, 2019).

**Методические подходы к изучению и оценке высокочастотных электромагнитных полей радиочастотного диапазона.** В данной области до сих пор не достигнуто понимание взаимоотношений между расчетными и инструментальными методами. Среди специалистов преобладает мнение о предпочтительности расчетных методов на стадии проектирования и телеметрической информации в сетях сотовой связи на этапе эксплуатации (Мордачев, 2019; Сподобаев, Кубанов, 2000). Расчетные методы в целом преобладают, они реализуются преимущественно в форме оценок допустимости установки базовых станций мобильной связи в тех или иных точках жилых зон, с учетом мощности и конфигурации конкретных антенных устройств (например, [Stacenko, 2020]). Но в целом, оценки воздействия базовых станций мобильной связи выполняются в форме санитарно-эпидемиологических экспертиз передающих радиотехнических объектов как рутинные операции, число которых в крупнейших городах России достигает тысяч ежегодно. Опыты картографирования высокочастотных полей от объектов мобильной связи на основе инструментальных данных пока единичны.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основные результаты исследований магнитных полей промышленной частоты (показатели магнитной индукции) представлены в табл. 1.

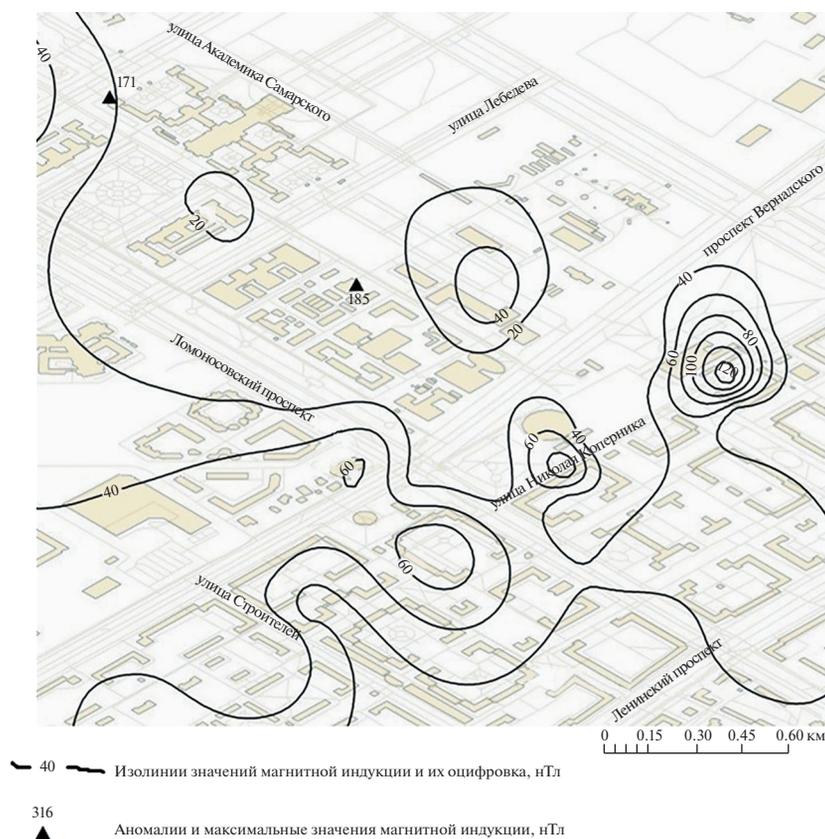


Рис. 2. Пример изолинейной карты техногенного магнитного поля промышленной частоты.

Как видно из таблицы, средние значения магнитной индукции в российских городах сопоставимы и ниже, чем в западноевропейских и китайском. Однако за средними характеристиками для городов в целом скрываются значительные различия между функциональными зонами городов и типами застройки. Распределение точек измерения по функциональным зонам и типам застройки не может не сказываться на средних характеристиках. Характеристики магнитной индукции, осредненные по типам использования территории и характеру застройки, представлены в табл. 2. Схожий характер распределения показателей магнитной индукции (максимумы в исторических центрах, более низкие значения в районах современной застройки, минимумы в рекреационных зонах и на площадях) выявлен во всех указанных в табл. 2 городах, хотя в каждом из них есть специфические особенности (Стурман, 2019; Стурман, Широков, 2018).

Для оценки достоверности полученных результатов, были выполнены расчеты критерия Стьюдента. Как следует из представленных в табл. 3 результатов, достоверные значения удалось получить далеко не во всех случаях. На результатах сказались как объемы выборок, так и

степень их внутренней однородности. Достоверные значения получались для парков и других рекреационных территорий, контрастирующих с остальными функциональными зонами, и при объединении относительно близких типов застройки (Санкт-Петербург, Белгород). Выявляются достаточно значимые различия между крупными таксонами: историческая застройка — застройка второй половины XX в. — рекреационные зоны и площади. Низкая достоверность получалась при дроблении выборок по функциональным зонам и типам застройки (районы современной застройки в Санкт-Петербурге, Ижевск, Калининград), а также при значительном распространении аномальных значений (Москва, Калининград, Петрозаводск).

Показатели магнитной индукции по типам застройки отражают состояние электропроводки (повышенные значения обычно бывают, когда электропроводка устраивалась в прошедшие десятилетия и не соответствует нагрузкам от современной бытовой и прочей техники), а также насыщенность жилых домов электрическими бытовыми приборами. В целом, по данным исследований в российских городах, сопоставимые с западноевропейскими характеристики магнитной индукции

**Таблица 1.** Результаты исследований магнитных полей промышленной частоты в городах России и зарубежных стран

Территория исследования	Объем исследования	Среднее значение магнитной индукции, нТл	Коэффициент вариации, %	Максимум, нТл	Источники
г. Касерес, Испания	27743 измерений, 140 км тротуаров	105	15.6	7300	Paniagua et al., 2007
г. Гетеборг, Швеция	0.5 км <sup>2</sup> вдоль канала Vallgraven	340		5900	Lindgren et al., 1999; Lindgren et al., 2001
г. Турин, Италия	~ 120000 измерений	190	152.6	5730	d' Amore et al., 1999; d' Amore et al., 2001
г. Тронхейм, Норвегия	17 км тротуаров	130 (лето), 850 (зима, мороз), 900 (зима, снег)		37000	Straume et al., 2008
г. Сямынь, Китай		От 110 до 500 (по функциональным зонам)			Tang et al., 2019
г. Москва (отдельные микрорайоны)	194 измерения	94/57*	179.7	Более 2000**	Данные автора
г. Санкт-Петербург	330 измерений	163/133*	138.6	Более 2000**	Данные автора
Центральный район Санкт-Петербурга	648 измерений; 17.2 км <sup>2</sup>	215	127.3	Более 2000**	Стурман, Широков, 2018
МО "Город Пушкин" (Санкт-Петербург)	160 измерений	37/28*	185.0	Более 2000**	Данные автора
г. Казань	115 измерений	86/77*	113.7	Более 2000**	Данные автора
г. Ижевск	217 измерений	37/24*	192.4	Более 2000**	Данные автора
г. Калининград	163 измерения	50/36*	139.3	Более 2000**	Данные автора
г. Белгород	103 измерения	66/46*	101.6	Более 2000**	Данные автора
г. Петрозаводск	146 измерений	70/53*	120.7	Более 2000**	Данные автора

*Примечания.* \*Первые цифры означают средние значения с учетом аномалий, обусловленных кабелями подземной прокладки, вторые – при их исключении; \*\*одинаковые для всех изученных городов максимумы "более 2000 нТл" относятся к аномалиям, они обусловлены возможностями использовавшегося прибора и не учитывались при расчете средних характеристик.

**Таблица 2.** Средние характеристики магнитной индукции (нТл) по функциональным зонам городов и типам застройки

Функциональные зоны и типы застройки	С учетом аномальных значений			При исключении аномальных значений			Города
	от	до	среднее	от	до	среднее	
Исторические центры	113	321	206	100	255	167	Москва, Санкт-Петербург, Казань
Многоэтажная застройка 1950–70-х годов (7 этажей и более)	42	73	59	26	58	44	Москва, Санкт-Петербург, Казань, Петрозаводск, Ижевск, Калининград
Многоэтажная 2000–2010-х годов	23	73	47	11	41	33	Москва, Санкт-Петербург, Казань, Ижевск, Калининград
Многоэтажная панельная 1970–90-х годов			29			27	Ижевск
Кирпичная среднеэтажная застройка 1950–60-х годов (3–6 этажей)	42	99	74	36	79	60	Москва, Санкт-Петербург, Казань, Белгород, Петрозаводск, Ижевск, Калининград
Немецкая довоенная			60			38.5	Калининград
Деревянная двухэтажная			58			43	Петрозаводск
Малоэтажная частная усадебная			21			17	Белгород
Малоэтажная современная (коттеджи)			29				Петрозаводск
Территории вузов	5	27	16				Москва, Санкт-Петербург (Пушкин), Ижевск
Площади и другие разрывы застройки			55			39	Санкт-Петербург
Рекреационные зоны	4	22	11	4	19	9	Москва, Санкт-Петербург, Казань, Петрозаводск, Белгород

**Таблица 3.** Оценка характеристик магнитной индукции (нТл) для функциональных зон и типов застройки по критерию Стьюдента

Город, критические значения	Функциональные зоны и типы застройки	Расчетные значения <i>t</i> -критерия Стьюдента
Санкт-Петербург $p \leq 0.05$ (1.96) $p \leq 0.01$ (2.58)	Историческая застройка	<b>5.4</b>
	Современная застройка, всего	<b>3.4</b>
	в том числе 4–5 этажей	1.6
	в том числе 7–14 этажей	<b>2.5</b>
	в том числе 15 этажей и более	1.7
	Парки	<b>4.6</b>
Москва $p \leq 0.05$ (1.96) $p \leq 0.01$ (2.58)	Историческая застройка	<b>3.3</b>
	Площади	1.4
	Многоэтажная 1950–80-х годов	1.3
	Среднеэтажная 1950–60-х годов	0.3
	Многоэтажная современная	1.5
	Учебные заведения	1.7
	Рекреационная	1.8
	Историческая застройка	1.1
Пушкин (Санкт-Петербург) $p \leq 0.05$ (1.96) $p \leq 0.01$ (2.58)	Среднеэтажная 1950–60-х годов	0.3
	Малоэтажная современная	<b>2.3</b>
	Рекреационная	2
	Историческая застройка	1.1
Калининград $p \leq 0.05$ (1.97) $p \leq 0.01$ (2.61)	Среднеэтажная 1950–70-х годов	0.7
	Среднеэтажная немецкая	1.0
	Многоэтажная современная	1.2
	Площади	1.6
	Рекреационная	<b>2.2</b>
	Историческая застройка	1.7
Петрозаводск $p \leq 0.05$ (1.97) $p \leq 0.01$ (2.61)	Многоэтажная 1950–70-х годов	0.3
	Среднеэтажная 1950–70-х годов	1.7
	Малоэтажная деревянная	0.5
	Историческая застройка	1.7
Казань $p \leq 0.05$ (1.97) $p \leq 0.01$ (2.61)	Парки, скверы	<b>3.4</b>
	Современная среднеэтажная	0.5
	Среднеэтажная 1960–80-х годов	0.1
	Среднеэтажная 1950–60-х годов кирпичная	0.4
	Среднеэтажная 1970–80-х годов кирпичная	0.3
	Среднеэтажная 1950–60-х годов панельная	1.0
Ижевск $p \leq 0.05$ (1.96) $p \leq 0.01$ (2.58)	Многоэтажная блочная 1970–80-х годов	0.6
	Рекреационная	1.5
	Многоэтажная современная	0.5
	Среднеэтажная 1930–50-х годов	0.6
	Средне- и многоэтажная 1960–80-х годов	<b>3.1</b>
	Рекреационная	<b>2.5</b>
	Малоэтажная частная	1.6
	Многоэтажная современная	<b>2.1</b>
Белгород $p \leq 0.05$ (1.99) $p \leq 0.01$ (2.63)	Средне- и многоэтажная 1960–80-х годов	<b>3.1</b>
	Рекреационная	<b>2.5</b>
	Малоэтажная частная	1.6

*Примечания.* Рассчитанные значения *t*-критерия Стьюдента, превышающие критические значения для 95 и 99% доверительного уровня, выделены соответственно **полужирным курсивом** и **прямым полужирным** шрифтом.

отмечены только в исторических центрах. В особенности это относится к Санкт-Петербургу, где индустрия туризма развита более чем где-либо в России. Указанные выше относительно высокие показатели для городов Западной Европы с высокой вероятностью отражают то, что исследования целиком или в значительной степени охватывали районы с исторической застройкой, как и в Санкт-Петербурге, насыщенные предприятиями общественного питания, создающими повышенную нагрузку на системы электроснабжения. В российских городах в районах современной застройки показатели магнитной индукции существенно ниже; аналогичные данные по зарубежным городам нам неизвестны.

Выявлять и картировать (значковым способом) аномалии, обусловленные кабелями подземной прокладки, позволила организация измерений, предполагающая фиксацию каждой отдельно взятой точки. При непрерывной системе измерений аномальные значения “растворяются” в общем фоне. Тем не менее, в двух из четырех указанных в табл. 1 западноевропейских городов авторами отмечено влияние подземных кабелей (Lindgren et al., 1999; Lindgren et al., 2001; Straume et al., 2008). О количественной характеристике такого влияния речь не идет. Аномалии, обусловленные недостаточно экранированными подземными кабелями, выявлены нами во всех изученных городах России. В их распространенности прослеживается зависимость от степени влажности климата и, соответственно, от трудностей при прокладке подземных кабелей: 6.0% точек измерений в Ижевске, 7.8% – в Казани, по 10.8% – в Москве и Белгороде, 11.0% – в Петрозаводске, 12.2% – в Калининграде, 13.9% – в Санкт-Петербурге.

В табл. 1 также обращают на себя внимание выявленные в г. Тронхейм значительные сезонные различия значений магнитной индукции. Обнаружившие это явление норвежские авторы (Straume et al., 2008) высказали пожелание выполнить подобные исследования в других городах с холодным климатом. Представленные в табл. 1 города России данному критерию вполне отвечают, по крайней мере зимой. Однако результаты мониторинга электрических и магнитных полей в Санкт-Петербурге (Стурман, 2019) предположение о прямом влиянии погодных условия на магнитную индукцию не подтверждают. Если электрические поля высоковольтных линий практически не зависят от их нагрузки и полностью определяются напряжением, то магнитные поля существенным образом зависят от нагрузки (от силы тока) (Электромагнитная ..., 2009). Поэтому колебания напряженности магнитного поля в тех или иных точках зависят от диэлектрических свойств воздуха и через них – от метеоусловий, тогда как характеристики магнитных полей – в

большей мере от социально-экономических факторов. Выявлена (Стурман, 2019) прямая зависимость напряженности электрических полей в одних и тех же точках вблизи высоковольтных линий от относительной и абсолютной влажности и обратная – от атмосферного давления. Это отражает ослабление диэлектрических свойств воздуха с увеличением его влажности, а также снижение влажности с ростом атмосферного давления. Магнитные поля, отличающиеся значительно более высокой проникающей способностью в сравнении с электрическими, зависимости от метеоусловий не обнаруживают, и мониторинг вблизи высоковольтных линий в Санкт-Петербурге и окрестностях (Стурман, 2019) это подтвердил. Однако отсутствие прямого влияния не исключает косвенного, через сезонную динамику потребления электроэнергии и, соответственно, нагрузки на электросети и оборудование. Так, выявляющаяся в жилой зоне “спального” района Санкт-Петербурга слабая обратная зависимость магнитной индукции от абсолютной влажности и температуры отражает отток части населения в летнее время на дачи и уменьшение пользования бытовыми электроприборами и освещением (Стурман, 2019). Норвегия, по данным специализированного сайта<sup>3</sup>, отличается низкими тарифами на электроэнергию, в связи с чем до 70% жителей страны используют электричество в качестве основного источника тепла, и это объясняет отмеченную выше сезонную динамику. Таким образом, использование для отопления домов “экологически чистого” электричества, снижая химическое загрязнение атмосферного воздуха, влечет за собой электромагнитное загрязнение, что иллюстрирует закон неустранимости отходов и/или побочных воздействий производства (Реймерс, 1990).

Из обобщения результатов представленных в табл. 1 исследований в западноевропейских городах был сделан вывод о том, что преобладающие значения магнитной индукции составляют от 10 до 100 нТл, а продолжительному воздействию потенциально опасных полей более 200 нТл подвержено примерно 0.5% населения (Gajšek et al., 2016). Это вполне сопоставимо с результатом исследования в Москве и Московской области (Прокофьева, Григорьев, 2019), где определено число жителей, подвергающихся воздействию магнитных полей от высоковольтных линий более 300 нТл, составляющее от 100 до 300 тысяч (от 0.5 до 1.5%). Таким образом, несмотря на отсутствие единства подходов к методам измерения и интерпретации результатов, в итоге получаются достаточно близкие средние характеристики. Это едва ли отражает что-то иное, нежели сходство

<sup>3</sup> Системы отопления в различных странах мира – что используют? <https://faneraosbl.com/kak-otaplivayut-doma-v-norvegii/> (дата обращения 05.08.2020).

средних уровней электромагнитных полей в городах, находящихся на сопоставимых уровнях социально-экономического развития и оснащенности хозяйств электрическими приборами и устройствами, а также достаточно высокую надежность использованных средств измерения.

Что касается подходов к интерпретации результатов, то здесь существуют разные варианты решения задач, зависящие от технической оснащенности исследователей и географических особенностей изучаемой территории. В работах западноевропейских исследователей, использующих автоматизированные измерительные комплексы, город (не столько город в целом, сколько его исторический центр) рассматривается как единое целое (d'Amore et al., 1999; d'Amore et al., 2001; Lindgren et al., 1999; Lindgren et al., 2001; Paniagua et al., 2007; Straume et al., 2008). Получение результатов на основе осреднения большого количества единичных замеров и не предполагает иного подхода. В наиболее объемном исследовании в г. Турине (Италия), основанном примерно на 120000 элементарных измерений (d'Amore et al., 1999; d'Amore et al., 2001), характеристики магнитного поля определены не только для города в целом, но и для образующих его 10 городских районов. Однако ввиду функциональной и градостроительной неоднородности внутригородских административно-территориальных образований, такой принцип осреднения трудно признать удачным.

Наш подход, основанный на использовании ручных приборов, делает неизбежным осознанный выбор точек измерения, что предполагает учет зонирования городской территории и особенностей ее застройки. Осреднение проводится по типам использования территории и застройки, по возможности, на основе репрезентативных выборок. Аномальные значения, обусловленные кабелями подземной прокладки, рассматривались отдельно и из выборок исключались. Тем не менее ввиду ограниченности объемов выборок показатели изменчивости всякий раз получаются высокими.

Учет зонирования городской территории реализован также в работе группы китайских авторов (Tang et al., 2019) по картографированию (посредством изолиний с послышной окраской) электрических и магнитных полей промышленной частоты, а также высокочастотных полей от объектов мобильной связи. В этом исследовании, в отличие от упомянутых выше западноевропейских, характеристики электрических и магнитных полей дифференцированы по функциональным зонам. При этом максимальное среднее значение магнитной индукции отмечено в жилом районе, тогда как наибольшая интенсивность высокочастотных полей от объектов мобильной связи — в

районе размещения образовательных учреждений, где концентрация пользователей достигает максимума.

## ВЫВОДЫ

Несмотря на отмеченные различия в подходах к организации измерений, в изученных городах России и Западной Европы средние значения магнитной индукции промышленной частоты изменяются в пределах одного порядка, от 37 до 340 нТл. Преобладающие значения в городах как России, так и Западной Европы, составляют от 10 до 100 нТл. Однако за средними величинами скрываются многократные различия между функциональными зонами городов и типами застройки, а также сезонные колебания (в случае массового использования электрических отопительных приборов). Еще более значительные отличия от усредненных характеристик (локальные аномалии) формируют кабели подземной прокладки. Поэтому для адекватного картографического представления результатов предпочтительна организация измерений с пространственной привязкой каждого конкретного результата, без их осреднения.

Наиболее высокие значения магнитной индукции свойственны историческим центрам городов, где многочисленны предприятия общественного питания, создающие нагрузку на электросеть, а электропроводка выполнялась в стесненных условиях существующей старинной застройки. Наиболее высокие показатели высокочастотных электромагнитных полей от объектов сотовой связи, по данным единичного пока исследования в Китае, свойственны местам максимальной концентрации наиболее активных пользователей, т.е. образовательным учреждениям.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Васильев А.В., Бухонов В.О., Васильев В.А.* Особенности и результаты мониторинга электромагнитных полей в условиях территории Самарской области // Изв. Самарского науч. центра РАН. 2013. Т. 15. № 3 (1). С. 585–590.
- Григорьев О.А.* Актуальные вопросы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений в связи с развитием новых технологий: Всероссийская конференция “Актуальные проблемы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений” (Москва, 12–13 ноября 2019 г.). М., 2019. С. 63–65.
- Григорьев Ю.Г.* Значимость адекватной информации об опасности ЭМП сотовой связи для здоровья населения в 21 веке: Всероссийская конференция “Актуальные проблемы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений” (Москва, 12–13 ноября 2019 г.). М., 2019. С. 12–15.
- Ивлева Я.С.* Мониторинг и составление карт электромагнитных полей в условиях города Оренбурга //

- Достижения вузовской науки. 2016. № 25 (2). С. 183–188.
- Мордачев В.И.* Оценка электромагнитного фона, создаваемого системами сотовой (мобильной) связи: Всероссийская конференция “Актуальные проблемы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений” (Москва, 12–13 ноября 2019 г.). М., 2019. С. 76–79.
- 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.
- Реймерс Н.Ф.* Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.
- Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П.* Основы электромагнитной экологии. М.: Радио и связь, 2000. 240 с.
- 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. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-1\(21-28\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-1(21-28))
- Стурман В.И., Широков М.В.* Электрические и магнитные поля населенных пунктов с плотной застройкой (на примере Центрального района Санкт-Петербурга) // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2018). VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. СПб., 2018. С. 410–414.
- Экологический атлас Санкт-Петербурга. СПб.: Изд-во Биомонитор, 1992. 10 л. карт.
- Электромагнитная безопасность элементов энергетических систем: Монография / В.Н. Довбыш, М.Ю. Маслов, Ю.М. Сподобаев. Самара: ООО “ИПК “Содружество”, 2009. 198 с.
- Яковлева М.И.* Физиологические механизмы действия электромагнитных полей. Л.: Медицина, 1973. 175 с.
- d'Amore G., Anglesio L., Benedetto A., Tasso M.* Background ELF magnetic fields in a great urban area // Bersani F. (Eds). Electricity and Magnetism in Biology and Medicine. Boston: Springer, 1999. P. 327–328.
- d'Amore G., Anglesio L., Tasso M., Benedetto A., Roletti S.* Outdoor background ELF Magnetic fields in an urban environment // Radiat. Prot. Dosim. 2001. № 94 (4). P. 375–380.
- Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council, “The Minimum Health and Safety Requirements Regarding the Exposure of Workers to the Risks Arising from Physical Agents (Electromagnetic Fields)” // Official J. Europ. Union. 2004. L184. Vol. 30. № 4. P.1–9.
- Gajšek P., Ravazzani P., Grellier J., Samaras T., Bakos J., Thuróczy G.* Review of Studies Concerning Electromagnetic Field (EMF) Exposure Assessment in Europe: Low Frequency Fields (50 Hz–100 kHz) // Int. J. Environ. Res. and Publ. Health. 2016. Vol. 13 (9). 875. <https://doi.org/10.3390/ijerph13090875>
- ICNIRP.* “Guidelines for Limiting Exposure to Time Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz – 100 kHz)” // Health Physics. 2010. Vol. 99. № 6. P. 818836.
- Lindgren M., Gustavsson M., Hamnerius Y., Galt S.* ELF magnetic fields in a city environment // Bioelectromagnetics. 2001. № 22. P. 87–90.
- Lindgren M., Gustavsson M., Hamnerius Y., Galt S.* Mapping of Magnetic Fields in City Environment // Bersani F. (Ed.). Electricity and Magnetism in Biology and Medicine. Boston: Springer, 1999. P. 821–822. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4867-6\\_196](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4867-6_196)
- Muller B.* Electrosmog. Hausgemachtes Problem // Bild Wiss. 1996. № 4. P. 12–14.
- 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. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2017-0118>
- Paniagua J.M., Jiménez A., Rufó M. et al.* Exposure to extremely low frequency magnetic fields in an urban area // Radiat. Environ. Biophys. 2007. № 46. P. 69–76. <https://doi.org/10.1007/s00411-006-0081-0>
- Stacenko L.G., Bakhvalova A.A.* Assessment of Electromagnetic Background Levels from Base Stations of Mobile Networks from the Point of View of Technosphere Safety // Int. science and technology conference “EarthScience”. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. № 459. 052090. P. 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/459/5/05209>
- Straume A., Johnsson A., Oftedal G.* ELF-magnetic flux densities measured in a city environment in summer and winter // Bioelectromagnetics. 2008. Vol. 29 (1). P. 20–28. <https://doi.org/10.1002/bem.20357>
- Tang C., Yang C., Cai R.S. et al.* Analysis of the relationship between electromagnetic radiation characteristics and urban functions in highly populated urban areas // Sci. of The Total Environ. 2019. Vol. 654. P. 535–540. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.143>

## Technogenic Electromagnetic Fields on Urban Areas and Approaches to Their Mapping

V. I. Sturman<sup>1</sup>, \* and A. N. Loginovskaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications, St. Petersburg, Russia*

\*e-mail: st@izh.com

Electromagnetic fields—an environmental factor which condition continues to worsen because of growth of prevalence and power of electric devices. The attention to the need of studying, along with medical and biological and physics and technology aspects of a problem of technogenic electromagnetic fields, also their spatial and temporary variability is paid what requires the use of geographical methods—mapping and monitor-

ing. The article is devoted to the analysis of the first experiences of cartographical submission of characteristics of electromagnetic fields in Russia and other countries. Characteristics of magnetic induction, average on the whole cities, and distribution of its values into functional zones and kinds of buildings are submitted. It is established that the highest values of the magnetic field intensity of industrial frequency, about hundreds of nanotesla, both in Russia and in foreign European countries, are characteristic of historical city centers. The reliability of the received values is calculated. It is noted that the reliability of results, along with volumes of sections is promoted by contrast and internal uniformity of the allocated taxons. Comparison of data on the degree of sharpness of problems of electromagnetic pollution available now in the cities of Russia and foreign countries is executed. The data obtained indicate the comparability of the levels of electromagnetic pollution. Anomalies of technogenic magnetic fields of the urbanized territories and the factors influencing the distribution of anomalies are characterized. The preference for the organization of measurements with a spatial binding of each measurement, and an isolinear form of cartographical representation of results is proved.

**Keywords:** electromagnetic fields, electric fields, strength, magnetic fields, magnetic induction, low-frequency fields, high-frequency fields, monitoring, mapping

## REFERENCES

- d'Amore G., Anglesio L., Benedetto A., Tasso M. Background EMF magnetic fields in a great urban area. In *Electricity and Magnetism in Biology and Medicine*. Bersani F., Ed. Boston: Springer, 1999, pp. 327–328.
- d'Amore G., Anglesio L., Tasso M., Benedetto A., Roletti S. Outdoor background EMF magnetic fields in an urban environment. *Radiat. Prot. Dosim.*, 2001, vol. 94, no. 4, pp. 375–380.
- Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council, “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*, 2004, L184, vol. 30, no. 4, pp. 1–9.
- Dovbysh V.N., Maslov M.Yu., Spodobaev Yu.M. *Elektromagnitnaya bezopasnost' elementov energeticheskikh sistem* [Electromagnetic Safety of Elements of Power Systems]. Samara: IPK Sodruzhestvo Publ., 2009. 198 p.
- Ekologicheskii atlas Sankt-Peterburga* [Environmental Atlas of St. Petersburg]. Biomonitor Publ., 1992.
- Gajšek P., Ravazzani P., Grellier J., Samaras T., Bakos J., Thuróczy G. Review of studies concerning electromagnetic field (EMF) exposure assessment in Europe: low frequency fields (50 Hz–100 kHz). *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2016, vol. 13, 875. <https://doi.org/10.3390/ijerph13090875>
- Grigor'ev O.A. Topical issues of radiobiology and hygiene of non-ionizing radiation in connection with development of new technologies. In *Vseross. konf. “Aktual'nye problemy radiobiologii i gigeny neioniziruyushchikh izluchenii”* [All-Russian Conf. “Current Problems of Radiobiology and Hygiene of Non-Ionizing Radiation”]. Moscow, 2019, pp. 63–65. (In Russ.).
- Grigor'ev Yu.G. The importance of adequate information on danger of EMF of mobile communication to health of the population in the 21st century. In *Vseross. konf. “Aktual'nye problemy radiobiologii i gigeny neioniziruyushchikh izluchenii”* [All-Russian Conf. “Current Problems of Radiobiology and Hygiene of Non-Ionizing Radiation”]. Moscow, 2019, pp. 12–15. (In Russ.).
- ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz – 100 kHz). *Health Physics*, 2010, vol. 99, no. 6, pp. 818–836.
- Ivleva Ya.S. Monitoring and mapping of electromagnetic fields in the conditions of the city of Orenburg. *Dostizheniya Vuzovskoi Nauki*, 2016, no. 25-2, pp. 183–188. (In Russ.).
- Lindgren M., Gustavsson M., Hamnerius Y., Galt S. EMF magnetic fields in a city environment. *Bioelectromagnetics*, 2001, vol. 22, pp. 87–90.
- Lindgren M., Gustavsson M., Hamnerius Y., Galt S. Mapping of magnetic fields in city environment. In *Electricity and Magnetism in Biology and Medicine*. Bersani F., Ed. Boston: Springer, 1999, pp. 821–822. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4867-6\\_196](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4867-6_196)
- Mordachev V.I. Assessment of the electromagnetic background created by the systems of cellular (mobile) communication. In *Vseross. konf. “Aktual'nye problemy radiobiologii i gigeny neioniziruyushchikh izluchenii”* [All-Russian Conf. “Current Problems of Radiobiology and Hygiene of Non-Ionizing Radiation”]. Moscow, 2019, pp. 76–79. (In Russ.).
- Muller B. Electrosmog. Hausgemachtes Problem. *Bild Wiss.*, 1996, no. 4, pp. 12–14.
- National Precautionary Policies on Magnetic Fields from Power Lines in Belgium, France, Germany, the Netherlands and the United Kingdom*. RIVM Report 2017-0118. 56 p. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2017-0118>
- Paniagua J.M., Jiménez A., Rufo M. et al. Exposure to extremely low frequency magnetic fields in an urban area. *Radiat. Environ. Biophys.*, 2007, vol. 46, pp. 69–76. <https://doi.org/10.1007/s00411-006-0081-0>
- Prokof'eva A.S., Grigor'ev O.A. Assessment of population, living near electricity transmission air-lines, by criterion of an exposition magnetic field of power frequency (the Moscow region as example). In *Vseross. konf. “Aktual'nye problemy radiobiologii i gigeny neioniziruyushchikh izluchenii”* [All-Russian Conf. “Current Problems of Radiobiology and Hygiene of Non-Ionizing Radiation”]. Moscow, 2019, pp. 109–110. (In Russ.).
- Reimers N.F. *Prirodopol'zovanie: Slovar'-spravochnik*. [Environmental Management: Dictionary Reference]. Moscow: Mysl' Publ., 1990. 637 p.
- Spodobaev Yu.M., Kubanov V.P. *Osnovy elektromagnitnoi ekologii* [Fundamentals of Electromagnetic Ecology]. Moscow: Radio i Svyaz' Publ., 2000. 240 p.

- Stacenko L.G., Bakhvalova A.A. Assessment of electromagnetic background levels from base stations of mobile networks from the point of view of technosphere safety. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, vol. 459, no. 5, 052090.
- Straume A., Johnsson A., Oftedal G. ELF-magnetic flux densities measured in a city environment in summer and winter. *Bioelectromagnetics*, 2008, vol. 29, no. 1, pp. 20–28.  
<https://doi.org/10.1002/bem.20357>
- Sturman V.I. Power frequency electromagnetic fields in the urban environment as the object of ecological-geographical research. *Geogr. Nat. Resour*, 2019, vol. 40, no. 1, pp. 15–21.
- Sturman V.I., Shirokov M.V. Electric and magnetic fields of dense build settlements (the Central district of St. Petersburg as example). In *Aktual'nye problemy infotele-kommunikatsii v nauke i obrazovanii (APINO 2018). VII Mezhdunar. nauchn.-tekhn. i nauchn.-metod. Konf.* [Current problems of Infotelekkommunikation in Science and Education. VII Int. Sci., Techn. and Methodical Conf.]. St. Petersburg, 2018, pp. 410–414. (In Russ.).
- Tang C., Yang C., Cai R.S. et al. Analysis of the relationship between electromagnetic radiation characteristics and urban functions in highly populated urban areas. *Sci. Total Environ.*, 2019, vol. 654, pp. 535–540.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.143>
- Vasil'ev A.V., Bukhonov V.O., Vasil'ev V.A. Features and results of monitoring of electromagnetic fields in the conditions of Samara region. *Izv. Samar. Nauchn. Tsentra RAN*, 2013, vol. 15, no. 3 (1), pp. 585–590. (In Russ.).
- Yakovleva M.I. *Fiziologicheskie mekhanizmy deistviya elektromagnitnykh polei* [Physiological Mechanisms of Action of Electromagnetic Fields]. Leningrad: Meditsina Publ., 1973. 175 p.

УДК 908;630

## ОСВОЕНИЕ ПРОСТРАНСТВА СЕВЕРА СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ В XX – НАЧАЛЕ XXI ВВ. (НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА)

© 2022 г. И. В. Зыкин\*

Технологический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета “МИФИ”,  
Лесной, Россия

\*e-mail: zivverh@mail.ru

Поступила в редакцию 22.04.2021 г.

После доработки 28.10.2021 г.

Принята к публикации 15.12.2021 г.

Свердловская область обладает крупными запасами древесины, особенно в северных и восточных районах, доступность которых была обеспечена благодаря транспортному и промышленному строительству в конце XIX – XX вв. На севере области осуществлялось активное освоение лесов, строительство лесопромышленных предприятий. Кризис в отрасли в конце 1980-х – начале 2000-х годов привел к негативным последствиям. Формулирование сценариев развития лесной промышленности, реализация новых проектов в области освоения лесов невозможны без учета исторического опыта освоения лесных ресурсов на севере области. Анализ данного опыта является целью статьи. На длительном историческом отрезке на развитии отрасли сильнее всего сказались институциональные, социально-экономические, технико-технологические компоненты модернизации. В связи с этим акценты сделаны на изучении роли транспортного фактора в освоении лесных ресурсов территории, развитии предприятий и поселенческого каркаса отрасли. Сделаны выводы о том, что лесная промышленность играла значимую роль в формировавшемся локальном территориально-производственном комплексе, пространственно развивалась благодаря наличию рек, текущих на восток, и строительству меридиональных железных дорог, а также сети узкоколейных железных, тракторных и автомобильных дорог. На современном этапе отрасль переживает глубокий кризис, сеть предприятий и поселений существенно сократилась. В лесопромышленной деятельности проявляются тенденции поляризации и концентрации. В 2000–10-х годах был реализован ряд инвестиционных проектов по освоению лесов и строительству предприятий, однако роль отрасли в структуре экономики севера Свердловской области остается незначительной.

*Ключевые слова:* историческая география, север Свердловской области, лесопромышленный комплекс, поселенческий каркас, освоение пространства, факторы, кризис

DOI: 10.31857/S258755662202011X

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В истории России Урал являлся и продолжает сохранять свое значение в качестве важной геостратегической территории, обладающей крупным ресурсным потенциалом, освоение которого происходило неравномерно во времени и пространстве. В макрорегионе (главным образом в Свердловской области и Пермском крае) сосредоточены крупные запасы леса. Общий объем древесины в Свердловской области составляет около 2.1 млрд м<sup>3</sup>, в том числе спелых и перестойных насаждений – 775 млн м<sup>3</sup>, возможных для эксплуатации – 536 млн м<sup>3</sup> (из них хвойных лесов – 286 млн м<sup>3</sup>)<sup>1</sup>.

Основные ресурсы и мощности лесопромышленного комплекса сосредоточены в северной и восточной частях региона. На севере Свердловской области отрасль активно развивалась на протяжении XX в., являлась ключевым звеном формирующегося локального территориально-производственного комплекса. Масштабная в прошлом эксплуатация лесных массивов на Северном Урале, развитие сфер механической обработки и глубокой переработки древесины, начавшийся с конца 1980-х годов кризис в отрасли обусловили ухудшение породного и качественного состава лесов, обострение инфра-

<sup>1</sup>Стратегия развития лесопромышленного комплекса Свердловской области на период до 2020 года (основные положения). <http://economy.midural.ru/content/strategiya-razvitiya-lesopromyshlennogo-kompleksa-sverdlovskoy-oblasti-na-period-do-2020> (дата обращения 20.06.2021).

структурных и социально-экономических проблем. В последние годы отмечается повышенное внимание руководства России и ее регионов к проблемам и перспективам лесопромышленного комплекса. В этом контексте становится актуальным осмысление исторического опыта пространственного развития отрасли.

Целью исследования является анализ опыта освоения лесных ресурсов на севере Свердловской области в XX – начале XXI в. Для этого требуется решить следующие задачи: выявить основные этапы освоения лесов региона; определить характерные сочетания лесопромышленных производств в условиях экономики СССР и Российской Федерации; изучить эволюцию способов транспорта древесины и отраслевой поселенческой сети; рассмотреть судьбы населенных пунктов в контексте трансформаций лесной промышленности на современном этапе. Географические рамки исследования совпадают с территорией современного Северного управленческого округа Свердловской области, созданного в 1997 г., в географическом плане – Северного Урала.

Исследованием экономического и пространственного развития лесопромышленного комплекса Уральского региона занимались в основном отраслевые экономисты (Дульский, 1934; Леса ..., 1948; Петров, 1952; Прядилина, 2019). В конце 1990-х годов были изданы научно-популярные труды по истории лесной промышленности Свердловской области (Глузман, Маслюков, 2001; История ..., 1997). Географические исследования (Анимича, 1975; Капустин, Корнев, 2004; Комар, 1953; Шувалов, 1966) посвящены проблемам размещения лесов и лесной промышленности, социально-экономического развития отдельных районов и поселений области. Издан ряд обобщающих трудов о развитии лесной промышленности Российской империи, Советского Союза (Шегельман, 2008; Alverre, 1967). В (Шварц и др., 2018) проанализирована проблема нехватки древесины для предприятий лесопромышленного комплекса. Публиковались работы, в которых лесная промышленность отдельного региона исследовалась с позиции истории и географии (Кулагин, 2015; Приваловская, 1958; Шейнгауз, 1973). Интерес зарубежных ученых к исследованию лесного хозяйства и лесной промышленности СССР и Российской Федерации прослеживается на протяжении XX – начала XXI вв. Работы зарубежных исследователей (Barr and Braden, 1988; The Russian ..., 2012) касаются в основном экономики и размещения лесных ресурсов и лесопромышленного комплекса России в целом, Уральский регион представлен в них слабо.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Базовой теорией исследования является концепция модернизации. Автор разделяет положения о выделении пореформенной и советской волн модернизации и их противоречиях, о том, что Россия, Советский Союз шли “по пути модернизации в русле мирового прогресса”, но эта модернизация насаждалась сверху (Алексеев, Алексеева, 2000; Трейвиш, 2020). При анализе развития лесопромышленного комплекса севера Свердловской области использован потенциал полимасштабного подхода. Согласно схеме, представленной в (Артоболевский и др., 2009), север Свердловской области относится следующим зонам: Уральской, северной, периферийной, русской окраине. Эта территория имеет ярко выраженный индустриальный характер с преобладанием добычи полезных ископаемых и металлургии. И.Ф. Кузьминов (2012, с. 6–7) выделил факторы, определяющие тренд развития лесопромышленного комплекса России на современном этапе (универсальные, зональные и страновые) и поляризацию его развития (макрорегиональные, региональные и локальные).

В экономико-географическом плане север Свердловской области представляет собой локальный территориально-производственный комплекс<sup>2</sup>. Его структура – как в советский период, так и на современном этапе – соответствует индустриальному типу экономики. Анализ территориальной структуры городской системы севера Свердловской области (Аверкиева и др., 2015) выявил формирование на этой территории в 1890–1950-х годах локального территориально-производственного комплекса и ослабление во второй половине XX – начале XXI в. внутренних производственных связей комплекса, снижение объемов производства, закрытие некоторых предприятий.

Для изучения опыта освоения лесных ресурсов на севере Свердловской области в XX – начале XXI в. применены историко-эволюционный, историко-генетический и сравнительно-описательный методы. Используются материалы региональной и государственной статистики (при этом

<sup>2</sup> Выделенный О.Ю. Ивановой (2016) Серово-Ивдельский локальный территориально-производственный комплекс связан с периодом 1970–80-х годов и не включает территории Гаринского, Нижнетуринского, Качканарского, Красноуральского городских округов, ЗАТО “Город Лесной”, входящих на современном этапе в состав Северного управленческого округа Свердловской области и имеющих тесные связи с его ведущими центрами – Краснотурьинском и Серовом. Мы склонны рассматривать сформированный локальный территориально-производственный комплекс в границах Северного управленческого округа, что обусловлено также структурой экономики. Но для периода 1970–80-х годов приводятся показатели по Серово-Ивдельскому локальному территориально-производственному комплексу.

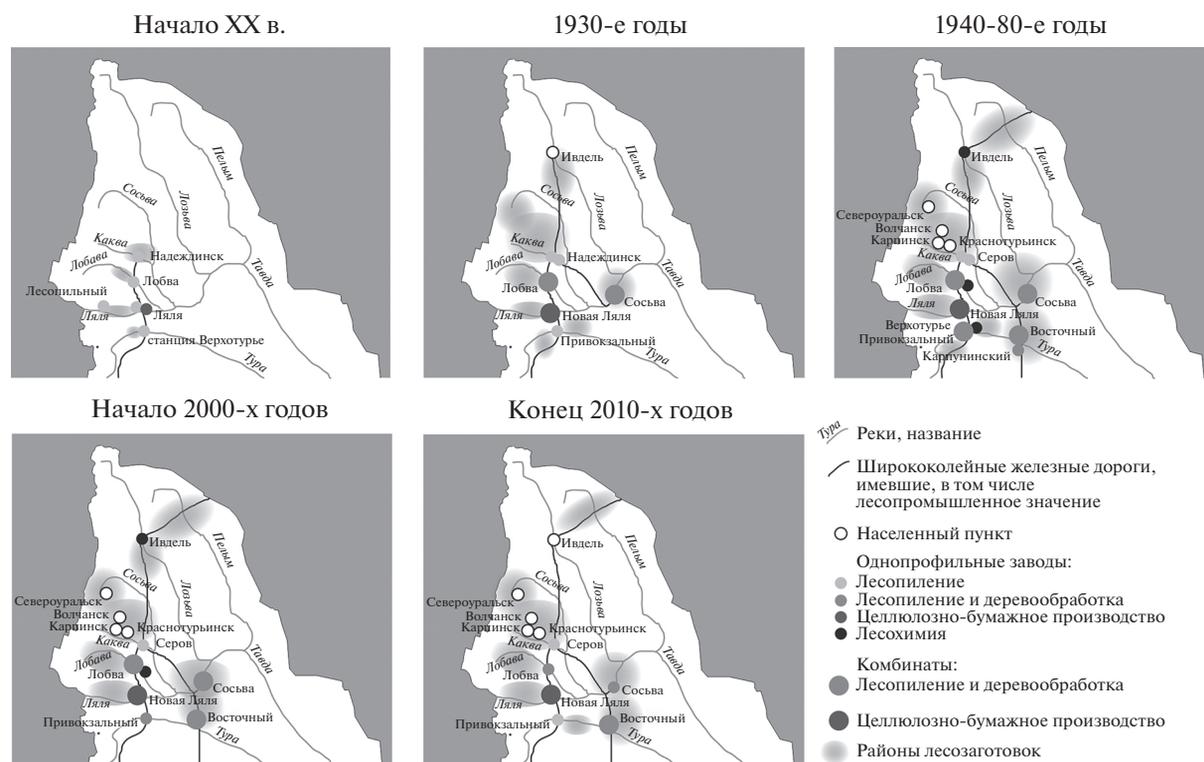


Рис. 1. Основные этапы пространственного развития лесопромышленного комплекса севера Свердловской области в XX – начале XXI в.

выявлен дефицит сведений локального характера), в течение 2010-х годов проведены полевые обследования предприятий лесной промышленности и населенных пунктов, связанных с этой отраслью.

Новизна работы заключается в проведении историко-географического анализа развития лесопромышленного комплекса севера Свердловской области с применением полимасштабного (на уровне страны, региона и муниципальных образований) и полиструктурного (определение ключевых компонентов, территориально-организационной структуры) подходов. Выявлены характерные сочетания лесопромышленных производств в условиях централизованной экономики советского периода и смешанной экономики в современной России.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Освоение лесных ресурсов и транспортный фактор в развитии лесопромышленного комплекса.** В начале XX в. ключевыми транспортными факторами функционирования лесопромышленного комплекса на севере современной Свердловской области стали наличие рек, текущих на восток (Тура, Ляля, Лобва, Каква), и строительство в начале столетия железных дорог Выя–Лесопильный (ныне п. Старая Ляля) и Кушва–Надеж-

динск (современный Серов). Дорога Кушва–Надеждинск в конце 1930-х годов продлена до п. Ивдель, от г. Надеждинск сооружено ответвление до п. Сосьва. Меридиональная железная дорога, пересекавшая реки, обеспечивала выход продукции на Средний и Западный Урал.

С 1930-х годов освоение лесных ресурсов происходило вдоль рек, ширококолейных (от г. Надеждинск на север до п. Ивдель и на юго-восток до п. Сосьва) и узкоколейных железных дорог (восточнее п. Верхотурье, п. Сосьва, г. Надеждинск), тракторных и автомобильных путей, проложенных в лесные массивы, где не имелось возможностей для сплава. Основным способом добычи древесины стали сплошные рубки. В конце 1930-х годов леспромхозы Народного комиссариата лесной промышленности СССР, обслуживавшие Лобвинский лесной и Новолялинский целлюлозно-бумажный комбинаты, осуществляли основной объем механизированной вывозки древесины тракторами – ввиду работы в условиях относительно спокойного рельефа местности. Напротив, лесозаготовительные предприятия Народного комиссариата черной металлургии, исправительно-трудовые лагеря, осваивавшие лесные массивы в гористых и удаленных от основных путей равнинных местностях, развивали автомобильный и узкоколейный железнодорожный транспорт. Причем в годы Великой Отече-

ственной войны, ввиду изъятия автомобилей и тракторов для военных нужд, активизировалось строительство узкоколейных железных дорог (Леса ..., 1948, с. 129).

В послевоенный период (конец 1940-х – конец 1950-х годов) возможности сплава, в связи с истощением лесных ресурсов вблизи рек, были исчерпаны. По тем же причинам была постепенно свернута заготовка древесины в глубинных массивах. Дальнейшее развитие сферы заготовки леса было связано со строительством железных дорог Ивдель–Обь (была освоена хлыстовая технология вывозки древесины потребителям), Сосьва–Алапаевск (появление деревообрабатывающих предприятий), автомобильных и тракторных путей (рис. 1). Увеличилось число автомобилей и специальных машин на предприятиях (применение хлыстовой и сортиментной вывозки).

С конца XX – начала XXI в. преобладает автомобильная вывозка лесных ресурсов из районов заготовок (преимущественно с предгорий Урала) до предприятий, а затем транспортировка необработанной и обработанной древесины по железной дороге. Основные способы добычи леса – сплошные и условно-сплошные рубки, вывозки – сортиментная технология. Следует отметить, что часть транспортной инфраструктуры (подъездных и внутризаводских путей) ликвидированных предприятий оказалась разрушена или не востребована бизнесом. С другой стороны, преобладание в лесопромышленном комплексе исследуемого района большого числа мелких предприятий не позволяет развивать транспортную сеть в лесных массивах, приобретать современную лесозаготовительную технику, поскольку эти направления требуют значительных инвестиций.

**Направления лесопромышленной деятельности.** Лесопромышленный комплекс Свердловской области активно развивался в годы первых пятилеток и Великой Отечественной войны и сыграл важную роль в обеспечении своей продукцией Уральского региона и страны. В середине 1940-х – середине 1960-х годов область оставалась одним из лидеров в вывозке древесины, производстве пиломатериалов и фанеры в стране. Однако динамичное развитие лесной промышленности в северных и восточных районах страны обусловило снижение доли Свердловской области по большинству направлений лесопромышленной деятельности. В регионе не было построено крупных предприятий-комплексов, которые могли бы стать новыми “точками роста”. После распада Советского Союза в отрасли произошел мощный спад, последствия которого в области не преодолены до сих пор. Импульс к развитию получила только фанерная отрасль.

Северный Урал можно считать одним из первых крупных проектов промышленного освоения

лесов на востоке России. В 1900–10-х годах в местах пересечения водных и железнодорожных путей возникли лесопромышленные предприятия. Наиболее крупными являлись лесопильные заводы у станций Лобва и Ляля, бумажная фабрика у станции Ляля (см. рис. 1). Успехом в развитии целлюлозно-бумажной отрасли следует считать сооружение на бумажной фабрике первого в стране завода сульфатной целлюлозы (Гравес, Толстобров, 1933, с. 509). Основными организационно-правовыми формами предпринимательства в лесопромышленной деятельности в эти годы на Северном Урале стали товарищества и акционерное общество Николае-Павдинского горного округа. Кооперация и привлечение средств банков была обусловлена в первую очередь необходимостью хозяйственного освоения отдаленной от основных транспортных путей, промышленных и административных центров территории с небольшой численностью населения. Именно в Николае-Павдинском округе было проведено полноценное изучение и устройство лесов.

В конце 1910-х – 1920-х годах Советской властью были осуществлены национализация предприятий и последующее объединение их в тресты, организованные по признаку основного направления лесопромышленной деятельности. Новый импульс развитию лесной промышленности дала индустриализация. Первым пятилетним планом предполагалось в Уральском регионе развивать лесопромышленный комплекс как структурный компонент Урало-Кузнецкого комбината. Это подразумевало внутриотраслевое (лесопиление с деревообработкой и лесохимией) и межотраслевое (с металлургией и машиностроением) комбинирование. После реформ лесной промышленности и лесного хозяйства в конце 1920-х – начале 1930-х годов на севере современной Свердловской области основными заготовителями стали народные комиссариаты лесной и тяжелой промышленности СССР. Наиболее распространенной формой лесозаготовительных предприятий были леспромхозы (с середины 1930-х годов появились также механизированные лесопункты). Фабрично-заводская промышленность была представлена мелкими и средними заводами и комбинатами, осуществлявшими механическую обработку и глубокую переработку древесины.

Помимо реконструкции (в п. Ляля, рядом с п. Верхотурье) и строительства (в поселках Лобва и Сосьва) предприятий (см. рис. 1), важными факторами в освоении лесных ресурсов территории стали ссылка спецпереселенцев из числа “раскулаченных” крестьян в 1931–1932 гг. и создание крупных исправительно-трудовых лагерей в 1937–1938 гг. Производственные коллективы многих леспромхозов, Верхотурского и Лобвинского лесопильного заводов, ряда других предприятий были существенно пополнены за счет

**Таблица 1.** Место севера Свердловской области в лесопромышленном комплексе региона и страны в отдельные годы

	1940 г.	1980 г.	1990 г.	2019 г.
Вывозка древесины, тыс. м <sup>3</sup>	7343.0*	Нет сведений	3999.0**	Нет сведений
Доля в регионе, %	41.4		23.2	
Доля в стране, %	3.0		1.3	
Выпуск пиломатериалов, тыс. м <sup>3</sup>	365.8***	Нет сведений	960.0****	Нет сведений
Доля в регионе, %	15.3		21.3	
Доля в стране, %	1.05		1.3	
Стоимость продукции*****, млн руб.	61.4	592.5	Нет сведений	1788.0
Доля в лесопромышленном комплексе региона, %	17.2	40.6		8.1

*Составлено и рассчитано по:* (Антуфьев, 1992, с. 72; Глузман, Маслоков, 2001, с. 27, 218, 237; Иванова, 2016; История ..., 1997, с. 100, 353); Народное хозяйство в Свердловской области в 1939–1941 гг. Свердловск, 1941. С. 20–20об., 29–30об.; Основные итоги социально-экономического развития Северного управленческого округа за 2019 год. Красноуральск, 2019. С. 3, 10–11, 65.

*Примечание.* \*Лобвинский леспромхоз, Новолялинский целлюлозно-бумажный комбинат, трест “Серовлесдревмет”, Северо-Уральский, Ивдельский исправительно-трудовые лагеря; \*\*Производственное объединение “Серовлес”, Лобвинский, Новолялинский леспромхозы; \*\*\*Лобвинский, Верхотурский и Челябинский лесозаводы; \*\*\*\*Верхотурский, Лобвинский, Отрадный лесопромышленные, Сосьвинский деревообрабатывающий, Новолялинский целлюлозно-бумажный комбинаты, производственное объединение “Серовлес”; \*\*\*\*\*За 1940 г. (Сосьвинский деревообрабатывающий, Новолялинский целлюлозно-бумажный комбинаты, Верхотурский, Лобвинский и Челябинский лесозаводы, Лобвинский леспромхоз) стоимость продукции указана в ценах 1926/1927 г., за 1980 и 2019 гг. (по крупным предприятиям) – в текущих ценах.

спецпереселенцев (Зыкин, 2021а, с. 169–170). В конце 1930-х годов Народный комиссариат внутренних дел СССР стал также основным заготовителем. Ивдельский и Северо-Уральский исправительно-трудовые лагеря действовали с 1937 г. до начала 1960-х годов и осуществляли в этот период основной объем заготовки лесных ресурсов на севере и востоке области. На этапе организации численность заключенных в них превышала 20 тыс. человек, в годы Великой Отечественной войны она существенно снизилась, но вновь увеличилась к началу 1950-х годов и постепенно уменьшалась до закрытия. Небольшой Лобвинский лагерь функционировал с 1943 по 1945 г. и осуществлял строительство гидролизного завода в п. Лобва. В 1930–1950-е годы принудительный труд спецпереселенцев и заключенных играл значимую роль в лесопромышленном комплексе севера Свердловской области, прежде всего в сфере заготовки древесины – отрасли с преобладанием тяжелого физического труда.

Благодаря железнодорожному строительству стали осваиваться лесные ресурсы глубинных массивов восточнее п. Верхотурье, Сосьва, г. На-

дежинск, в районе п. Ивдель. Началась механизация заготовительных и сплавных работ. Только Верхотурский леспромхоз в 1931 г. заготовил 564.9 тыс. м<sup>3</sup> деловой древесины и 184.9 тыс. м<sup>3</sup> дровяной (Верхотурский ..., 1933, с. 631, 633). Такие объемы лесопромышленной деятельности явно не соответствовали как принципам рационального лесопользования, так и имевшимся мощностям по механической обработке древесины (Верхотурский лесозавод имел только 2 пилорамы). Сплав древесины сохранил свое значение для Верхотурского и Лобвинского лесозаводов, Новолялинского целлюлозно-бумажного комбината. В этот период были созданы комбинированные предприятия: лесной комбинат – в п. Лобва, деревообрабатывающий – в п. Сосьва, целлюлозно-бумажный с лесопильным и деревообрабатывающими подразделениями – в г. Новая Ляля. Значительно увеличились объемы и ассортимент продукции (табл. 1). Прорывом в развитии целлюлозно-бумажной отрасли в Уральском регионе в целом следует считать организацию производства бумажных мешков на Новолялинском комбинате. Комбинаты в поселках Лобва, Сосьва,

г. Новая Ляля стали градообразующими для этих населенных пунктов.

В годы Великой Отечественной войны на ряде лесопильных заводов начали работать деревообрабатывающие подразделения (вследствие эвакуации предприятий из западных районов страны), велось строительство гидролизного завода в п. Лобва. Во второй половине 1940-х – 1950-х годах были возведены Карпунинский домостроительный и Предтурский деревообрабатывающий комбинаты, Верхотурской лесохимический и Ивдельский гидролизный заводы (см. рис. 1). На данном этапе сеть лесопромышленных предприятий на севере Свердловской области достигла наибольшего развития и могла решать задачу комплексного лесопользования.

В послевоенный период большинство лесопромышленных производств было подведомственно Министерству лесной промышленности СССР (используем это условное наименование, поскольку в 1940–80-х годах происходили реорганизации ведомства). Ведущими лесозаготовительными организациями на севере области являлись трест (позднее комбинат, производственное объединение) “Серовлес” и отдельные леспрохозы комбинатов “Тагиллес” (Лобвинский, Лялинский, Верхотурский) и “Алапаевсклес” (Отрадный). В 1970–80-х годах актуальной задачей по повышению эффективности функционирования отрасли стало создание лесопромышленных комбинатов, которые осуществляли заготовку, механическую обработку и (или) глубокую переработку древесины. К примеру, в начале 1983 г. был создан Верхотурский лесопромышленный комбинат в составе лесопильного завода и ряда лесоучастков, через три года преобразованный, с включением Верхотурского лесхоза, в комплексный лесопромышленный комбинат (История ..., 1997, с. 328).

Лесопромышленный комплекс занимал лидирующие позиции в структуре обрабатывающей промышленности Серово-Ивдельского локального территориально-производственного комплекса, опережая металлургию и машиностроение. В 1970 г. доля лесной и деревообрабатывающей отраслей в стоимости продукции обрабатывающих производств локального территориально-производственного комплекса равнялась 36.42%, в 1980 г. – 44.51% (напротив, в области доля отрасли снизилась с 10.6 до 9%) (Иванова, 2016). Лесопромышленная деятельность на севере Свердловской области стала отраслью экономической специализации (см. табл. 1).

После 1991 г., в условиях смешанной экономики, созданная в СССР хозяйственная система лесопромышленного комплекса была разрушена, осуществлялась приватизация предприятий. Масштабный спад в отрасли обусловили: среднее положение Свердловской области; удален-

ность от основных внешних рынков сбыта; отсутствие крупных целлюлозно-бумажных производств, способных стать “точками роста”; слабая степень развития сферы механической обработки древесины; повышение стоимости топлива, электроэнергии, железнодорожных перевозок; износ оборудования; истощение доступных лесных массивов при низких темпах строительства транспортных путей; резкое сжатие внутреннего лесного рынка; низкий уровень финансовой поддержки со стороны государства и региона. При этом ухудшение оснащения предприятий, сокращение доступных лесных ресурсов началось еще в конце советского периода. Но вместо проведения мероприятий по модернизации были предприняты многочисленные реорганизации предприятий и производственных объединений.

За относительно короткий период, с конца 1990-х до начала 2010-х годов, прошло стадия кризиса и прекратило существование большинство крупных и средних предприятий (см. рис. 1). Из созданного в дореволюционный и советский периоды лесопромышленного комплекса на севере современной Свердловской области “на плаву” остался только Новолялинский целлюлозно-бумажный комбинат, который в последние десятилетия пережил несколько кризисов, реорганизаций и требует комплексной модернизации. Начатое в первой половине 1990-х годов строительство нового целлюлозного комплекса не завершено, о масштабном проекте до сих пор напоминает остов промышленного сооружения.

С начала 1990-х годов резко упали объемы заготовки и вывозки древесины, производства продукции лесопромышленного комплекса (Прядилина, 2019, с. 55, 60, 100), закрылись ряд предприятий. В конце 2000-х годов расчетная годичная лесосека на севере Свердловской области использовалась на 16%, вывозилось около 0.8 млн м<sup>3</sup>, что составляло 12–13% от показателя по региону (Прядилина, 2019, с. 60, 86). Это крайне малый объем заготовки и вывозки древесины, по сравнению с периодом 1930–80-х годов (см. табл. 1). Продолжительная и масштабная эксплуатация лесов на территории Свердловской области, в том числе с применением сплошных рубок, привела к изменению породного состава лесов. Так, севернее широты Нижнего Тагила в начале XX в. производных мягколиственных лесов не было, к концу 1920-х годов их доля возросла до 24%, к середине 1990-х годов – до 37%<sup>3</sup>.

С начала 2000-х годов идет процесс концентрации мощностей в обществах с ограниченной

<sup>3</sup> Стратегия развития лесопромышленного комплекса Свердловской области на период до 2020 года (основные положения). <http://economy.midural.ru/content/strategiya-razvitiya-lesopromyshlennogo-kompleksa-sverdlovskoy-oblasti-na-period-do-2020> (дата обращения 20.06.2021).

ответственностью и акционерных обществах, работающих по принципу холдингов. Был осуществлен ряд мероприятий по модернизации производств. Часть производственных площадок закрывшихся предприятий оказалась не востребована бизнесом, они частично или полностью разрушены. В новых условиях появились индивидуальные предприниматели, общества, сумевшие организовать стабильную работу предприятий, в том числе на экспорт, начать реализацию инвестиционных проектов. Предприятия осуществляют заготовку, механическую обработку и (или) глубокую переработку древесины.

Основной функцией лесопромышленного комплекса Свердловской области, в том числе на севере, являлось удовлетворение внутренних потребностей региона и страны. Экспорт составлял малую часть. В первой половине XX в. высококачественные пиломатериалы отправлялись преимущественно в Великобританию, во второй половине столетия основными торговыми партнерами стали страны Восточной Европы. На современном этапе продукция ведущих лесопромышленных компаний севера региона<sup>4</sup> реализуется на рынках стран СНГ, прежде всего в Закавказье и Средней Азии, роль экспорта в лесопромышленной деятельности существенно повысилась.

Благодаря устойчивой работе основных лесопромышленных предприятий, реализации ряда инвестиционных проектов (в Новой Ляле, Североуральске, поселках Восточный, Лобва, Красноглинный) произошло повышение доли обработки древесины и производства изделий из дерева, целлюлозно-бумажного производства (с 0.62 до 1.65% за 2016–2019 гг.) в обороте по кругу крупных и средних промышленных предприятий в обрабатывающих производствах Северного управленческого округа (Зыкин, 2021б). Однако перспективы развития лесопромышленного комплекса ограничены узостью местного рынка и высоким уровнем конкуренции на рынках других регионов и приграничных с Россией стран.

Имеют место незаконные рубки, хотя, согласно официальной статистике, их число и объем заготовленной древесины постепенно снижаются. С целью снижения количества незаконных рубок и осуществления контроля за арендаторами “Рослесхоз” в 2019 г. вел спутниковую съемку в 9 лесничествах Свердловской области, в 2020 г. – в 12<sup>5</sup>. Другой проблемой является комплексное лесопользование. Это особенно актуально для част-

ных предпринимателей, которые мелкие древесные отходы сжигают, а горбыль сбывают населению для отопления жилищ.

### Трансформации поселенческого каркаса отрасли.

Освоение лесных ресурсов на севере современной Свердловской области способствовало пространственному развитию поселенческой сети. Население, занятое в отрасли, концентрировалось преимущественно на территории современных городских округов: Верхотурского, Новолялинского, Серовского и Сосьвинского. В начале XX в. при ряде станций построенной железной дороги Кушва–Надеждинск появились поселки, наиболее крупными из них являлись Ляля и Лобва. Основными этапами развития поселенческого каркаса отрасли стали первые пятилетки (конец 1920-х – начало 1940-х годов) и послевоенный период (вторая половина 1940-х – начало 1960-х годов). Увеличение количества населенных пунктов и числа жителей в них явилось следствием активного освоения лесных ресурсов, строительства и реконструкции предприятий, размещения крупных контингентов спецпереселенцев из числа “раскулаченных” крестьян и заключенных. Основой поселенческого каркаса в годы первых пятилеток стали п. Пролетарий (составная часть п. Привокзальный), Лобва, Сосьва, г. Новая Ляля. В 1950-х – начале 1960-х годов каркас укрепился за счет образования п. Карпунинский и Восточный в Верхотурском районе (деревообработка) и поселках Оус и Пелым в Ивдельском районе (заготовка древесины). Если в первой половине XX в. большинство крупных населенных пунктов, связанных с лесной промышленностью, тяготело к железной дороге Кушва–Надеждинск (с 1939 г. – Серов), за исключением п. Сосьва, то поселения, созданные в 1950-х – начале 1960-х годов, разместились на линиях Сосьва–Алапаевск и Ивдель–Обь (см. рис. 1).

В 1930-х годах на севере Свердловской области сформировалась крупная сеть лесозаготовительных поселков, которая в последующие десятилетия имела тенденцию к сокращению. Основными факторами ликвидации населенных пунктов стали истощение лесных баз, уменьшение числа жителей вследствие высокой смертности, побегов спецпереселенцев и заключенных, развитие тракторного, автомобильного и железнодорожного транспорта древесины с использованием мобильных лесозаготовительных бригад. В 1939 г. на севере Свердловской области насчитывалось 265 сельских населенных пунктов (из 1023), связанных с лесным хозяйством и лесной промышленностью. В последующие десятилетия число поселений этой направленности сокращалось. В 1970 г. имелся 131 сельский населенный пункт (из 664), в 1989 г. – 44 (из 279) (Мазур, 2005, с. 83, 87).

<sup>4</sup> По материалам сайтов предприятий: Группа компаний ООО “Лесной Урал Сбыт” (<http://lesnoyural.ru/>) (дата обращения 26.06.2021) и Новолялинский ЦБК (<http://ncbz.ru/>) (дата обращения 26.06.2021).

<sup>5</sup> Мысляева В. Мониторинг позволяет снизить показатель на 30%. <https://pravdaurfo.ru/news/183690-nezakonnnye-vyubki-v-13-municipalitetah> (дата обращения 17.04.2021).

**Таблица 2.** Динамика численности населения в районах и населенных пунктах лесопромышленного комплекса севера Свердловской области, тыс. человек

Годы и периоды	Новолялинский район (с 2006 г. городской округ)	г. Новая Ляля (город с 1938 г.)	п. Лобва (рабочий поселок с 1928 г.)	Серовский район*	п. Сосьва (рабочий поселок с 1938 г.)	п. Восточный (рабочий поселок с 1950-х годов)**	п. Карпунинский (рабочий поселок с 1957 г.)***
1926 г.	<b>18.9</b>	7.0	2.8	—	—	—	—
1939 г.	<b>34.7</b>	14.9	7.5	—	5.3	—	—
1959 г.	<b>46.1</b>	17.8	11.7	<b>53.3</b>	14.3	7.5	7.6
1970 г.	<b>39.0</b>	17.0	12.0	<b>44.1</b>	11.3	7.8	5.4
1989 г.	<b>29.8</b>	15.7	9.9	<b>32.3</b>	10.4	7.2	1.1
2002 г.	<b>26.5</b>	14.6	8.5	<b>26.2</b>	10.3	5.7	0.6
2010 г.	<b>23.6</b>	12.7	8.4	<b>23.5</b>	9.6	4.7	Нет сведений
Изменение за 1926–1959 гг., %	<b>+243.9</b>	+254.3	+417.8	—	—	—	—
Изменение за 1939–1959 гг., %	<b>+132.8</b>	+119.5	+156.0	—	+269.8	—	—
Изменение за 1959–2010 гг., %	<b>–48.8</b>	–28.6	–28.2	<b>–55.9</b>	–32.9	–37.3	—
Изменение за 1926–2010 гг., %	<b>+124.9</b>	+181.4	+300.0	—	—	—	—

Составлено по данным переписей населения 1926, 1939, 1959, 1970, 1989, 2002, 2010 гг.

Примечание. \* Существовал в 1940–1959 гг., вновь образован в 1965 г., с 2007 г. разделен на Серовский и Сосьвинский городские округа; \*\* до 1965 г. находился в составе Верхотурского района; \*\*\* входит в состав Верхотурского района.

Число жителей в поселениях, связанных с лесной промышленностью, росло с начала XX в. до конца 1950-х годов, а затем стало сокращаться. Эти тенденции хорошо просматриваются на примерах Новолялинского и Серовского районов и ряда крупных населенных пунктов. Высокие темпы сокращения числа жителей были в п. Карпунинский (за 50 лет – на 92%) (табл. 2). Тренд на сокращение числа жителей в поселениях, связанных с лесной промышленностью, сохранится в ближайшей и среднесрочной перспективе. Он обусловлен оттоком молодежи, превышением смертности населения над рождаемостью.

По результатам исследования, на основании типологий региональных лесопромышленных комплексов и лесопромышленных населенных пунктов, обоснованных И.Ф. Кузьминовым (2012, с. 23–24), можно дать следующую характе-

ристику лесной промышленности севера Свердловской области. На современном этапе лесопромышленный комплекс региона (в том числе на севере) следует относить к “среднемощному рассредоточенному за счет множества производств среднего размера”. А в начале XX в. и в советский период его можно было характеризовать как “мощный рассредоточенный за счет средних и крупных производств”, размещенных в разных по размерам и функциям поселениях. На севере Свердловской области расположены малые города (и поселки) с одним крупным производством, определяющим его экономику (Новая Ляля, Лобва, Сосьва, Восточный), и малые населенные пункты с одним или несколькими малыми, неконкурентоспособными предприятиями (Привокзальный).

**Судьбы лесных поселков.** Современное состояние населенных пунктов, связанных с лесной промышленностью, представлено кейсами п. Карелино (городской округ Верхотурский, население около 150 человек) и Лобва (Новолялинский городской округ, число жителей около 8 тыс.). Станция Карелино (30 км на юго-запад от г. Верхотурье) возникла в связи со строительством в начале XX в. железнодорожной линии Кушва–Надеждинск. С 1930-х годов основным профилем поселка стала заготовка древесины. Была создана жилая и социальная инфраструктура. В современный период главные проблемы поселка – отсутствие автомобильного сообщения и промышленного производства (мост через р. Тура, обеспечивающий выход на трассу Екатеринбург–Серов, давно разрушен, лесной участок прекратил работу на рубеже 1990–2000-х годов). За последние 20 лет число жителей в п. Карелино существенно сократилось, закрылись вокзал, отделение почты, школа, детский сад, магазины. Сообщение с ближними городами осуществляется пригородным железнодорожным транспортом. Местные жители по-прежнему надеются на строительство автомобильного моста через р. Тура, но пока существование поселка зависит во многом от обеспечения людей продовольственными товарами и дровами (Соколова, 2021, с. II).

Поселок Лобва, возникший в 1910 г. в связи со строительством лесопильного завода, превратился в крупный поселок городского типа (в 2004 г. отнесен к категории сельских поселений) с развитой жилищной и социальной инфраструктурой. Здесь функционировали крупный лесной комбинат (прекратил работу в 2012 г.) и гидролизный завод (закрылся в середине 2000-х годов). Ликвидация градообразующих предприятий подстегнула сокращение численности населения, закрытие и реорганизацию ряда муниципальных и государственных учреждений. Повысилась роль вахтового метода работы. На базе Лобвинского лесопромышленного комбината в конце 2010-х годов ООО “Лесной Урал Лобва”, входящее в группу компаний ООО “Лесной Урал Сбыт” (г. Серов), реализовало инвестиционный проект по строительству предприятия, в том числе с привлечением льготного займа в размере 100 млн руб. от федерального и областного фондов развития промышленности. Его первая очередь включала цех по выпуску столярных изделий для строительных и отделочных работ, вторая – цехи поточного лесопиления, по производству пеллет из отходов деревообработки, линия автоматической сортировки круглой древесины<sup>6</sup>. Предприятие может

сыграть положительную роль в деле модернизации производственной площадки бывшего лесопромышленного комбината, сохранения кадрового потенциала поселка. В последние годы в п. Лобва возводится жилье для переселенцев из аварийного жилья, создана площадь около центра культуры и спорта.

## ВЫВОДЫ

Развитие лесопромышленного комплекса на севере Свердловской области в XX – начале XXI в. представляет собой пример освоения территории: от становления ведущей отрасли до ее системного кризиса. В дореволюционный период важными факторами старта промышленного освоения лесных ресурсов на Северном Урале стали железнодорожное строительство и наличие речных путей. Уже на этом этапе начали функционировать заводы по выпуску пиломатериалов, целлюлозы и бумаги. В годы первых советских пятилеток реконструкция и строительство предприятий, направление в регион крупных контингентов заключенных и спецпереселенцев из числа “раскулаченных” крестьян обусловили освоение новых лесных массивов, видов продукции, существенное развитие сети лесозаготовительных поселков. С конца 1940-х до 1980-х годов достигнутые результаты были подкреплены развитием деревообрабатывающей и лесохимической отраслей, освоением лесов и строительством предприятий в районах новых железных дорог. Лесопромышленный комплекс стал играть ведущую роль в экономике севера Свердловской области и в лесной промышленности региона, переживая стадию наивысшего подъема. В то же время усилились тенденции отдаления районов заготовок от речных и транспортных путей, повышения роли специализированных дорог и дорог общего пользования в вывозке древесины, разрушения поселенческого каркаса и его стягивания к магистральной железной дороге Кушва–Серов. Функционирование лесопромышленного комплекса севера Свердловской области в составе срединного региона обернулось в период кризиса начала 1990-х – середины 2010-х годов крупным падением объемов лесопромышленной деятельности, ликвидацией крупных производств, заводской и транспортной инфраструктуры, сжатием освоенного пространства. Имеет место концентрация предприятий, однако действует большое число индивидуальных предпринимателей и обществ с ограниченной ответственностью с небольшими объемами оборота. К числу факторов, которые негативно отражаются на развитии лесной промышленности, следует отнести слаборазвитую сеть специа-

<sup>6</sup> Новая производственная площадка, запущенная в Лобве благодаря мерам господдержки, позволит создать 156 рабочих мест. <https://www.oblgazeta.ru/pressreleases/27579/> (дата обращения 19.04.2021).

лизированных дорог, экономическую недоступность крупных лесных массивов, сокращение числа жителей в населенных пунктах, связанных с отраслью.

Отраслевая поселенческая сеть активно развивалась с начала XX в. до конца 1950-х годов и была представлена большим количеством лесозаготовительных поселков, рабочими поселками и городами при предприятиях по механической обработке и глубокой переработке древесины. Еще с конца 1930-х годов начали проявляться и во второй половине XX в. еще более усилились тенденции сокращения поселенческой сети и числа жителей в населенных пунктах. Закрытие большого числа предприятий в 1990–2010-х годах также стало фактором увеличения оттока населения из поселков и городов. В последние годы только нескольких городских и сельских поселений (в первую очередь это г. Новая Ляля, п. Лобва, Сосва, Восточный, Привокзальный) непосредственно связаны с лесной промышленностью. При этом в ряде поселков, где еще 20–30 лет назад функционировали лесозаготовительные и деревообрабатывающие предприятия, насчитывается только по несколько десятков или сотен жителей. Судьба этих населенных пунктов драматична, и в среднесрочной перспективе по-прежнему будет доминировать тенденция сжатия освоенного пространства.

На перспективы развития лесопромышленного комплекса на севере Свердловской области работают также исторические факторы, связанные в первую очередь с устойчивостью направлений лесной промышленности, наличием дорог общего пользования. Еще в начале XX в. владельцы Николае-Павдинского горного округа, опираясь на данные лесоустройства территории, потребности Урала и сопредельных регионов, сделали ставку на развитие производства пиломатериалов и оберточной бумаги. Нереализованными в тот период остались проекты по изготовлению бумажных мешков и целлюлозы (это было сделано уже в советский период). В советский период большую роль играла государственная политика по развитию лесной промышленности (особенно в 1930-х и 1950–1970-х годах). Ее результаты продолжают оказывать влияние на отрасль, и данный опыт, с его положительными и отрицательными чертами, требует более глубокого изучения.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Часть исследования, посвященная периоду с конца 1920-х до начала 1940-х годов, выполнена при финан-

совой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 21-09-43024.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает признательность Т.В. Литвиненко (Институт географии РАН) за предоставленный автореферат диссертации Г.А. Приваловской “Районы лесного Заволжья Костромской области (Экономико-географическая характеристика)”.

#### FUNDING

The part of the research devoted to the period of the late 1920s – early 1940s was funded by RFBR, project no. 21-09-43024.

#### ACKNOWLEDGMENTS

The author expresses gratitude to T.V. Litvinenko (Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences) for the autorecapture of G.A. Privalovskaya's dissertation “Regions of the Forest Volga Region of the Kostroma Oblast (Economic and Geographical Characteristics).”

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аверкиева К.В., Антонов Е.В., Денисов Е.А., Фаддеев А.М.* Территориальная структура городской системы севера Свердловской области // Изв. РАН. Сер. геогр. 2015. № 4. С. 24–38.
- Алексеев В.В., Алексеева Е.В.* Модернизация России: назад в будущее? Екатеринбург: Академкнига, 2000. 40 с.
- Анимица Е.Г.* Города Среднего Урала. Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1975. 303 с.
- Антуфьев А.А.* Уральская промышленность накануне и в годы Великой Отечественной войны. Екатеринбург: УрО РАН, 1992. 337 с.
- Артоболевский С.С., Бакланов П.Я., Тревиш А.И.* Пространство и развитие России: полимасштабный анализ // Вестн. РАН. 2009. Т. 79. № 2. С. 101–112.
- Верхотурский район // Уральская советская энциклопедия. М.—Свердловск: Изд-во Уралоблисполкома “Уральская советская энциклопедия”, 1933. Т. 1. С. 631–633.
- Глузман В.Л., Маслоков М.Ф.* Лесозаготовительные предприятия Среднего Урала. Екатеринбург: ИД “Сократ”, 2001. 384 с.
- Гравес А.Ф., Толстобров Н.Е.* Бумажная промышленность // Уральская советская энциклопедия. М.—Свердловск: Изд-во Уралоблисполкома “Уральская советская энциклопедия”, 1933. Т. 1. С. 506–511.
- Дульский И.* Лесные богатства Урала. Свердловск—М.: Гослестехиздат, 1934. 43 с.
- Зыкин И.В.* “Зеленое золото” индустриализации: Лесопромышленный комплекс Уральского региона в конце 1929 г. — первой половине 1941 г. Изд. 2-е,

- перераб. и доп. Екатеринбург: ООО Универсальная Типография “Альфа Принт”, 2021а. 303 с.
- Зыкин И.В.* Обзор состояния лесопромышленного комплекса севера Свердловской области во второй половине 2010-х гг. // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Материалы VI Всероссийской научно-технич. конф. СПб.: СПб-ГЛТУ, 2021б. Т. 1. С. 181–183.
- Иванова О.Ю.* Тенденции развития и размещения производительных сил в пространстве индустриального макрорегиона (на примере Урала): Дис. ... канд. экон. наук. Екатеринбург, 2016. 210 с.
- История развития лесной промышленности Среднего Урала / сост. М.Ф. Маслюков. Екатеринбург: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1997. 398 с.
- Капустин В.Г., Корнев И.Н.* Свердловская область: природа, население, хозяйство, экология: Учеб. пособие для учащихся старших классов. 2-е изд., перераб. Екатеринбург: У-Фактория, 2004. 325 с.
- Комар И.В.* Урал: Экономико-географическая характеристика. М.: Изд-во АН СССР, 1953. 616 с.
- Кузьминов И.Ф.* Географические последствия постсоветской трансформации лесопромышленного комплекса России: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. М., 2012. 27 с.
- Кулагин О.И.* “Эффект колеи” зависимости в лесной промышленности Карелии как фактор социально-экономического развития региона в конце XIX–XX вв. // Региональные исследования. 2015. № 1 (47). С. 145–152.
- Леса Урала / под ред. М.Е. Ткаченко. Свердловск: Изд-во Уральского филиала АН СССР, 1948. 231 с.
- Мазур Л.Н.* Север Свердловской области в XX веке: модели развития системы расселения // Материалы Первой региональной краеведческой научно-практич. конф. “Походяшинские чтения”. Екатеринбург: [Б. и.], 2005. С. 72–89.
- Петров Б.С.* Очерки о развитии лесной промышленности Урала. М.–Л.: Гослесбумиздат, 1952. 146 с.
- Приваловская Г.А.* Районы лесного Заволжья Костромской области (Экономико-географическая характеристика): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 1958. 14 с.
- Прядилина Н.К.* Лесной сектор экономики Свердловской области: этапы развития, современное состояние и проблемы лесного планирования: Монография. Екатеринбург: УГЛТУ, 2019. 342 с.
- Соколова Г.* В последний путь – на электричке // Областная газета. 2021. 9 февраля. С. II.
- Трейвиш А.И.* Исторический опыт модернизации российского общества и пространства // Вызовы и политика пространственного развития России в XXI веке / ред. В.М. Котляков, А.Н. Швецов, О.Б. Глезер. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2020. С. 12–49.
- Шварц Е., Шматков Н., Кобяков К., Родионов А., Ярошенко А.* Некоторые причины кризиса лесного сектора и пути выхода из него // Устойчивое лесопользование. 2018. № 3 (55). С. 4–16.
- Шегельман И.Р.* Лесные трансформации (XV–XXI вв.). Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2008. 240 с.
- Шейнгауз А.С.* Освоение лесов Дальнего Востока и использование их продуктивности с середины XIX до середины XX в. // Повышение продуктивности лесов Дальнего Востока: Сб. тр. ДальНИИЛХ. М.: Лесная промышленность, 1973. С. 84–110.
- Шувалов Е.Л.* Урал. Экономико-географический очерк: Пособие для учителей. М.: “Просвещение”, 1966. 199 с.
- Algere K.V.* Forest Economy in the U.S.S.R. An Analysis of Soviet Competitive Potentialities. Skogsekonomi i Sovjetunionen med en analys av landets potentiella konkurrenskraft. Stockholm: Skogshögskolan Royal College of Forestry, 1967. 449 p.
- Barr B., Braden K.* The Disappearing Russian Forest: A Dilemma in Soviet Resource Management. New Jersey: Rowman & Littlefield Publ. Inc., 1988. 252 p.
- The Russian Federation Forest Sector.* Outlook Study to 2030. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012. 84 p.

## Mastering Space of the North of the Sverdlovsk Oblast in the 20th – Early 21st Centuries (the Case of a Timber Processing Complex)

I. V. Zykin\*

*Technological Institute – branch of the National Research Nuclear University “MEPhI”, Lesnoy, Russia*

*\*e-mail: zivverh@mail.ru*

Sverdlovsk oblast has large wood reserves, especially in the northern and eastern ranges, the availability of which was ensured thanks to transport and industrial construction in the late 19th–20th centuries. In the north of the region, active forest development and the construction of enterprises were carried out. The crisis in the industry in the late 1980s and early 2000s led to negative consequences. The formulation of scenarios for the development of the forest industry, the implementation of new projects in the field of forest development is impossible without taking into account the historical experience in the development of forest resources in the north of the Sverdlovsk oblast. The analysis of this experience is the purpose of the article. Over the long historical period, the development of the industry was most affected by the institutional, socioeconomic,

technical, and technological components of modernization. In this regard, emphasis is placed on studying the role of the transport factor in the development of forest resources of the territory, the development of enterprises, and the settlement framework of the industry. It was concluded that the forest industry played a significant role in the formed local territorial-industrial complex, spatially developed due to the presence of rivers with the direction of the current to the east and the construction of meridional railways, as well as a network of narrow-gauge railways, tractor, and roads. At the present stage, the industry is experiencing a deep crisis, the network of enterprises and settlements has significantly decreased. There are polarization and concentration trends in the timber industry with different effects. In the 2000s—the 2010s, a number of investment projects for the development of forests and the construction of enterprises were implemented, however, the role of the industry in the structure of the economy of the north of the Sverdlovsk oblast remains insignificant.

*Keywords:* historical geography, north of the Sverdlovsk oblast, timber processing complex, settlement framework, mastering space, factors, crisis

## REFERENCES

- Alekseev V.V., Alekseeva E.V. *Modernizatsiya Rossii: nazad v budushchee?* [Modernization of Russia: Back to the Future?]. Yekaterinburg: Akademkniga Publ., 2000. 40 p.
- Algere K.V. *Forest Economy in the U.S.S.R. An Analysis of Soviet Competitive Potentialities*. Stockholm: Skogshögskolan Royal College of Forestry, 1967. 449 p.
- Animitsa E.G. *Goroda Srednego Urala* [Cities of the Middle Urals]. Sverdlovsk: Sred.-Ural. Kn. Izd., 1975. 303 p.
- Antuf'ev A.A. *Ural'skaya promyshlennost' nakanune i v gody Velikoi Otechestvennoi voiny* [Ural Industry before and during the World War II]. Ekaterinburg: UrO RAN, 1992. 337 p.
- Artobolevskii S.S., Baklanov P.Ya., Treivish A.I. Space and development of Russia: polyscale analysis. *Vestn. Ross. Akad. Nauk*, 2009, vol. 79, no. 2, pp. 101–112. (In Russ.).
- Averkieva K.V., Antonov E.V., Denisov E.A., Faddeev A.M. Territorial structure of the urban system in the northern Sverdlovsk oblast. *Reg. Res. Russ.*, 2015, vol. 5, pp. 349–361.  
<https://doi.org/10.1134/S2079970515040036>
- Barr B., Braden K. *The Disappearing Russian Forest: A Dilemma in Soviet Resource Management*. New Jersey: Rowman & Littlefield Publ., 1988. 252 p.
- Dul'skii I. *Lesnye bogatstva Urala* [Forest Riches of the Urals]. Moscow, Sverdlovsk: Goslestekhizdat Publ., 1934. 43 p.
- Gluzman V.L., Maslyukov M.F. *Lesozagotovitel'nye predpriyatiya Srednego Urala* [Logging Enterprises of the Middle Urals]. Ekaterinburg: Sokrat Publ., 2001. 384 p.
- Graves A.F., Tolstobrov N.E. Paper industry. In *Ural'skaya sovetskaya entsiklopediya*. [Ural Soviet Encyclopedia]. Moscow, Sverdlovsk: Ural'skaya Sovetskaya Entsiklopediya Publ., 1933, vol. 1, pp. 506–511. (In Russ.).
- Istoriya razvitiya lesnoi promyshlennosti Srednego Urala* [History of the Development of the Forest Industry of the Middle Urals]. Maslyukov M.F., Ed. Yekaterinburg: Sred.-Ural. Kn. Publ., 1997. 398 p.
- Ivanova O.Y. *Tendentsii razvitiya i razmeshcheniya proizvoditel'nykh sil v prostranstve industrial'nogo makroregiona (na primere Urala)* [Trends in the Development and Distribution of Productive Forces in an Industrial Macroregion (Case of the Urals)]. Yekaterinburg, 2016. (In Russ.).
- Kapustin V.G., Kornev I.N. *Sverdlovskaya oblast': priroda, naselenie, khozyaistvo, ekologiya* [Sverdlovsk Region: Nature, Population, Economy, Ecology]. Yekaterinburg: U-Faktoriya Publ., 2004. 325 p.
- Komar I.V. *Ural: Ekonomiko-geograficheskaya kharakteristika* [Ural: Economic and Geographical Characteristics]. Moscow: AN SSSR, 1953. 616 p.
- Kulagin O.I. “Gauge effect” of dependence in the forest industry of Karelia as a factor in the socio-economic development of the region in the late XIX–XX centuries. *Reg. Issled.*, 2015, no. 1 (47), pp. 145–152. (In Russ.).
- Kuz'minov I.F. Geographical consequences of the post-Soviet transformation of the Russian timber industry. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow, 2012. 27 p.
- Lesy Urala* [Forests of the Urals]. Tkachenko M.E., Ed. Sverdlovsk: AN SSSR, 1948. 231 p.
- Mazur L.N. North of the Sverdlovsk Region in the 20th century: models of the development of the settlement system. In *Mat. Pervoi reg. kraevdcheskoj nauchn.-prakt. konf. “Pokhodyashinskie Chteniya”* [Mat. First Reg. Local History Sci. Pract. Conf. “Pokhodyashin Readings”]. Yekaterinburg, 2005, pp. 72–89. (In Russ.).
- Petrov B.S. *Ocherki o razvitii lesnoi promyshlennosti Urala* [Essays on the Development of the Forest Industry of the Urals]. Moscow, Leningrad: Goslesbumizdat Publ., 1952. 146 p.
- Privalovskaya G.A. Districts of the forest Volga region of the Kostroma Region (economic and geographical characteristics). *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow, 1958. 14 p.
- Pryadilina N.K. *Lesnoi sektor ekonomiki Sverdlovskoi oblasti: etapy razvitiya, sovremennoe sostoyanie i problemy lesnogo planirovaniya* [Forest Sector of the Economy of the Sverdlovsk Region: Stages of Development, Current State and Problems of Forest Planning]. Yekaterinburg: UGLTU, 2019. 342 p.

- Shegel'man I.R. *Lesnye transformatsii (XV–XXI vv.)* [Forest Transformations (XV–XXI Centuries)]. Petrozavodsk: PetrGU, 2008. 240 p.
- Sheingauz A.S. Development of forests of the Far East and the use of their productivity from the middle of the XIX to the middle of the XX century. In *Povyshenie produktivnosti lesov Dal'nego Vostoka: sbornik trudov Dal'NIILKh* [Increasing the Productivity of Forests of the Far East: a Collection of Works of Dal'NIILKh]. Moscow: Lesnaya Promyshlennost' Publ., 1973, pp. 84–110. (In Russ.).
- Shuvalov E.L. *Ural. Ekonomiko-geograficheskii ocherk* [Ural. Economic and Geographical Essay]. Moscow: Prosveshchenie Publ., 1966. 199 p.
- Shvarts E., Shmatkov N., Kobayakov K., Rodionov A., Yaroshenko A. Some causes of the forest sector crisis and ways out of it. *Ustoichivoe Lesopol'zovanie*, 2018, no. 3 (55), pp. 4–16. (In Russ.).
- Sokolova G. The last way is by train. *Oblastnaya Gazeta*, February 9, 2021, pp. 2. (In Russ.).
- The Russian Federation Forest Sector. Outlook Study to 2030*. Rome: FAO, 2012. 84 p.
- Treivish A.I. Historical experience of modernization of Russian society and space. In *Vyzovy i politika prostranstvennogo razvitiya Rossii v XXI veke* [The Challenges and Policies of Spatial Development in Russia in the 21st Century]. Kotlyakov V.M., Shvetsov A.N., Glezer O.B., Eds. Moscow: KMK Publ., 2020, pp. 12–49. (In Russ.).
- Verkhotur'skiy district. In *Ural'skaya sovetskaya entsiklopediya*. [Ural Soviet Encyclopedia]. Moscow, Sverdlovsk: Ural'skaya Sovetskaya Entsiklopediya Publ, 1933, pp. 631–633. (In Russ.).
- Zykin I.V. Overview of the state of the timber industry complex of the north of the Sverdlovsk region in the second half of the 2010s. In *Les Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie. Mat. VI Vseross. nauchn.-tekhn. konf.* [Forests of Russia: Politics, Industry, Science, Education. Mat. VI All-Russian Sci. Techn. Conf.]. Dobrovol'skii A.A., Ed. St Petersburg: SPbGL-TU, 2021b, vol. 1, pp. 181–183. (In Russ.).
- Zykin I.V. “Zelenoe zoloto” industrializatsii: Lesopromyshlennyi kompleks Ural'skogo regiona v kontse 1929 g. – pervoi polovine 1941 g. [“Green Gold” of Industrialization: Timber Industry Complex of the Ural Region at the End of 1929–the First Half of 1941]. Yekaterinburg: Alfa Print, 2021a. 303 p.