

УДК 551.46; 551.83

DOI: 10.30758/0555-2648-2018-64-3-262-269

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ КЛИМАТА И КЛИМАТИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В АРКТИКЕ

*Г.В. АЛЕКСЕЕВ\*, В.Ф. РАДИОНОВ, В.М. СМОЛЯНИЦКИЙ, К.В. ФИЛЬЧУК*  
ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия

\*alexgv@aari.ru

## RESULTS AND PROSPECTS OF THE CLIMATE STUDIES AND CLIMATE SERVICE IN THE ARCTIC

*G.V. ALEKSEEV\*, V.F. RADIONOV, V.M. SMOLYANITSKY, K.V. FILCHUK*

*State Scientific Center of the Russian Federation Arctic and Antarctic Research Institute,  
St. Petersburg, Russia*

\*alexgv@aari.ru

*Received August, 20, 2018*

*Accepted September, 10, 2018*

*Keywords:* Arctic, climate, monitoring, investigation, climate services.

### Summary

Climatic studies in AARI include monitoring changes in the Arctic climate system, ascertaining their causes and predictability. The beginning was laid in the 1920s by the works of V. Yu. Wiese, who investigated the causes of the warming of the Arctic in the 1920–1930s. Monitoring continues with the organization in 1932–1934 of a network of polar stations, and the first climatic assessments were created in the 1960s. At present, climate change monitoring in the Arctic is carried out on the basis of observations on the network of hydrometeorological stations, satellite observations of sea ice, ship-based expedition observations and measurements on autonomous buoy installations in the Arctic seas and the Arctic basin. The results are presented in regular reviews of climatic and ice conditions. Recent studies have evaluated the contribution of atmospheric heat transfers in the formation of temperature changes in winter and radiation inflows in summer. A scheme for the development and enhancement of warming in the Arctic has been proposed. The tasks of climate services in the Arctic are considered on the basis of the WMO initiative on the development of climate services in the form of the Arctic Regional Climate Center – network (ArcRCC-N).

---

**Citation:** *Alekseev G.V., Radionov V.F., Smolyanitsky V.M., Filchuk K.V.* Results and prospects of the climate studies and climate service in the Arctic. *Problemy Arktiki i Antarktiki*. Arctic and Antarctic Research. 2018, 64, 3: 262–269. [In Russian]. doi: 10.30758/0555-2648-2018-64-3-262-269

---

*Ключевые слова:* Арктика, исследования, климат, мониторинг, климатическое обслуживание.

Климатические исследования в ААНИИ включают мониторинг изменений в арктической климатической системе, выяснение их причин и предсказуемости. Начало положено в 1920-е гг. работами В.Ю. Визе, исследовавшего причины потепления климата Арктики в 1920–1930-е гг. Мониторинг продолжается с организации в 1932–1934 гг. сети полярных станций, а первые климатические обобщения созданы в 1960-х гг. В настоящее время мониторинг климатических изменений в Арктике осуществляется на основе наблюдений на сети гидрометеорологических станций, спутниковых наблюдений за морскими льдами, судовых экспедиционных наблюдений и измерений на автономных буйковых постановках в арктических морях и Арктическом бассейне. Результаты представляются в регулярных обзорах климатических и ледовых условий. В ходе недавних исследований был оценен вклад атмосферных переносов тепла в формирование изменений температуры зимой и радиационных притоков летом, предложена схема развития и усиления потепления в Арктике. Рассмотрены задачи климатического обслуживания в Арктике на основе инициативы ВМО по развитию климатического обслуживания в форме Арктического регионального климатического центра — сеть (АркРКЦ-сеть).

## ВВЕДЕНИЕ

В арктической области Земли проблемам, связанным с глобальными изменениями климата, уделяется особенно пристальное внимание. Здесь отмечается так называемое «арктическое усиление» глобальных изменений температуры приземного слоя воздуха, связанное, в том числе, с сокращением площади морских арктических льдов. Климатические исследования в Арктике ведутся научными коллективами в России и во многих странах и включают мониторинг изменений в арктической климатической системе, выяснение их причин и предсказуемости.

В ААНИИ исследования климата Арктики имеют почти столетнюю историю, начавшуюся в 1920-е гг. работами В.Ю. Визе. Он впервые исследовал и описал причины потепления климата Арктики в 1920–1930-е гг. В.Ю. Визе [1] пришел к заключению, что потепление Арктики 1920–1930-х гг. явилось следствием усиления общей циркуляции атмосферы на земном шаре и притока атлантических вод в Арктический океан с одновременным усилением обратного потока вод и льдов из Арктического бассейна в Гренландское море. Он также ввел понятия циклонического и антициклонического режимов циркуляции атмосферы над Арктическим бассейном, которые в значительной степени определяют уменьшение или увеличение ледовитости арктических морей [2]. Позднее это положение было распространено З.М. Гудковичем [3] на дрейф льдов в Арктическом бассейне.

Благодаря организации в 1932–1934 гг. сети полярных станций стал возможным регулярный мониторинг гидрометеорологических условий в арктических морях. Первые климатические обобщения собранных данных метеорологических наблюдений были выполнены в ААНИИ в монографиях «Климат советской Арктики (метеорологический режим)» [4] и «Климат советской Арктики (радиационный режим)» [5].

В статье представлено сокращенное изложение доклада на семинаре в ААНИИ, посвященном обсуждению результатов климатических исследований, выполнявшихся в отделах взаимодействия океана и атмосферы, ледового режима и прогнозов, океанологии; обсуждаются задачи и перспективы дальнейших исследований изменений климата и развития климатического обслуживания в Арктике.

**НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НЕДАВНИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ,  
ЗАДАЧИ ИХ ПРОДОЛЖЕНИЯ И РАЗВИТИЯ КЛИМАТИЧЕСКОГО  
ОБСЛУЖИВАНИЯ**

В настоящее время в ААНИИ проводится мониторинг климатических изменений в Арктике по данным наблюдений на сети стационарных гидрометеорологических станций, на дрейфующих станциях, с ИСЗ, в судовых экспедициях, автономными дрейфующими и заякоренными буями в арктических морях и Арктическом бассейне. На их основе созданы и пополняются архивы и базы метеорологических, ледовых и океанографических данных, по которым выполняются оценки состояния атмосферы, морских льдов и океана.

Эти оценки и их анализ представлены в регулярных публикациях: квартальном «Обзоре гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане» [6] и еженедельных «Информационных материалах по мониторингу морского ледяного покрова Арктики и Южного океана на основе данных ледового картирования и пассивного микроволнового зондирования SSMR SSM/I-SSMIS-AMSR2» [7], издаваемых в ААНИИ; в разделе Северная полярная область ежегодного «Доклада об особенностях климата на территории Российской Федерации» Росгидромета.

Исследования современных изменений климата Арктики в ААНИИ ведутся по основным направлениям, которые находятся в центре внимания мировой климатической науки: причины усиления глобального потепления в Арктике, роль, масштабы и временная структура различных процессов в колебаниях климата полярных областей, предсказуемость климатических изменений.

В ходе недавних исследований были получены количественные оценки переносов тепла в Арктику, которые показали [8], что основной приток явного и скрытого тепла в высокоширотную Арктику в зимний период происходит через атлантическую часть ее южной границы по 70° с.ш. (от 0° до 80° в.д.) в слое от поверхности до 750 гПа. Вклад этого притока в межгодовую изменчивость средней зимней температу-

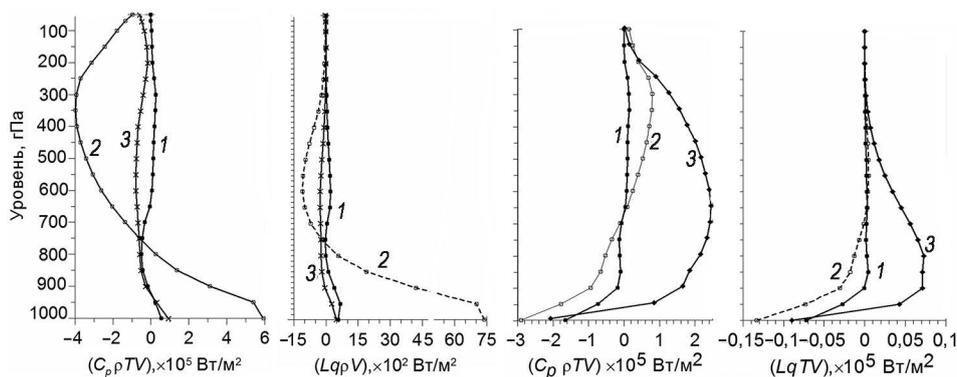


Рис. 1. Вертикальные профили средних меридиональных переносов явного и скрытого тепла через 70° с.ш. зимой и летом.

1 — средний перенос через весь круг широты, 2 — через атлантическую часть (0–80° в.д.), 3 — через тихоокеанскую часть (200–230° в.д.)

Fig. 1. Vertical profiles of mean meridional transfers of sensible and latent heat through 70° N in winter and summer.

1 — mean transfer through the whole latitude circle, 2 — through the Atlantic part (0–80° E), 3 — through the Pacific part (200–230° E)

ры воздуха на поверхности составляет более 50 %, и его величина возрастает. Летом основной вклад в потепление вносят радиационные притоки тепла к поверхности, в частности нисходящая длинноволновая радиация, а перенос тепла и влаги через 70° с.ш. не влияет на температуру воздуха и содержание водяного пара в нижней тропосфере, поскольку преобладает вынос водяного пара из Арктики (рис. 1).

Многолетние изменения общего содержания водяного пара в арктической атмосфере показывают, что наибольший его прирост происходит в летние месяцы параллельно с сокращением площади льда, в то время как перенос водяного пара через 70° с.ш. в эти месяцы не увеличивается. Летнее таяние и сокращение площади льда ведут к росту содержания водяного пара и нисходящей длинноволновой радиации. В результате почти на 40 % ускоряется процесс летнего очищения Северного Ледовитого океана ото льда [9].

На сокращение площади морских льдов влияет поступление теплой и соленой воды в Арктику из Северной Атлантики через Баренцево и Гренландское моря. В недавно выполненных исследованиях установлено влияние аномалий температуры поверхности океана (ТПО) в низких широтах Атлантического, Индийского и Тихого океанов на атмосферный и океанский перенос тепла в Арктику, температуру воздуха и площадь льда в Северном Ледовитом океане, которое проявляется спустя 2–3 года. Механизм этого влияния включает взаимодействие циркуляции океана и атмосферы, посредством которого климатический импульс от аномалий ТПО воздействует на Арктику [10].

Схематически процесс развития потепления в Арктике представлен на рисунке 2.

Задачи дальнейших климатических исследований включают:

– развитие методов мониторинга климата (новые индексы, использование новых реанализов, модельных расчетов в рамках проекта по сравнению совместных моделей Всемирной программы исследования климата ВМО (CMIP6));



Рис. 2. Схема развития и усиления потепления в Арктике

Fig. 2. Scheme of evolution and amplification of warming in the Arctic

– разработку методов климатического прогнозирования для Арктики на основе представленной на рис. 2 концепции влияния низких широт океана с привлечением глобальных моделей климата и региональных моделей морского льда;

– биполярные климатические исследования, исходя из общего для Арктики и Антарктики влияния аномалий в низких широтах океана;

– разработку методов оценки климатических рисков и рекомендаций по адаптации к изменениям климата;

– исследование природы и механизмов формирования аномалий ТПО в низких широтах океана.

Необходимость учета природно-климатических условий при освоении ресурсов Арктики проявилась в инициативе Всемирной метеорологической организации (ВМО) по развитию климатического обслуживания в форме Арктического регионального климатического центра — сеть АркРКЦ. Работа АркРКЦ предусматривает согласованное функционирование трех узлов, указанных ниже и расположенных в Региональных ассоциациях (РА) ВМО II, IV и VI с выполнением каждым из узлов максимально полного набора региональных функций и одной обязательной функции в панарктическом масштабе (рис. 3). Для Североамериканского узла (РАIV) это долгосрочный прогноз (ДП), для Северо-Европейского и Гренландского узла (РАVI) — управление данными, для Северо-Евразийского узла (РАII) — мониторинг климата. Координатором работы Северо-Евразийского узла АркРКЦ является ААНИИ Росгидромета. В поддержку АркРКЦ институтом разработана концепция Арктического климатического центра (АКЦ) с участием следующих НИУ Росгидромета: ААНИИ — координатор, ГГО, ВНИИГМИ-МЦД и Гидрометцентр России.

15–16 мая в Оттаве, Канада, специалистами приарктических стран – участниками АркРКЦ проведен первый Панарктический региональный форум по се-

### Арктический региональный климатический центр – сеть (АркРКЦ)



Рис. 3. Структура и задачи АПРКЦ

Fig. 3. Structure and tasks of the ArcRCC

зонным прогнозам (ПАРКОФ-1). В период форума обсуждены и одобрены первые климатические сезонные обзор и прогноз параметров атмосферы и морского льда Арктики соответственно на периоды октябрь 2017 – май 2018 гг. и июнь–сентябрь 2018 г. По результатам форума ВМО выпущен пресс-релиз [11] и принято решение о начале демонстрационной работы АркРКЦ. Результаты экспресс-анализа подготовленного Северо-Американским узлом долгосрочного четырехмесячного прогноза показали хорошую сходимость к фактически наблюдаемым в июне — первой половине августа 2018 г. аномалиям температуры воздуха, осадкам и ледовитости регионов Арктики. Необходимо подчеркнуть, что как сезонный обзор состояния, так и валидация сезонного долгосрочного прогноза выполнены форумом на основе материалов, подготовленных специалистами Северо-Евразийского узла АркРКЦ (ААНИИ и Гидрометцентром России).

К числу ближайших задач сети АркРКЦ относятся следующие: создание портала данных (<https://arctic-prcs.met.no/>), разработка методов долгосрочного прогнозирования состояния морского льда, реализация одобренной ПАРКОФ-1 структуры панарктического климатического бюллетеня, подготовка и проведение в сентябре – октябре 2018 г. 2-го ПАРКОФ (координатор — Норвежский метеорологический институт), координация работ с программой ВМО «Глобальная служба криосферы».

В круг интересов/обязанностей АПЦ Росгидромета на начальном этапе входят следующие направления деятельности:

- поддержка панарктических и региональных функций Северо-Евразийского узла АркРКЦ, включая развитие методов мониторинга климата (новые индексы, использование новых реанализов, модельных расчетов из CMIP6);
- обеспечение информацией об изменениях климата Арктики государственных органов и организаций, компаний, общественности;
- публикация информации в «Единой системе информации о Мировом океане» (ЕСИМО) и поддержка национальной реализации Полярного кодекса в интересах судоходства по трассам Северного морского пути.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Задачи дальнейших климатических исследований включают:

- развитие методов мониторинга климата;
- разработку методов климатического прогнозирования для Арктики;
- биполярные климатические исследования исходя из общего для Арктики и Антарктики влияния аномалий в низких широтах океана;
- разработку методов оценки климатических рисков и рекомендаций по адаптации к изменениям климата;
- исследование природы и механизмов формирования аномалий ТПО в низких широтах океана.

Развитие климатического обслуживания в современных условиях, определяемых возрастающими темпами климатических изменений, требует объединения усилий профильных служб и организаций, как национальных, так и международных. ААНИИ имеет богатый опыт организации и проведения исследований в полярных областях, накопленные в течение многих десятилетий массивы гидрометеорологических данных и в состоянии выполнить серьезные задачи в процессе такой интеграции.

**Благодарности.** Мониторинг и климатическое обслуживание в Арктике выполняются и планируются в рамках ЦНТП Росгидромета по теме 1.3.1.1. Исследования поддерживаются грантами РФФИ 18-05-00334, 18-05-60107.

**Acknowledgments.** Monitoring and climate services in the Arctic are carried out and planned within the framework of Roshydromet's CSTP on topic 1.3.1.1. The research is supported by RFBR grants 18-05-00334, 18-05-60107.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Визе В.Ю.* Причины потепления Арктики // Советская Арктика. 1937. Т. 1. С. 1–7.
2. *Визе В.Ю.* Основы долгосрочных ледовых прогнозов для арктических морей // Тр. ААНИИ. 1944. Т. 190. 273 с.
3. *Гудкович З.М.* Связь дрейфа льдов в Арктическом бассейне с ледовыми условиями в арктических морях // Труды Океанографической комиссии АН СССР. 1961. Т. 2. С. 13–20.
4. *Прик З.М.* Климат Советской Арктики (метеорологический режим). Л.: Гидрометеоздат, 1965. 279 с.
5. *Черниговский Н.Т., Мариунова М.С.* Климат Советской Арктики (радиационный режим). Л.: Гидрометеоздат, 1965. 199 с.
6. Обзор гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане. URL: <http://www.aari.ru/misc/publicat/gmo.php> (дата обращения 01.09.2018).
7. Информационные материалы по мониторингу морского ледяного покрова Арктики и Южного Океана на основе данных ледового картирования и пассивного микроволнового зондирования SSMR SSM/I-SSMIS-AMSR2. URL: <http://wdc.aari.ru/resources/d0042/> (дата обращения 01.09.2018).
8. *Алексеев Г.В., Кузьмина С.И., Уразгильдеева А.В., Бобылев Л.П.* Влияние атмосферных переносов тепла и влаги на усиление потепления в Арктике в зимний период // Фундаментальная и прикладная климатология. 2016. Т. 1. С. 43–63.
9. *Алексеев Г.В., Кузьмина С.И., Глок Н.И.* Влияние аномалий температуры океана в низких широтах на атмосферный перенос тепла в Арктику // Фундаментальная и прикладная климатология. 2017. Т. 1. С. 106–123.
10. *Алексеев Г.В., Кузьмина С.И., Глок Н.И., Вязлова А.Е., Иванов Н.Е., Смирнов А.В.* Вли-

## REFERENCES

1. *Vise V.U.* The reasons of Arctic warming. *Sovetskaya Arktika*. Soviet Arctic. 1937, 1: 1–7. [In Russian].
2. *Vise V.U.* The basics of long-term ice forecasts for the Arctic seas. *Trudy AANII*. Proc. of AARI. 1944, 190: 273 p. [In Russian].
3. *Gudkovich Z.M.* The connection of ice drift in the Arctic basin with ice conditions in the Arctic seas. *Trudy Okeanograficheskoy komissii Akademii nauk SSSR*. Proc. of the Oceanographic Commission of the USSR Academy of Sciences. 1961, 2: 13–20. [In Russian].
4. *Prik Z.M.* *Klimat Sovetskoy Arktiki (meteorologicheskiy rezhim)*. Climate of the Soviet Arctic (meteorological regime). Leningrad: Hydrometeoizdat, 1965: 279 p. [In Russian].
5. *Chernigovskiy N.T., Marshunova M.S.* *Klimat Sovetskoy Arktiki (radiacionnyy rezhim)*. Climate of the Soviet Arctic (radiation regime). Leningrad: Hydrometeoizdat, 1965: 199 p. [In Russian].
6. Review of hydrometeorological processes in the Arctic Ocean. [In Russian]. Available at: <http://www.aari.ru/misc/publicat/gmo.php> (accessed 01.09.2018).
7. Monitoring of the Arctic and Southern Ocean sea ice cover on the basis of ice charting and SSMR-SSM/I-SSMIS-AMSR2 passive microwave information. [In Russian]. Available at: <http://wdc.aari.ru/resources/d0042/> (accessed 01.09.2018).
8. *Alekseev G.V., Kuzmina S.I., Urazgildeeva A.V., Bobylev L.P.* Impact of atmospheric heat and moisture transport on arctic warming in winter. *Fundamentalnaya i prikladnaya klimatologiya*. Fundamental and Applied Climatology. 2016, 1: 43–63. [In Russian]
9. *Alekseev G.V., Kuzmina S.I., Glok N.I.* Influence of temperature anomalies of the ocean surface in low latitudes on the atmospheric heat transport to the Arctic. *Fundamentalnaya i prikladnaya*

яние Атлантики на потепление и сокращение морского ледяного покрова в Арктике // Лед и Снег. 2017. Т. 57. № 3. С. 381–390.

11. Пресс-релиз ВМО «ВМО запускает Арктический региональный климатический центр – сеть» (WMO Press Release “WMO launches Arctic Regional Climate Centre Network”), 18.05.2018. URL: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-launches-arctic-regional-climate-centre-network> (дата обращения 01.09.2018).

*klimatologiya*. Fundamental and Applied Climatology. 2017, 1: 106–123. [In Russian].

10. *Alekseev G.V., Kuzmina S.I., Glok N.I., Vyazilova A.E., Ivanov N.E., Smirnov A.V.* Influence of Atlantic on the warming and reduction of sea ice in the Arctic. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2017, 57, 3: 381–390. [In Russian].

11. WMO Press Release “WMO launches Arctic Regional Climate Centre Network”, 18 May 2018. Available at: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-launches-arctic-regional-climate-centre-network> (accessed 01.09.2018).