

## ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ

<https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-2-2>

УДК 001.6, 004.9

JEL O32, C890

А. И. Терехов  

Центральный экономико-математический институт РАН, г. Москва, Российская Федерация

## О развитии арктических исследований через призму наукометрии<sup>1</sup>

**Аннотация.** В отечественной литературе пока мало работ, посвященных количественным измерениям арктической науки, которые создавали бы целостную картину развивающихся исследований, позволяли сопоставлять вклад отдельных стран, способствовали реалистичной оценке научного потенциала России. Выполненный наукометрический анализ отчасти заполняет эту лауну, опираясь на множественные источники информации: библиографические базы данных Web of Science Core Collection и DIMENSIONS, грантовые базы данных научных фондов России, США и Германии. Показаны: 1) быстрый рост научных публикаций об Арктике в период 1980–2020 гг. со среднегодовым темпом после 2008 г. в 5 %, не уступающим некоторым высокотехнологичным областям, 2) глобализация исследований, выполняемых учеными из более чем 100 стран, все чаще на международном уровне, 3) изменение структуры научных интересов к Арктике, включая долгосрочные тенденции (социализацию исследований, снижение доли работ по геологии и физической географии) и быстрые новые тренды (рост доли работ по экономике и технологиям индустрии 4.0). Согласно расчетам, Россия третья среди стран по количеству арктических публикаций в базе данных Web of Science Core Collection, она внесла заметный вклад в массив высокоцитируемых работ, на который, однако, может негативно повлиять уменьшение доли российских работ с международным соавторством. Благодаря традиционно сильным позициям отечественной академической школы РАН остается лидирующим центром мировых арктических исследований; внутри страны она продвигает науку об Арктике особенно в Арктику через свои региональные отделения и центры, служит опорой для активизации исследований в университетах. Тематику части будущих публикаций отражают аннотации отобранных «арктических» грантов за 2023 г., их анализ, например, показал разное отношение к роли климатического фактора в изучении Арктики: чрезмерный акцент на нее в проектах, поддержанных зарубежными фондами, и более взвешенный подход в отечественных проектах.

**Ключевые слова:** научные исследования Арктики, библиографическая база данных, арктическая публикация, научный фонд, грант, арктический проект, наукометрический анализ

**Для цитирования:** Терехов, А. И. (2024). О развитии арктических исследований через призму наукометрии. *Экономика региона*, 20(2), 353–368. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-2-2>

<sup>1</sup> © Терехов А. И. Текст. 2024.

## On the Development of Arctic Research through Scientometrics

**Abstract.** There are still few Russian studies on quantitative measurements of Arctic science that could help create a holistic picture of developing research, compare the contributions of individual countries, and assess Russia's scientific potential. The performed scientometric analysis partly fills this gap, relying on multiple sources: bibliographic databases Web of Science Core Collection and DIMENSIONS; grant databases of Russia, the USA and Germany. The analysis revealed: 1) the fast growth of Arctic publications in the period 1980–2020 with an average annual rate of 5 % after 2008, which is similar to some high-tech fields; 2) increasing globalisation of research performed by scientists from more than 100 countries; 3) changes in Arctic research interests, including long-term trends (socialisation of research, decreasing share of works on geology and physical geography) and fast new trends (increasing share of publications on economics and technologies of industry 4.0). According to calculations, Russia is third among countries in terms of the number of Arctic publications in the Web of Science Core Collection database, significantly contributing to highly cited papers; however, this contribution may be negatively affected by a decline in the share of Russian publications with international co-authorship. Thanks to its traditionally strong position, the Russian Academy of Sciences remains the leading centre of global Arctic research; within the country, it promotes Arctic science through its regional branches and institutes, as well as supports the intensification of university studies. The abstracts of selected 2023 Arctic grants reflect the topics of some future publications; for example, their analysis showed different attitudes towards the role of the climate factor in Arctic research: excessive focus of projects supported by foreign funds and a more balanced approach in Russian projects.

**Keywords:** Arctic scientific research, bibliographic database, Arctic publication, science foundation, grant, arctic project, scientometric analysis

**For citation:** Terekhov, A. I. (2024). On the Development of Arctic Research through Scientometrics. *Ekonomika regiona / Economy of regions*, 20(2), 353-368. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-2-2>

### Введение

В последние десятилетия Арктика переживает беспрецедентные изменения, глубоко затрагивающие все ее системы: природные, социальные, искусственные. Чтобы понимать эти изменения, их взаимосвязь с глобальными процессами, необходимы углубленные и многоплановые научные исследования региона и знания. Вероятно, поэтому мировая арктическая наука развивается сейчас быстрее, чем когда-либо (State of Arctic..., 2020). Как показал анализ (Heininen et al., 2020), в своей политике и стратегиях важную роль науке отводят все заинтересованные стороны в Арктике: восьмерка арктических стран (Канада, Дания, Финляндия, Исландия, Норвегия, Россия, Швеция и США), 13 стран-наблюдателей в Арктическом совете (АС), созданном «арктической восьмеркой» в 1996 г., и некоторые другие.

Задача инновационного развития Арктической зоны РФ (АЗРФ) добавлена в «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года».<sup>1</sup>

Уже ведется ее «переосвоение», объединяющее использование и модернизацию «советского наследия» с созданием принципиально новых хозяйственных, социальных и инфраструктурных объектов (Лексин & Порфирьев, 2019). Переход от преимущественно ресурсной модели освоения АЗРФ к построению экономики знаний предполагает, в частности, измерение и количественную оценку их производства (Крюков, 2020). Значительную часть информации о результатах научных исследований (выполненных и планируемых) содержат библиографические и грантовые базы данных (БД). Методы информатики и наукометрии помогают извлечь ее, обработать и использовать для лучшего обзора всей панорамы арктических исследований, поиска ответов на фундаментальные и конкретные вызовы, принятия информированных экономических решений. Опубликовано несколько десятков зарубежных и отечественных работ, применяющих наукометрический подход к анализу арктических исследований. Ряд из них стремится к полному охвату арктической литературы (Москалева и Осипов, 2016; Терехов, 2021; Aksnes et al., 2016; Aksnes et al., 2023); другие фокусируют внимание на связанных с Арктикой актуаль-

<sup>1</sup> Внесены изменения в Основы государственной политики в Арктике на период до 2035 года. (2023). <http://kremlin.ru/acts/news/70570> (дата обращения: 28.09.2023).

ных темах: окружающей среды и изменения климата (Bancheva, 2019; Baztan et al., 2017), безопасности региона (Рыкова, 2020), управления рисками арктического судоходства (Fu et al., 2021) и т. д. Перечисленные работы отличаются временной охват, используемые источники данных (как правило, мировые БД Web of Science Core Collection и Scopus, реже отечественные БД, например Российский индекс научного цитирования (Москалева и Осипов, 2016) и «Научная Сибирика» собственной генерации ГПНТБ СО РАН (Рыкова, 2020)), а также стратегии поиска. Тем не менее, поскольку исследования Арктики продолжают быстро развиваться, необходимо использовать более широкий набор актуализированных данных, чтобы лучше проследить их эволюцию и направления. В настоящей статье делается такая попытка.

### Данные и методы

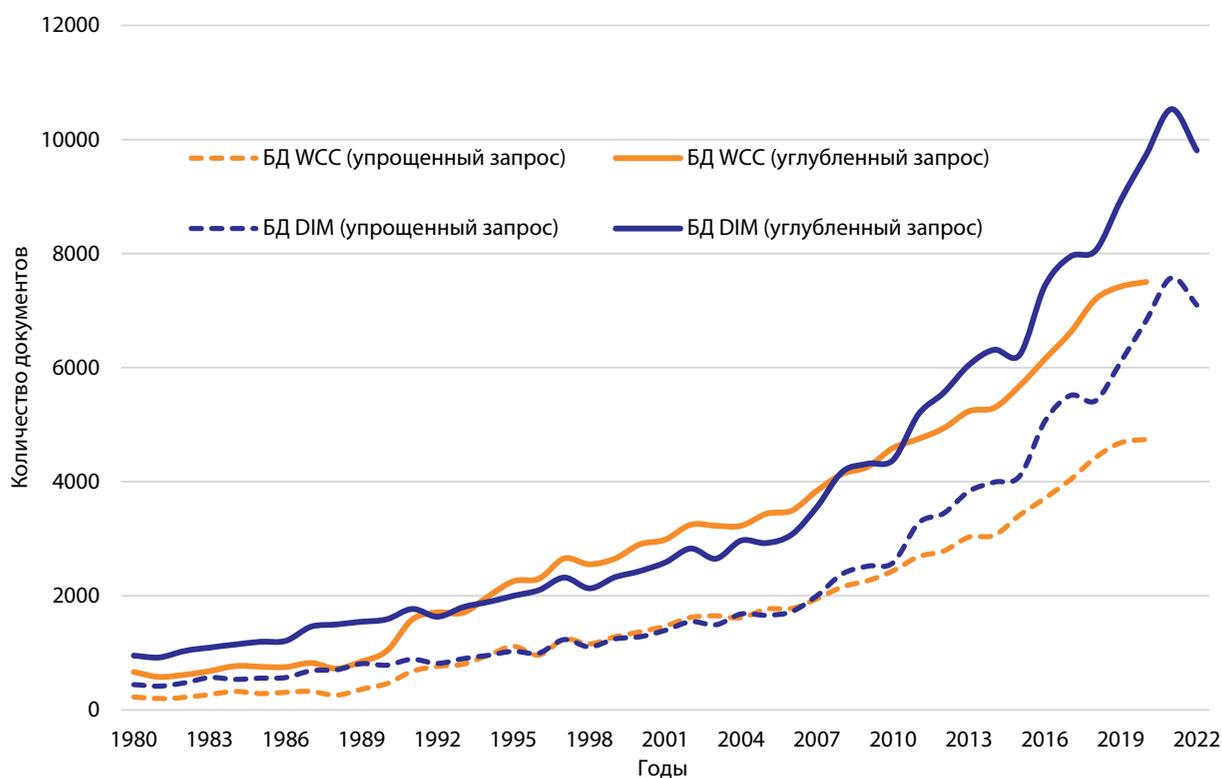
Выдающийся отечественный исследователь Севера и Арктики Г. А. Агранат отмечал, что научно-технический прогресс — одна из наиболее важных универсальных предпосылок развития северных районов (Агранат, 1992). История освоения АЗРФ подтвердила это, показав, что наука всегда была в авангарде экономического развития того или иного арктического региона (Сулейманов, 2016; Социально-экономическая проблематика..., 2018), и сейчас на этапе инновационной модернизации российской Арктики наука призвана играть ведущую роль (Пилясов, 2012; Пилясов, 2022). Как точно отмечено в (Лаженцев, 2023), сам подход к арктическим инновациям в настоящее время меняется: ориентацию на отдельные ключевые отрасли экономики сменяет охват всех звеньев производства и непродуцированной сферы, включая экологическую и природоохранную составляющие (Шевчук & Куртеев, 2016). В других арктических странах также понимают важную роль науки, поэтому не случайно Национальный научный фонд США в десятку «больших идей» включил в 2016 г. «навигацию по новой Арктике»<sup>1</sup>.

Библиометрия — количественный метод изучения науки, который может быть полезен для анализа ее структуры и динамики. Настоящая работа опирается на публикации, проиндексированные в мировых БД Web of Science Core Collection (БД WCC) за период

1980–2020 гг. и DIMENSIONS (БД DIM) за период 1980–2022 гг. Эти и другие библиографические БД обычно отличаются по типу и количеству охватываемых документов, применяемым критериям отбора и системам дисциплинарной классификации (Stahlschmidt & Stephen, 2020). Обладающая рядом преимуществ, например, в качестве отбора журналов, БД WCC чаще других применяется в библиометрической аналитике, однако запущенная в 2018 г. БД DIM имеет более полный журнальный охват и индексирует, в частности такие «быстрые» публикации, как препринты. Кроме того, в БД DIM отнесение статьи к одной или нескольким дисциплинам основано на ней самой, а не на классификации журнала, как это принято в БД WCC. Чтобы избежать возникающие при этом неточности из-за междисциплинарных журналов, мы используем БД DIM для анализа тематической структуры арктических исследований. Научное изучение Арктики — географически обусловленная область мультидисциплинарных исследований, поэтому ее наукометрический анализ должен опираться на множественные источники информации, включая, в частности, и грантовые БД. Уже делалась попытка использовать для анализа информацию о грантовом финансировании арктических исследований, извлеченную из БД DIM (Osipov et al., 2016), однако по ряду причин (пробелы в данных и др.) она не была вполне удачной. Учитывая это, в настоящей работе мы обратились непосредственно к доступным сайтам трех научных фондов: Российского научного фонда (БД РФФ), Национального научного фонда США (БД ННФ) и Немецкого научно-исследовательского общества (БД ННИО).

Для приближенного сравнения охвата арктической литературы в разных БД, а также для поиска арктических проектов в БД РФФ, ННФ и ННИО нами использован упрощенный запрос, включающий только базовый поисковый термин “arctic” (в русском варианте: «арктик\*», «арктическ\*»). Для расчета библиометрических показателей использован углубленный запрос, построенный по географическому принципу и включающий более 230 поисковых ключевых терминов (Терехов, 2021). Для поиска и первичной статистической обработки релевантных документов применены сервисы соответствующих БД; необходимые для анализа показатели построены на основе традиционных методов библиометрии, для визуализации использованы средства Excel. Тематика арктических проектов, запущенных научными

<sup>1</sup> NSF's 10 Big Ideas. U. S. National Science Foundation. [https://www.nsf.gov/news/special\\_reports/big\\_ideas/index.jsp](https://www.nsf.gov/news/special_reports/big_ideas/index.jsp) (дата обращения: 21.09.2023).



**Рис. 1.** Динамика роста арктических публикаций, проиндексированных в БД WCC и DIM (источник: составлено автором)

**Fig. 1.** Growth dynamics of Arctic publications indexed in the WCC and DIM databases

фондами в 2023 г., охарактеризована путем неформального контент-анализа аннотаций.

#### **Библиометрические показатели научного производства, кооперации и влияния в арктических исследованиях**

На рисунке 1 проиллюстрирован динамичный рост арктической литературы в обеих БД, заметно ускорившийся после Международного полярного года (МПП) 2007–2008 — мировой междисциплинарной исследовательской инициативы. Согласно углубленному запросу, в БД WCC содержится 127830 релевантных документов за 1980–2020 гг. (из них: статей — 83,5 %, трудов научных мероприятий — 9,5 %, обзоров — 3,4 % и др.), в БД DIM — 159338 документов за 1980–2022 гг. (из них: статей — 81,3 %, книжных глав — 9,0 %, трудов научных мероприятий — 4,7 % и др.).

Дальнейшие библиометрические расчеты в этом разделе выполнены на основе БД WCC. За весь период в изучении Арктики участвовали (хотя бы минимально) почти 150 стран, что говорит о глобальном научном интересе к этому региону. Если в 1980-е гг. исследования на 80–90 % выполнялись восьмеркой арктических стран, то к концу периода их собственный вклад (без участия остального мира) составлял лишь

48 %. Весомый вклад в арктические исследования за весь период внесли Великобритания, Германия, Франция, Китай и Япония. По доле в мировом публикационном выходе Россия с 11,6 % на третьем месте, ее опережают США (33,0 %) и Канада (20,3 %). За Россией следуют Норвегия (11,0 %) и Великобритания (9,6 %). Среди пяти наиболее продуктивных мировых научных организаций — РАН (7,6 % мировых арктических публикаций), Объединение им. Гельмгольца, Германия (4,2 %)¹, Университет Аляски Фэрбенкс, США (3,6 %), Национальный центр научных исследований, Франция (3,4 %), Система Калифорнийского университета, США (3,1 %). Таким образом, согласно самой авторитетной библиографической БД, комплекс отечественных академических НИИ выполняет наибольший объем арктических исследований не только внутри страны, но и в мире.

За четыре десятилетия производство нового знания об Арктике превратилось из внутреннего дела восьмерки арктических государств в массовое и, все чаще, коллективное производство: так, доля арктических публи-

¹ Объединение им. Гельмгольца (созданное в Германии в 1995 г.) уступало РАН по публикационному вкладу за период 1995–2020 гг. примерно в 1.8 раза.

каций, выполненных международными коллективами ученых в 1990, 2000, 2010, 2020 гг., последовательно составляла 13, 29, 38 и 42 %. Россия в 1990-е гг. интенсивно наращивала сотрудничество с зарубежными учеными, в результате чего в 2001–2002 гг. доля отечественных арктических публикаций, имеющих международное соавторство, составила около 48 %, однако затем она стала падать: до 35 % в 2010 и 31 % — в 2020 г. Это заметно ниже, чем у Китая в 2020 г. (55 %), США (59) и Германии (83). Понижательный тренд, вероятно, усилятся из-за западных санкций.

Аналитическая БД Essential Science Indicators (ESI) отбирает в БД WCC высокоцитируемые (топ-1 %) публикации по широким предметным областям и годам выхода за предшествующие десять лет. На 16.12.2019 620 арктических публикаций из БД WCC были включены в «высокоцитируемые для области», согласно методике ESI. Каждая из них, будучи «арктической», оказала существенное научное влияние в конкретной области. Вклад 13 стран в этот «элитный» массив показан в таблице 1: с большим отрывом лидируют США; Россия с 52 публикациями занимает 10-е место, опережая Японию, но уступая Китаю. Согласно данным этой таблицы (столбец 4), большая часть публикаций имеет международное соавторство, причем доля таких публикаций у разных стран отличается. При более точном «фракционном» счете публикаций вклад России в «элитный» массив

сократился бы примерно в 4,3 раза. Всего одна высокоцитируемая, согласно ESI, публикация была только российской. Статья наиболее «видимыми» отечественным публикациям чаще всего помогали соавторские связи с учеными из США, Германии и Канады. Интересно, что доля арктических публикаций с участием РАН за 2009–2018 гг., которые попали в массив ESI (0,8 %), оказалась несколько выше аналогичной доли публикаций с участием российских университетов (0,6 %), хотя обе не дотянули до ожидаемого 1 %.

Охарактеризуем кратко внутрироссийский исследовательский ландшафт. Согласно (Лексин, 2022), всего в нашей стране исследования по арктической тематике ведут более 500 организаций. В топ-10 по продуктивности за период 1980–2018 гг. вошли семь институтов РАН, два государственных университета и специализированный Арктический и антарктический НИИ (Терехов, 2021). За весь период публикационный вклад институтов РАН превысил совокупный вклад университетов более чем в два раза. Хотя в результате стимулирующих мер правительства университеты заметно усилили исследовательскую активность с 2011 г., им не удалось догнать РАН: в 2020 г. академические ученые были (со)авторами 63 % российских арктических публикаций в БД WCC, а университетские — 51 %.

Известна высокая степень концентрации российских исследований: так, в последние годы совокупный вклад Московской и Санкт-

Таблица 1

## Показатели вклада стран в массив высокоцитируемых публикаций (ESI)

Table 1

## Country contributions to highly cited papers (ESI)

Страна	Вклад в массив высокоцитируемых публикаций (ESI)		
	количество публикаций	% публикаций	доля публикаций с международным соавторством, %
США	417	67	66
Великобритания	197	32	88
Германия	136	22	90
Канада	133	21	88
Франция	99	16	95
Норвегия	94	15	95
Швеция	77	12	99
Дания	76	12	96
Китай	57	9	93
Россия	52	8	98
Япония	46	7	89
Финляндия	34	5	97
Исландия	8	1	100

Источник данных: рассчитано автором по БД WCC.

Таблица 2

Топ-10 российских городов по количеству арктических публикаций в БД WCC, 1993–2020 гг.

Table 2

Top 10 Russian cities by the number of Arctic publications in the WCC database, 1993-2020

Город	Количество арктических публикаций	Индекс специализации <sup>*</sup>	Доля публикаций РАН, %	Основная страна-соавтор (% совместных публикаций)
Москва	6229	1,0	76	США (12,4)
Санкт-Петербург	3313	1,6	49	США (15,2)
Апатиты	844	17,8	97	Норвегия (10,0)
Владивосток	785	3,7	81	США (24,6)
Мурманск	778	40,0	63	Норвегия (22,0)
Новосибирск	771	0,7	94	США (13,7)
Якутск	512	9,6	72	Германия (22,9)
Томск	476	0,9	78	США (22,1)
Архангельск	412	14,8	54	Франция (15,0)
Екатеринбург	347	0,7	86	Германия (8,6)

<sup>\*</sup>Сравнивает долю конкретного города в российских арктических публикациях с его долей во всем публикационном выходе страны. Считается, что город специализирован внутри России на изучении Арктики, если значение индекса превышает 1 и наоборот.

Примечание: еще пять городов имеют более 200 арктических публикаций: Петрозаводск (269), Магадан (266), Сыктывкар (255), Тюмень (218), Иркутск (210).

Источник данных: рассчитано автором по БД WCC.

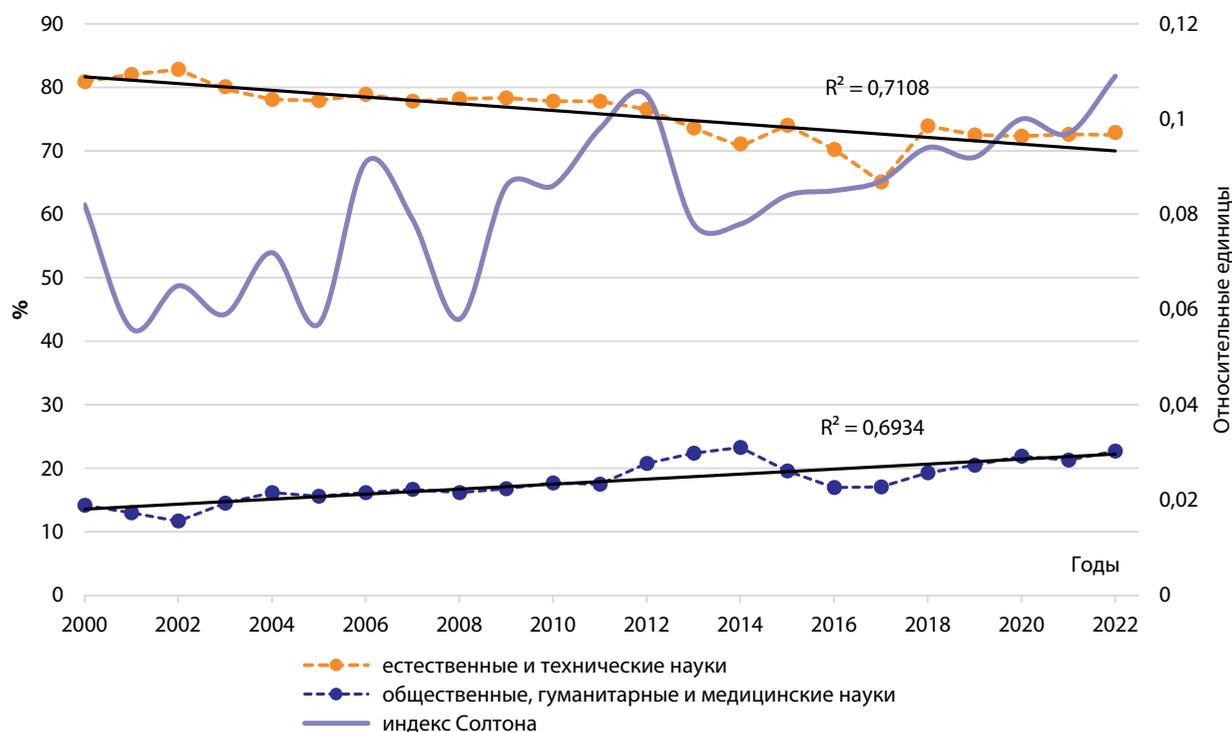
Петербургской агломераций (условно Центра) во все российские публикации в БД WCC находился в районе 80 %. На этом фоне вклад Центра в арктические публикации снизился с 73 в 2002 г. до 63 % в 2020 г., тогда как совместный вклад Урала, Сибири и Дальнего Востока вырос за тот же период с 15 до 34 %. Такая географическая деконцентрация показательна для арктических исследований, а их продвижение в регион, где расположена большая часть АЗРФ, может сыграть важную экономическую роль, поскольку наличие мощностей НИОКР и научных знаний способно стимулировать приток инвестиций.

Географическая обусловленность объекта изучения во многом определяет территориальное расположение основных исследовательских центров страны: в числе лидирующих по объему проводимых исследований четыре арктических города (Апатиты, Мурманск, Якутск и Архангельск), три — порты вдоль СМП (Мурманск, Архангельск, Владивосток). У них же высока и степень специализации в арктических исследованиях, особенно у Мурманска и Апатитов. Наиболее мощные научные комплексы обеих столиц значительно вовлечены в изучение Арктики: индекс специализации Санкт-Петербурга превышает 1, а арктический вклад Москвы пропорционален вкладу всех остальных ведущихся в городе исследований. В крупных наукопроизводящих городах — Новосибирске, Томске, Екатеринбурге — ар-

ктические исследования не являются предметом специализации (табл. 2).

В истории изучения и освоения Арктики отечественная Академия наук играла ключевую роль (Лаверов, 2014; Сулейманов, 2016). В работе созданного в 1999 г. Научного совета по изучению Арктики и Антарктики РАН в настоящее время участвуют 11 из 13 тематических и все региональные отделения Академии.<sup>1</sup> Это создает эффект синергии, что характерно, например, для северных научных центров РАН, где исследователи-экономисты тесно сотрудничают с коллегами из институтов естественного и технического профиля (Лаженцев, 2023). Согласно данным, представленным в таблице 2 (столбец 4), вклад ученых РАН в публикации почти всех российских городов из топ-10 превышал 50 %, а тех, где расположены ее региональные отделения и научные центры, — 80 %. Она продвигает науку об Арктике собственно в Арктику, так, ее вклад в публикации четырех арктических городов из топ-10 составляет от 56 (Архангельск) до 97 % (Апатиты). Обладая многогранным научным потенциалом, РАН может способствовать диверсификации экономики АЗРФ за счет «других», не от-

<sup>1</sup> Гвишиани, А. (2022). *О перспективах в области арктических исследований*. <http://freeconomy.ru/mneniya/aleksej-gvishiani-o-perspektivah-v-oblasti-arkticheskikh-issledovanij.html> (дата обращения: 28.09.2023).



**Рис. 2.** Изменение долей двух агрегированных групп областей науки в арктических публикациях, а также силы соавторских связей между этими группами в соответствии с индексом Солтона (источник: составлено автором)  
**Fig. 2.** Changes in the shares of two aggregate groups of scientific fields in Arctic publications, as well as the strength of co-authorship ties between these groups in accordance with the Salton index

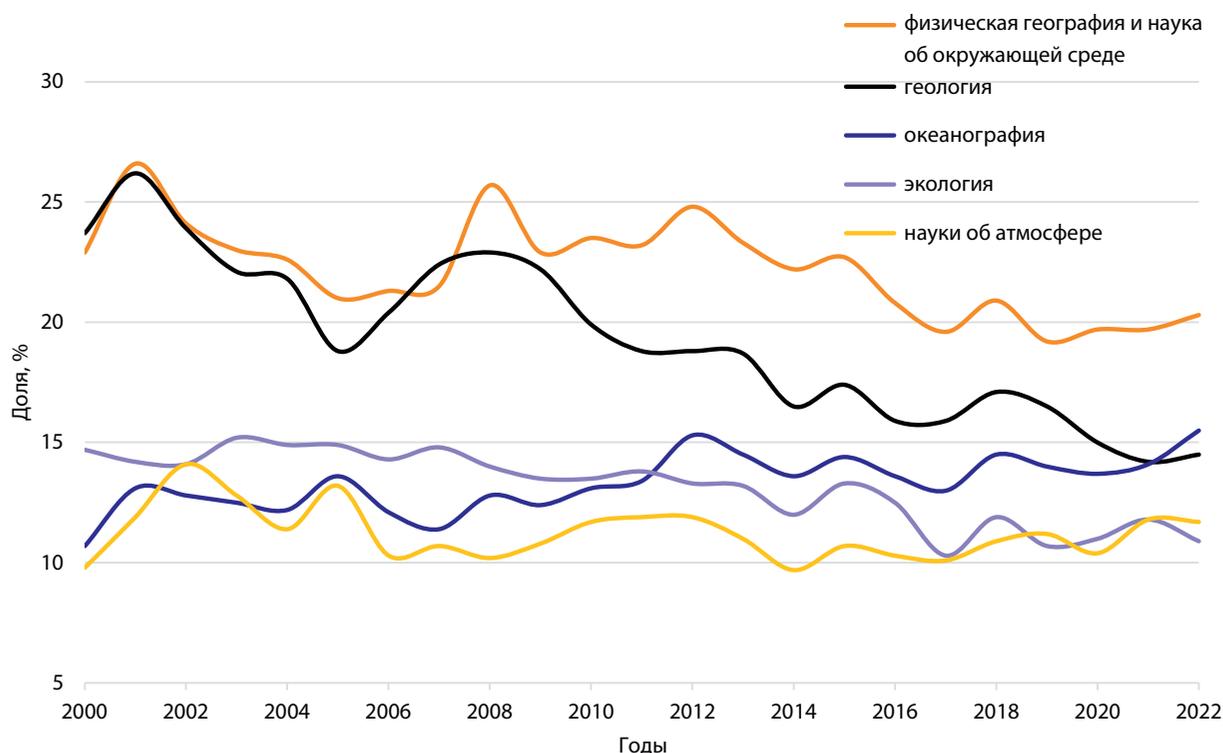
носящихся к добыче природных ресурсов, отраслей (которые в большинстве нероссийских регионов Арктики производят 30–50 % ВВП (Glomsrød et al., 2017)), в первую очередь основанных на знаниях. Довольно активным выглядит международное научное сотрудничество городов, чаще всего с учеными из США.

### Тематический профиль арктических исследований

Распределения публикаций по разделам науки в БД WCC, как и многих других библиографических БД, основаны на тематических категориях, в которых размещены журналы, а не сами публикации, что объективно порождает неточности, например, в случае междисциплинарных журналов. БД DIM нашла свой путь обойти этот недостаток, используя для тематической классификации публикаций, в том числе методы искусственного интеллекта и машинного обучения. Построенная ею система классификации состоит из 22 крупных областей и 154 подобластей (Orduña-Malea & Delgado-López-Cózar, 2018). Учитывая также, что в БД DIM включены «быстрые» публикации (препринты) и есть возможность охватить 2021 и 2022 гг., мы выбрали эту БД для анализа тематики арктических исследований.

Для начала выделим две агрегированные группы областей науки: естественные и технические, с одной стороны, и общественные, гуманитарные и медицинские науки (ориентированные на человека) — с другой. На рисунке 2 показан длительный тренд на снижение доли первых и повышение доли вторых в арктических исследованиях. Индекс Солтона<sup>1</sup>, измеряющий силу связи этих укрупненных групп на массиве отобранных публикаций, демонстрирует быстрый подъем, начиная с 2008 г., с последующим небольшим «отскоком» и затем стабильно восходящий тренд с 2014 г. Уже этот пример эмпирически подтверждает рост социализации и междисциплинарного характера арктических исследований. Известно, что инициатива МПГ, Международный университет Арктики (Пилясов, 2012), ННФ США, Научный совет по изучению Арктики и Антарктики РАН осознанно делают акцент на развитие междисциплинарных (или конвергентных) исследований в этом регионе. Поэтому целесообразно дальнейшее более де-

<sup>1</sup> Индекс Солтона, первоначально предложенный и используемый для измерения силы международных соавторских связей (Luukkonen et al., 1993), применен здесь по аналогии для измерения силы связи научных секторов, в основе которой также лежит соавторство.



**Рис. 3.** Изменение долей пяти подобластей науки (по классификации БД DIM) с наибольшим вкладом в арктические публикации (источник: составлено автором)

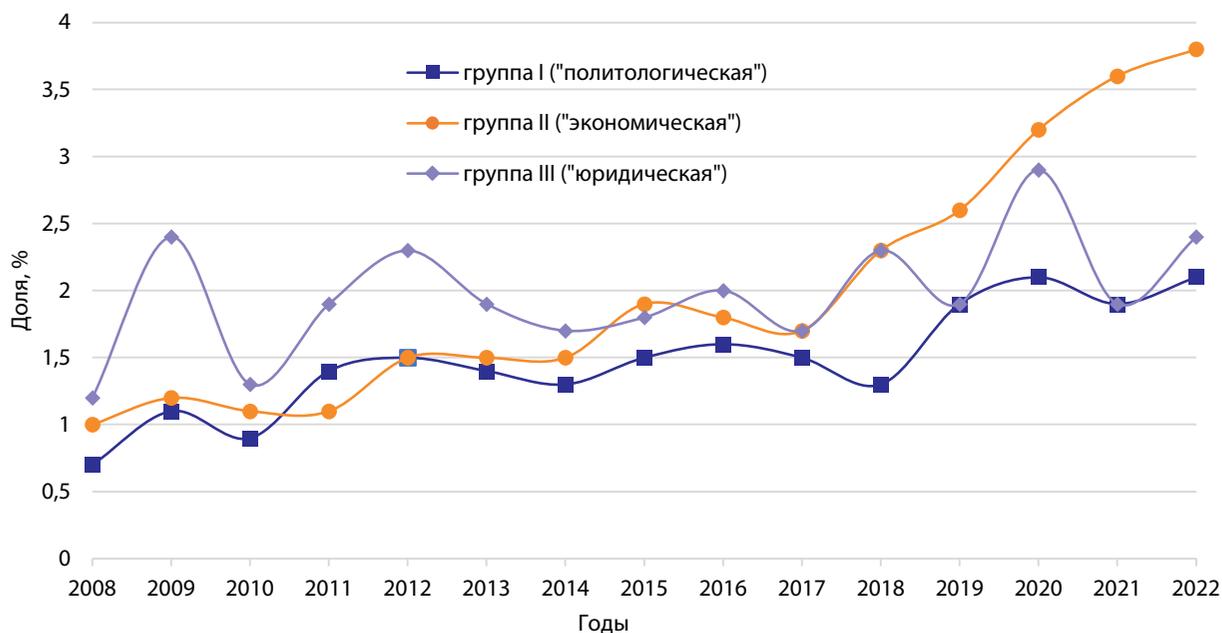
**Fig. 3.** Change in the shares of five scientific subfields (according to the DIM database classification) with the most contributions to Arctic publications

тальное эмпирическое изучение влияния политики на характер формируемого научного знания об Арктике.

Рассмотрим далее структуру исследований на уровне областей и подобластей науки по классификации БД DIM. Большая часть отобранных арктических публикаций за период 2000–2022 гг. соответствовала следующим научным областям: науки о Земле (48,3 %), биологические науки (18,7 %), науки об окружающей среде (8,5 %), инженерия (8,2 %), человеческое общество (5,0 %). Среди подобластей лидировали физическая география и наука об окружающей среде, геология, океанография, экология, науки об атмосфере. Кроме экологии (биологические науки), четыре остальные подобласти входят в науки о Земле. На рисунке 3 показано заметное снижение доли участия ученых — геологов, физических географов и экологов в арктических исследованиях в последние 10–15 лет. Лишь небольшой повышательный тренд демонстрируют ученые-океанографы и метеорологи.

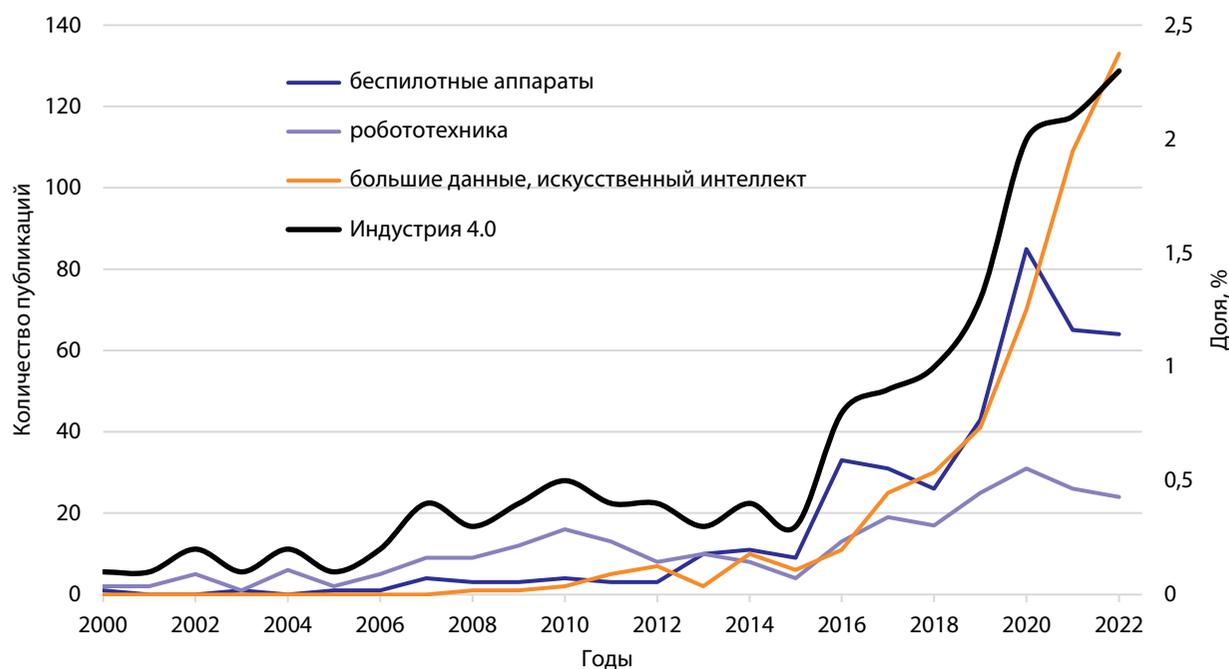
Чтобы сделать заметными и примерно равными группы социально-экономических наук, мы «сконструировали» их так: I включает политологию (шифр в БД DIM — 4408), II — эко-

номику (38), торговлю, управление, туризм и услуги (35), III — коммерческое право (4801), экологическое и природно-ресурсное право (4802), международное право и сравнительное правоведение (4803), публичное право (4807). Согласно данным, на основе которых построена диаграмма, представленная на рисунке 4, роль социально-экономических наук в изучении Арктики (на примере трех выделенных групп) с 2008 г. по настоящее время заметно усилилась. Можно отметить сначала преобладающий вклад «юридической» группы, а с 2017 г. быстрый спурт «экономической». Совокупно на рисунках 3 и 4 показано, что структура научных исследований в Арктике постепенно меняется. Повышение научного интереса к региону со стороны экономики при одновременном снижении интереса к изучению его ресурсных богатств со стороны геологии дает основание предполагать возможный сдвиг в пользу развития в Арктике «других» (нересурсных) отраслей. Об этом может сигнализировать и подъем интереса к технологиям Индустрии 4.0, которые могут обеспечивать баланс между удовлетворением потребностей общества и устойчивым развитием чувствительных экосистем Арктики (рис. 5).



**Рис. 4.** Изменение вклада в арктические публикации трех специально «сконструированных» групп социально-экономических наук: «политологической», «экономической» и «юридической» (источник: составлено автором)

**Fig. 4.** Changes in the contribution to Arctic publications by three specially designed groups of socio-economic sciences: "political science", "economics" and "jurisprudence"

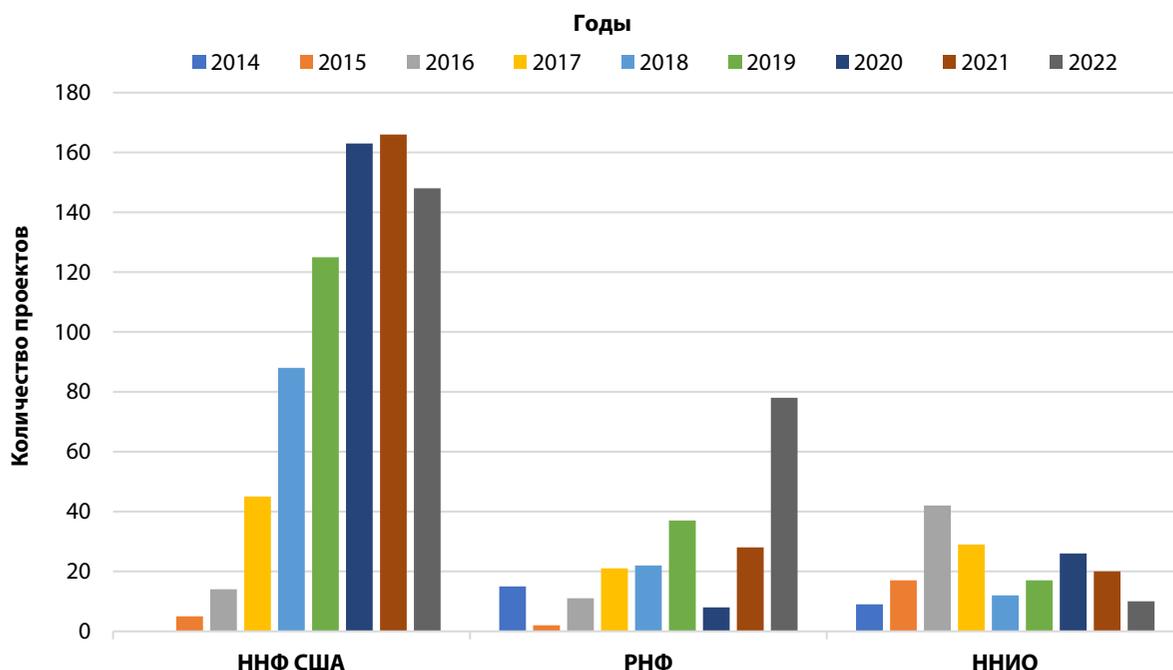


**Рис. 5.** Доля арктических публикаций, связанных с Индустрией 4.0, и количества публикаций по ее основным технологиям (цветные графики) (источник: построен автором)

**Fig. 5.** Share of Arctic publications related to Industry 4.0 and the number of publications on its core technologies (colour graphs)

Уже обозначился широкий спектр применения технологий индустрии 4.0 в арктическом регионе: от логистики и доставки грузов, разведки месторождений арктического шельфа и аэромониторинга трубопроводов, картографирования и экологического мониторинга до телемедицины, систем жизнеобеспечения, поиска и спасения людей, а также в военной

сфере (Vasileva et al., 2021; Федотовских, 2018). Помимо практических приложений, встречаемость ключевых терминов индустрии 4.0 часто связана с технологизацией самих исследований, например, использованием беспилотных аппаратов и роботов для расширения возможностей зондирования в труднодоступных арктических средах (Lee et al., 2022), ма-



**Рис. 6.** Количество арктических проектов Национального научного фонда США, Российского научного фонда и Немецкого научно-исследовательского общества, стартовавших по годам (источник: составлено автором)  
**Fig. 6.** Number of Arctic projects launched by the US National Science Foundation, Russian Science Foundation and German Research Foundation by year

шинного обучения для анализа больших данных по Арктике, в частности выявления закономерностей изменений вечной мерзлоты (Udawalpola et al., 2021) и т.д. Успехи в Арктике в перспективе все более будут определяться знаниями, которые опираются на высокоточные измерения, способность обрабатывать большие массивы междисциплинарных данных в реальном времени. В этой связи стоит отметить возможности, которые открывает вторая квантовая революция. В будущем спутники могут использовать квантовые технологии, которые принесут пользу, в том числе и в Арктике, например, в таких приложениях, как глобальная навигация, гравитационные измерения, квантовое распределение ключей для систем шифрования и т.д. Квантовые вычисления могли бы усилить возможности искусственного интеллекта при решении чрезвычайно сложных задач. Уже сейчас для применения в арктических условиях разрабатываются квантовые гравиметры<sup>1</sup>, квантовые радары<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Navigation Quantum Sensor Being Tested in Greenland. <https://www.technology.org/2023/06/20/navigation-quantum-sensor-greenland/> (дата обращения: 28.09.2023).

<sup>2</sup> Quantum radar to be tested for the first time outside of a lab. (2018). <https://interestingengineering.com/innovation/quantum-radar-to-be-tested-for-the-first-time-outside-of-a-lab> (дата обращения: 28.09.2023).

### Краткий анализ арктических проектов, поддержанных научными фондами (РНФ, ННФ США, ННИО), с использованием аннотаций

Научные фонды — важный элемент в системе конкурсного финансирования науки. Ряд из них через свои сайты предоставляют доступ к национальным грантовым БД, что позволяет анализировать информацию об исследовательских проектах. Поиск по упрощенному запросу позволил выявить в БД ННФ США, РНФ и ННИО соответственно 754, 222 и 182 арктических проекта, распределение которых по годам запуска показано на рисунке 6. Конечно, сопоставление было бы условным, учитывая, что Германия — неарктическое государство, а ННФ США, в отличие от РНФ, как федеральное агентство отвечает за реализацию американской исследовательской политики в Арктике<sup>3</sup>. Согласно диаграммам, представленным на рисунке 6, ННФ США значительно нарастил активность по арктическому направлению, включив его в десятку «больших идей» в 2016 г., чего не скажешь о РНФ и ННИО, в деятельности которых не просматривается какой-

<sup>3</sup> Arctic Research and Policy Act of 1984 (amended 1990). [https://www.nsf.gov/geo/opp/arctic/iarpc/arc\\_res\\_pol\\_act.jsp](https://www.nsf.gov/geo/opp/arctic/iarpc/arc_res_pol_act.jsp) (дата обращения: 28.09.2023).

либо системности. По суммарному числу запущенных арктических проектов за 2014–2022 гг. РФ и ННИО примерно сопоставимы, однако в 2022 г. российский фонд заметно превзошел немецкий, а в первой половине 2023 г. с соотношением 57 против 80 проектов приблизился к ННФ США.

Арктические проекты, запущенные тремя научными фондами в первой половине 2023 г., определяют тематику части будущих публикаций, поэтому рассмотрим их основную тематическую направленность, используя аннотации. Выделим три важных, на наш взгляд, момента.

1. Изменение климата (его причины, движущие силы, последствия) остается лейтмотивом большей части проектных исследований, поддержанных западными фондами. Среди причин предполагается, например, исследовать арктическое усиление вследствие быстрых атмосферных процессов, механизм обратной связи между климатом, эрозией, маршрутизацией наносов и круговоротом органического углерода, влияние «атмосферных рек» на потепление Арктики (ННФ США) или влияние мелкомасштабной изменчивости аэрозолей в Нью-Олесунне (Шпицберген) на быстрое потепление (ННИО). Исследуемые последствия изменения климата довольно разнообразны: изменение ледников и потеря озона в Арктике (ННИО), погодные аномалии, например, вспышки экстремально холодного воздуха, попадание ртути в океан в результате таяния Гренландского ледяного щита, таяние вечной мерзлоты, приводящее к попаданию ртути в термокарстовые озера и, затем, пищевые сети, возникновение уязвимости энергосистем и сейсмический отклик инфраструктурных систем на Аляске, усиление береговой эрозии из-за исчезновения морского льда (ННФ США) и др. Обращается внимание на смягчение опасностей и адаптацию к негативным изменениям для местного и коренного населения. Это относится, в частности, к оценке биоклимата в Арктике и социальной уязвимости к холодному климату на примере Норвегии (ННИО), устойчивому обеспечению чистой питьевой водой жителей сельских общин Аляски, промыслу омаров в Северной Америке, улучшению научной информированности и своевременному предупреждению прибрежных сообществ о факторах изменения морского льда (ННФ США) и т. д. Арктический морской лед играет важнейшую роль в климатической системе, его утрата является ключевым индикатором глобального изменения климата и фундаментальной про-

блемой современной климатологии в регионе. В проектах ННФ США предполагается исследовать, как таяние льдов изменит химический состав поверхностных вод Арктики и повлияет на будущую арктическую среду, как оно влияет на движение ледяных щитов, может повлиять на повышение глобального среднего уровня моря, на океанские течения в Северной Атлантике с последствиями для глобального климата, существует ли обратная связь между потерей морского льда и потеплением Северного Ледовитого океана (СЛО), понимание которой могло бы улучшить прогнозирование климатических изменений в будущем. В целом около 70 % арктических проектов, поддержанных ННФ США и ННИО, так или иначе связаны с климатической повесткой. Конечно, она нашла отклик и в проектах РФ, однако ей отводится не столь доминирующая роль при изучении Арктики. Российских исследователей, в частности интересуют явление арктического усиления, которое распространяется на значительную часть полярных территорий РФ, изменчивость процессов образования и распространения айсбергов в акватории СМП в результате потепления, источники неопределенности при модельном прогнозе климатических изменений, а также создание устойчивых городских экосистем в Арктике в условиях изменения климата. Многие проблемы по изучению климата требуют объединенных усилий, поэтому вмешательство политики здесь особо чувствительно. Так, ННФ США поддержал проект № 2326171 по восстановлению и наращиванию наблюдательного оборудования в рамках программы «Система наблюдения за бассейнами Нансена и Амундсена (NABOS)». Основная цель этой международной программы, запущенной в 2002 г., — построить целостную картину климатических изменений в СЛО. Российские ученые активно участвовали в ней, однако сейчас продолжение такого сотрудничества под большим вопросом, хотя достижение поставленных целей этого требует.

2. Круговорот углерода в Арктике хорошо вписывается в климатическую тематику, будучи участником положительных обратных связей, ускоряющих потепление. Для американских ученых интерес представляют долгосрочное выделение углерода из тающей вечной мерзлоты в систему арктических водотоков и оценка влияния углекислого газа, попадающего в освещенные солнцем поверхностные воды, на усиление глобального потепления,

попадание растворенного черного углерода от лесных пожаров в СЛО по реке Юкон, оценка вклада арктических водоемов водно-болотных угодий в выбросы метана в атмосферу и др. Российским проектным коллективам интересны выделение парниковых газов из органики при таянии подземных льдов и точная оценка значимых для климата Земли объемов их иммобилизации в шельфовых осадках российского сектора Арктики при диагенетическом преобразовании органических веществ, оценка запасов «голубого углерода» в водно-болотных угодьях берегов морей западной части СЛО и их динамики в условиях меняющегося климата. Предполагается исследовать метановые сипы как уникальные минералообразующие системы в морях Российской Арктики, в том числе их роль в формировании найденного минерала икаита.

3. Моделирование остается общим важным инструментом исследования и прогноза сложных процессов в Арктике, в частности используются и разрабатываются модель численного прогноза погоды и химико-климатическая модель (ННИО), модели общей циркуляции атмосферы и океана, циркуляции океана и ветрового турбулентного перемешивания, формирования поверхностного опресненного слоя в условиях Арктики, трофических взаимосвязей двух сопредельных Арктических районов, возрастная модель для реконструкции твердого речного стока сибирских рек за последние 100 лет (РНФ), модель системы Земли (CESM2-LE), климатическая модель с учетом взаимодействий морского льда и волн, совмещенная модель атмосферы, льда, океана и экосистемы, модель потоков углерода через арктический ландшафт (ННФ США) и др.

В проектных исследованиях поддержан и новый тренд на технологизацию процессов сбора, обработки и анализа больших междисциплинарных данных об Арктике с помощью беспилотных аппаратов, робототехники, искусственного интеллекта и машинного обучения. В большей степени это характерно для западных фондов. Кроме того, в проектах ННФ США ставка нередко делается на со-производство интегративного знания об Арктике с вовлечением коренного и местного населения, использованием экспертных мнений и многопоколенных наблюдений его представителей.

Конечно, картина разворачивающихся проектных исследований обрисована здесь лишь в общих чертах и отчасти субъективно. В дальнейшем по мере наращивания массивов дан-

ных было бы целесообразным применение тематического моделирования.

### Обсуждение результатов и выводы

Научное изучение Арктики — географически обусловленная область много- и междисциплинарных исследований. Наукометрический подход дает возможность ее целостного отображения в динамике, при этом на точность картины влияет не только применяемый инструментарий, но и свойства «зеркала», в качестве которого выступают библиографические БД. Нужно отдавать себе отчет в том, что использованные в настоящей работе мировые БД способны давать определенные географические и дисциплинарные «смещения» (например, в случае БД WCC — в пользу региона Северной Америки и естественнонаучных дисциплин в ущерб социогуманитарным), не говоря уже о доминировании английского языка. Так, скромная представленность русскоязычных арктических публикаций в БД WCC на разных временных этапах была отмечена в (Терехов, 2021). Эти проблемы дискутируются в наукометрической литературе с преобладающим выводом в пользу учета данного обстоятельства и применения множественных источников информации. Выбранные нами мировые мультидисциплинарные БД в большей степени отражают и позволяют анализировать глобальные аспекты изучения Арктики (которые интересуют мировое научное сообщество) и участие в нем отечественных ученых — в этом их несомненная польза. В то же время есть целый пласт арктической литературы, которая в силу внутренней направленности или языка написания аккумулируется на национальном уровне (в случае России сведения о ней содержатся, например, в БД ВИНТИ РАН, РИНЦ или собранных «по случаю» специальных коллекциях (Социально-экономическая проблематика..., 2018; Лаженцев, 2023)). К сожалению, возможности использования таких ресурсов для масштабного анализа и функционально довольно ограничены. Безусловно, сверхзадача оценки максимально полного вклада отечественных ученых в изучение Арктики ждет своего решения в будущем, но и использование мировых БД, при всех оговорках, целесообразно, поскольку они отражают глобальные результаты в изучении Арктики, позволяют делать международные сопоставления и оценки. Кстати, даже по данным из БД WCC, сравнительный «арктический» вклад России и, особенно РАН (АН СССР), очень весом.

Обсудим три важных, на наш взгляд, результата работы.

1. *Социализация арктических исследований, выявленная с использованием данных и классификационной системы БД DIM.* Основа этого процесса многофакторная. Нельзя отрицать своеобразный «арктический бум», возникший в связи с новым «переоткрытием» Арктики и сопровождающийся дискуссиями и форумами, который мог дать стимул и исследованиям в общественных науках. Заметим, что подобное явление для современной науки не исключение, можно сослаться, например, на недавний «нано-бум». Важную роль в тренде, по всей видимости, сыграла целенаправленная политика государств и международных организаций. Согласно (Котляков & Агранат, 1999), в 1998 г. Международная арктическая ассоциация социальных наук вообще выдвинула девиз «сломи́ть монополию естественных наук в циркумполярных институтах» в пользу социальных. Для нас здесь кроется и определенный исторический урок. В тяжелые для отечественной науки 1990-е гг. с участием рабочей группы Международного арктического научного комитета «Международные научные инициативы в российской Арктике» был запущен ряд международных научных проектов в области естественных и социальных наук. Однако, как показал более поздний анализ, данная инициатива сопровождалась не только ростом выхода публикаций отечественных ученых в соавторстве с коллегами из арктических стран, но и заметным увеличением исследовательского интереса к российским географическим и геологическим объектам в Арктике (Терехов, 2021). Эмпирически полученное наблюдение согласуется с мнением (Котляков & Агранат, 1999) об интересе западных партнеров в то время к хозяйственной эксплуатации прежде всего российских северных территорий при сохранении «своего» Севера как стратегического резерва. Настоящий побудительный мотив для социализации арктических исследований должен опираться, на наш взгляд, не на политическую конъюнктуру, а на постоянную обращенность к проблемам человека на Севере, понимание народнохозяйственных задач, которые придется решать в экстремальных природных условиях. Этому соответствует тематическая на-

правленность ряда запущенных в 2023 г. исследовательских проектов РНФ.

2. *Происходящая автономизация российской арктической науки на фоне весьма интенсивной международной научной кооперации.* Сравнение долей международно-соавторских публикаций в 2020 г. для мира и России (42 % против 31 % по БД WCC, когда, в принципе, должно быть наоборот) свидетельствует, что уже сейчас страна не участвует во многих совместных исследованиях. В дальнейшем из-за антироссийских санкций и разрыва научных связей ситуация может ухудшаться. Учитывая сильную взаимозависимость арктических исследований, научный ущерб будет общим, но для нас более чувствительным. В этой ситуации, как представляется, необходимо расширять научную кооперацию с дружественными внерегиональными странами, а для компенсации потерь в совместных наблюдениях и модельных экспериментах шире применять беспилотную и робототехнику, современные методы обработки и анализа больших междисциплинарных данных об Арктике.

3. *Выявленные тематические отличия в недавно стартовавших арктических проектах ННФ США и РНФ: характерную климато-центричность в первом случае и более сбалансированный подход — во втором.* Для нас это скорее укоренившаяся традиция еще советских арктических исследований — «необходимость целостного взгляда на экосистемы полярных регионов, преодоление соблазна свести дело к одному, пусть даже мощному, фактору, например, изменению климата» (Pilyasov & Molodtsova, 2022, с. 99). Подход же ННФ США может вытекать из чрезмерной идеологизации климатической повестки в последнее время. В любом случае наблюдения и анализ в этой части необходимо продолжить.

Для дальнейшей работы были бы интересны комплексный анализ российского участия в арктических исследованиях на основе сочетания мировых БД и внутренних источников информации, тематическое моделирование для коллекций грантов, выделяемых научными фондами на изучение Арктики, анализ публикационной отдачи проектов и др.

### Список источников

- Агранат, Г. А. (1992). *Возможности и реальности освоения Севера: глобальные уроки*. Москва: ВИНТИ, 192.
- Котляков, В. М., Агранат, Г. А. (1999). Российский Север — край больших возможностей. *Вестник РАН*, 69(1), 3-8.
- Крюков, В. А. (2020). Российская Арктика: наука важнее ресурсов. *Россия в глобальной политике*. <https://globalaffairs.ru/articles/arktika-nauka-vazhnee/>

Крюков, В. А., Скуфына, Т. П., Рябова, Л. А., Башмакова, Е. П., Торопушина, Е. Е., Татаркин, А. И., Лаврикова, Ю. Г., Логинов, В. Г., Захарчук, Е. А., Литовский, В. В. (2018). *Социально-экономическая проблематика Российской Арктики в исследованиях институтов Российской академии наук: история, современность, перспективы*. Москва: Научный консультант, 802.

Лаверов, Н. П. (2014). О вкладе Российской академии наук в современное освоение и развитие Арктики. *Арктика: экология и экономика*, (1), 4–9.

Лаженцев, В. Н. (2023). О тематике научных работ по вопросам экономического развития Севера России. *Север и рынок: формирование экономического порядка*, (1), 35–43. <https://doi.org/10.37614/2220-802X.1.2023.79.002>

Лексин, В. Н. (2022). Научный потенциал развития Российской Арктики: Проблемы достаточности, функционирования и востребованности. *Научные труды Вольного экономического общества России*, 233(1), 81–108. <https://doi.org/10.38197/2072-2060-2022-233-1-81-108>

Лексин, В. Н., Порфирьев, Б. Н. (2019). Российская Арктика: логика и парадоксы перемен. *Проблемы прогнозирования*, (6), 4–21.

Москалева, О., Осипов, И. (2016). Публикации арктических исследований. Анализ тенденций развития науки на основе российского индекса научного цитирования. *Digital science*, 8. [https://research.uarctic.org/media/1598055/rincpublications\\_rus.pdf](https://research.uarctic.org/media/1598055/rincpublications_rus.pdf)

Пилясов, А. Н. (2012). *Научные исследования и инновации в арктическом регионе*. <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/nauchnye-issledovaniya-i-innovatsii-v-arkticheskom-regione/>

Пилясов, А. Н. (2022). Спор «нового» и «старого» в Арктике. <http://freeconomy.ru/mneniya/aleksandr-pilyasov-spor-novogo-i-starogo-v-arktike.html>

Рыкова, В. В. (2020). Безопасность Арктики: сравнительный анализ информационных массивов баз данных Web of Science и Научная Сибирь. *Гуманитарные проблемы военного дела*, (2), 61–67.

Сулейманов, А. А. (2016). Исследования Академии наук СССР в российской Арктике в 1930-е — 1941 гг. *Проблемы истории, филологии, культуры*, (1), 392–407.

Терехов, А. И. (2021). География научного знания об Арктике: библиометрический анализ. *Вестник Московского университета. Серия 5. География*, (3), 86–96.

Федотовских, А. В. (Ред.). (2018). *Применение систем искусственного интеллекта в условиях нового этапа освоения Арктики. Аналитический обзор*. Москва: Первый том, 52.

Шевчук, А. В., Куртеев, В. В. (2016). О развитии основных направлений научных исследований Арктической зоны Российской Федерации. *Арктика и Север*, (22), 75–86. <https://doi.org/10.17238/issn2221-2698.2016.22.75>

Aksnes, D. W., Blöcker, C., Colliander, C., & Nilsson, L. M. (2023). *Arctic Research Trends. Bibliometrics 2016–2022*. Sweden, Umeå: Arctic Centre at Umeå University, 47. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7961982>

Aksnes, D. W., Osipov, I. A., Moskaeva, O. V., & Kullerud, L. (2016). *Arctic research publication trends: A pilot study*. Finland, Rovaniemi: University of the Arctic, 59. [https://www.elsevier.com/\\_data/assets/pdf\\_file/0017/204353/Arctic-Research-Publication-Trends-August-2016.pdf](https://www.elsevier.com/_data/assets/pdf_file/0017/204353/Arctic-Research-Publication-Trends-August-2016.pdf)

Bancheva, A. I. (2019). A bibliometric analysis of global research on the arctic (with special interest in environmental issues). *Polar Science*, (21), 233–237. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2019.04.002>

Baztan, J., Cordier, M., Huctin, J.-M., Zhu, Z., & Vanderlinden, J.-P. (2017). Life on thin ice: Insights from Uummannaq, Greenland for connecting climate science with Arctic communities. *Polar Science*, (13), 100–108. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2017.05.002>

Fu, S., Goerlandt, F., & Xi, Y. (2021). Arctic shipping risk management: A bibliometric analysis and a systematic review of risk influencing factors of navigational accidents. *Safety Science*, (139), 105254. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105254>

Glomsrød, S., Duhaime, G., & Aslaksen, I. (Eds.). (2017). *The Economy of the North 2015*. Norway, Oslo–Kongsvinger: Statistics Norway, 168.

Heininen, L., Everett, K., Padrtova, B., & Reissell, A. (2020). *Arctic Policies and Strategies— Analysis, Synthesis, and Trends*. Austria, Laxenburg, 263. [https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/16175/1/ArcticReport\\_WEB\\_new.pdf](https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/16175/1/ArcticReport_WEB_new.pdf)

Lee, C. M., DeGrandpre, M., Guthrie, J., Hill, V., Kwok, R., Morison, J., Cox, C. J., Singh, H., Stanton, T. P., & Wilkinson, J. (2022). Emerging Technologies and Approaches for In Situ, Autonomous Observing in the Arctic. *Oceanography*, 35(3–4), 211–221.

Luukkonen, T., Tijssen, R. J. W., Persson, O., & Sivertsen, G. (1993). The measurement of international scientific collaboration. *Scientometrics*, 28(1), 15–36.

Orduña-Malea, E., & Delgado-López-Cózar, E. (2018). Dimensions: Re-discovering the Ecosystem of Scientific Information. *El profesional de la información*, 27(2), 420–431.

Osipov, I. A., Radford, D., Aksnes, D. W., Kullerud, L., Hirshberg, D., Skold, P., Latola, K., Moskaeva, O. V., & Sorensen, A. A. (2016). *International Arctic Research: Analyzing Global Funding Trends: A Pilot Report*. Digital Science Reports, 29. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.3811224.v1>

Pilyasov, A., & Molodtsova, V. (2022). Resilience capacity of contemporary Russian Arctic cities: Methodological approaches and quantitative assessments. *Regional Science Policy & Practice*, 14(1), 99–126. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12409>

Stahlschmidt, S., & Stephen, D. (2020). *Comparison of Web of Science, Scopus and Dimensions databases*. Germany, Hannover: German Centre for Higher Education Research and Science Studies (DZHW), 37. <https://bibliometrie.info/downloads/DZHW-Comparison-DIM-SCP-WOS.PDF>

The International Arctic Science Committee. (2020). *State of Arctic Science Report*. Iceland: IASC Secretariat, 15. [https://iasc.info/images/media/print/SAS2020\\_web.pdf](https://iasc.info/images/media/print/SAS2020_web.pdf)

Udawalpola, M., Hasan, A., Liljedahl, A.K., Soliman, A., & Witharana, C. (2021). Operational-Scale GeoAI for Pan-Arctic Permafrost Feature Detection from High-Resolution Satellite Imagery. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLIV-M-3-2021*, 175-180. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-M-3-2021-175-2021>

Vasileva, Zh., Vasekha, M., Anikeeva, N., Alloyarov, K., & Mokhorov, D. (2021). Technological Revolution 4.0 for the Arctic. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (816), 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/816/1/012021>

## References

Agranat, G. A. (1992). *Vozmozhnosti i realnosti osvoeniya Severa: globalnye uroki [Possibilities and realities of the development of the North: Global lessons]*. Moscow, VINITI, 192. (In Russ.)

Aksnes, D.W., Blöcker, C., Colliander, C., & Nilsson, L. M. (2023). *Arctic Research Trends. Bibliometrics 2016–2022*. Sweden, Umeå: Arctic Centre at Umeå University, 47. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7961982>

Aksnes, D.W., Osipov, I.A., Moskaleva, O.V., & Kullerud, L. (2016). *Arctic research publication trends: A pilot study*. Finland, Rovaniemi: University of the Arctic, 59. [https://www.elsevier.com/\\_data/assets/pdf\\_file/0017/204353/Arctic-Research-Publication-Trends-August-2016.pdf](https://www.elsevier.com/_data/assets/pdf_file/0017/204353/Arctic-Research-Publication-Trends-August-2016.pdf)

Bancheva, A. I. (2019). A bibliometric analysis of global research on the arctic (with special interest in environmental issues). *Polar Science*, (21), 233-237. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2019.04.002>

Baztan, J., Cordier, M., Huctin, J-M., Zhu, Z., & Vanderlinden, J-P. (2017). Life on thin ice: Insights from Uummannaq, Greenland for connecting climate science with Arctic communities. *Polar Science*, (13), 100-108. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2017.05.002>

Fedotovskikh, A. V. (Ed.). (2018). *Primenenie sistem iskusstvennogo intellekta v usloviyakh novogo etapa osvoeniya Arktiki. Analiticheskiy obzor [The use of artificial intelligence systems in the conditions of a new stage of development of the Arctic. Analytical review]*. M.: First volume, 52. (In Russ.)

Fu, S., Goerlandt, F., & Xi, Y. (2021). Arctic shipping risk management: A bibliometric analysis and a systematic review of risk influencing factors of navigational accidents. *Safety Science*, (139), 105254. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105254>

Glomsrød, S., Duhaime, G., & Aslaksen, I. (Eds.). (2017). *The Economy of the North 2015*. Norway, Oslo-Kongsvinger: Statistics Norway, 168.

Heininen, L., Everett, K., Padrtova, B., & Reissell, A. (2020). *Arctic Policies and Strategies— Analysis, Synthesis, and Trends*. Austria, Laxenburg, 263. [https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/16175/1/ArcticReport\\_WEB\\_new.pdf](https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/16175/1/ArcticReport_WEB_new.pdf)

Kotlyakov, V.M., & Agranat, G. A. (1999). The Russian North is the land of. great opportunities. *Vestnik RAN [Bulletin of the Russian Academy of Sciences]*, 69(1), 3-8. (In Russ.)

Krukov, V.A., Skufina, T.P., Ryabova, L.A., Bashmakova, E.P., Toropushina, E.E., Tatarkin, A.I., Lavrikova, Yu.G., Loginov, V.G., Zakharchuk, E.A., & Litovsky, V. V. (2018). *Sotsialno-ekonomicheskaya problematika Rossiyskoy Arktiki v issledovaniyakh institutov Rossiyskoy akademii nauk: istoriya, sovremennost, perspektivy [Socio-economic problems of the Russian Arctic in the research of institutes of the Russian Academy of Sciences: history, modernity, prospects]*. Moscow: Scientific consultant, 802. (In Russ.)

Kryukov, V. A. (2020). Russian Arctic: science is more important than resources. *Rossiya v globalnoy politike [Russia in Global Affairs]*. <https://globalaffairs.ru/articles/arktika-nauka-vazhnee/> (In Russ.)

Laverov, N. P. (2014). Contribution of the Russian Academy of Sciences to modern exploration and development of the Arctic. *Arktika: ekologiya i ekonomika [Arctic: ecology and economy]*, (1), 4–9. (In Russ.)

Lazhentsev, V. N. (2023). Economic development issues in the North of Russia: research topics. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poryadka [The North and the market: forming the economic order]*, (1), 35–43. <https://doi.org/10.37614/2220-802X.1.2023.79.002> (In Russ.)

Lee, C.M., DeGrandpre, M., Guthrie, J., Hill, V., Kwok, R., Morison, J., Cox, C. J., Singh, H., Stanton, T.P., & Wilkinson, J. (2022). *Emerging Technologies and Approaches for In Situ, Autonomous Observing in the Arctic*. *Oceanography*, 35(3-4), 211-221.

Leksin, V. N. (2022). Scientific potential of the development of the Russian Arctic: problems of sufficiency, functioning and demand. *Nauchnye trudy Volnogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii [Scientific works of the Free Economic Society of Russia]*, 233(1), 81-108. <https://doi.org/10.38197/2072-2060-2022-233-1-81-108> (In Russ.)

Leksin, V.N., & Porfiryev, B. N. (2019). The Russian Arctic: The logic and paradoxes of change. *Problemy prognozirovaniya [Studies on Russian Economic Development]*, (6), 4-21. (In Russ.)

Luukkonen, T., Tijssen, R. J. W., Persson, O., & Sivertsen, G. (1993). The measurement of international scientific collaboration. *Scientometrics*, 28(1), 15-36.

Moskaleva, O., & Osipov, I. (2016). *Publikatsii arkticheskikh issledovaniy. Analiz tendentsiy razvitiya nauki na osnove rossiyskogo indeksa nauchnogo tsitirovaniya [Arctic Research Publications. Analysis of scientific development trends*

based on the Russian Science Citation Index]. Digital science, 8. [https://research.uarctic.org/media/1598055/rincpublications\\_rus.pdf](https://research.uarctic.org/media/1598055/rincpublications_rus.pdf) (In Russ.)

Orduña-Malea, E., & Delgado-López-Cózar, E. (2018). Dimensions: Re-discovering the Ecosystem of Scientific Information. *El profesional de la información*, 27(2), 420-431.

Osipov, I.A., Radford, D., Aksnes, D.W., Kullerud, L., Hirshberg, D., Skold, P., Latola, K., Moskaleva, O.V., & Sorensen, A. A. (2016). *International Arctic Research: Analyzing Global Funding Trends: A Pilot Report*. Digital Science Reports, 29. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.3811224.v1>

Pilyasov, A. N. (2012). *Nauchnye issledovaniya i innovatsii v arkticheskom regione [Scientific research and innovation in the Arctic region]*. <https://tussiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/nauchnye-issledovaniya-i-innovatsii-v-arkticheskom-regione/> (In Russ.)

Pilyasov, A. N. (2022). *Spor «novogo» i «starogo» v Arktike [The dispute between “new” and “old” in the Arctic]*. <http://freeconomy.ru/mneniya/aleksandr-pilyasov-spor-novogo-i-starogo-v-arktike.html> (In Russ.)

Pilyasov, A., & Molodtsova, V. (2022). Resilience capacity of contemporary Russian Arctic cities: Methodological approaches and quantitative assessments. *Regional Science Policy & Practice*, 14(1), 99-126. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12409>

Rykova, V. V. (2020). Safety of the Arctic: comparative analysis of database information arrays “Web of Science” and “Scientific Sibirika”. *Gumanitarnye problemy voennogo dela [Humanitarian problems of military affairs]*, (2), 61-67. (In Russ.)

Shevchuk, A. V., & Kurteev, V. V. (2016). On the development of the main research areas of Arctic zone of the Russian Federation. *Arktika i Sever [Arctic and North]*, (22), 75-86. <https://doi.org/10.17238/issn2221-2698.2016.22.75> (In Russ.)

Stahlschmidt, S., & Stephen, D. (2020). *Comparison of Web of Science, Scopus and Dimensions databases*. Germany, Hannover: German Centre for Higher Education Research and Science Studies (DZHW), 37. <https://bibliometrie.info/downloads/DZHW-Comparison-DIM-SCP-WOS.PDF>

Suleymanov, A. A. (2016). Research of the USSR Academy of Sciences in the Russian Arctic in 1930-s–1941. *Problemy istorii, filologii, kultury [Problems of history, philology and culture]*, (1), 392-407. (In Russ.)

Terekhov, A. I. (2021). Geography of scientific knowledge about the Arctic: bibliometric analysis. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya [Moscow University Bulletin. Series 5, Geography]*, (3), 86-96. (In Russ.)

The International Arctic Science Committee. (2020). *State of Arctic Science Report*. Iceland: IASC Secretariat, 15. [https://iasc.info/images/media/print/SAS2020\\_web.pdf](https://iasc.info/images/media/print/SAS2020_web.pdf)

Udawalpola, M., Hasan, A., Liljedahl, A.K., Soliman, A., & Witharana, C. (2021). Operational-Scale GeoAI for Pan-Arctic Permafrost Feature Detection from High-Resolution Satellite Imagery. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLIV-M-3-2021*, 175-180. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-M-3-2021-175-2021>

Vasileva, Zh., Vasekha, M., Anikeeva, N., Alloyarov, K., & Mokhorov, D. (2021). Technological Revolution 4.0 for the Arctic. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (816), 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/816/1/012021>

### Информация об авторе

**Терехов Александр Иванович** — кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, Центральный экономико-математический институт РАН; <https://orcid.org/0000-0003-0266-1606>; Scopus Author ID: 25946720500; (Российская Федерация, 117418, г. Москва, Нахимовский пр-т, 47; e-mail: a.i.terekhov@mail.ru).

### About the author

**Alexander I. Terekhov** — Cand. Sci. (Phys.-Math.), Leading Research Associate, Central Economics and Mathematics Institute of RAS; <https://orcid.org/0000-0003-0266-1606>; Scopus Author ID: 25946720500 (47, Nakhimovsky Ave., Moscow, 117418, Russian Federation; e-mail: a.i.terekhov@mail.ru).

### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

### Conflict of interests

The author declares no conflicts of interest.

Дата поступления рукописи: 29.09.2023.

Прошла рецензирование: 21.12.2023.

Принято решение о публикации: 22.03.2024.

Received: 29 Sep 2023.

Reviewed: 21 Dec 2023.

Accepted: 22 Mar 2024.