



# КЛЮЧЕВЫЕ НАУЧНЫЕ ИНСТИТУТЫ СКАНДИНАВСКИХ СТРАН И МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПРОЕКТЫ, ВЕДУЩИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ И ОСВОЕНИЮ АРКТИКИ

А. Д. Билалова<sup>\*,1</sup>, А. Д. Гвишиани<sup>2,3</sup> и В. А. Посёлов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Геологии и Минеральных ресурсов Мирового Океана имени академика И. С. Грамберга», Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Геофизический центр Российской академии наук, Москва, Россия

<sup>3</sup>Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

Получено 23 ноября 2021; принято 28 ноября 2021; опубликовано 29 декабря 2021.

Арктический регион, обладая колоссальными объемами природных ресурсов, имеет стратегическое значение для России. Охрана окружающей среды Арктики, ее прогрессивное развитие, модернизация и реорганизация экспедиционной инфраструктуры, реализация научных исследований становятся более эффективными при тесном международном сотрудничестве. Установление прочных научных отношений между исследовательскими институтами стран, входящих в Арктический совет, имеет существенное значение для достижения как национальных, так и региональных целей стран-членов совета. Данная статья посвящена описанию научно-исследовательских институтов Норвегии, Финляндии и Швеции, главный фокус которых направлен на изучение Арктики. В работе были проанализированы их основные цели, сферы научной деятельности, организация образовательных проектов и участие в экспедициях. Отмечено существующее взаимодействие указанных научных учреждений скандинавских стран с институтами и университетами Российской Федерации, ведущими исследования в Арктике и Антарктике. Выполненный обзор позволит расширить существующие и наметить новые пути сотрудничества между странами арктического пула в изучении и освоении Арктики. Отдельное внимание в обзоре уделено таким крупным международным проектам, как Университет Арктики (UArctic), проект MOSAiC и Международный Метеорологический Институт (IMI).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Арктика, научно-исследовательские институты скандинавских стран, изучение климата Арктики, арктические экспедиции.

**Citation:** Билалова, А. Д., А. Д. Гвишиани и В. А. Посёлов, (2021), Ключевые научные институты скандинавских стран и международные проекты, ведущие исследования по изучению и освоению Арктики, *Вестник ОНЗ РАН*, т. 13, NZ2002, 10.2205/2021NZ000372.

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы роль Арктики, как значительной части нашей планеты, растет. Она привлекает особое внимание всего мира. Ведущий американский специалист по Арктике Оран Янг утверждает, что из периферии Арктика становится одной из основных площадок взаимодействия ведущих держав [Караганов и др., 2021]. Арктический совет предоставил пространство и механизмы для решения общих проблем в государствах региона, из-за особенностей северных экосистем, уделяя большое значение защите окружающей среды, устойчивому экономическому развитию, а также изменению климата [Goosse и др., 2018]. Повышение приземной температуры в Арктике в последние несколько десятилетий происходило вдвое быстрее, чем

в среднем по миру. На данный момент Арктика стала главной мировой лабораторией для изучения процессов изменения климата на планете.

Арктика в результате деятельности Совета стала зоной уникального международного сотрудничества, нацеленного на установление мира и стабильности в регионе в рамках деловых отношений и международного права. Эффективное взаимодействие между арктическими государствами способствовало реализации и продвижению крупнейших международных проектов.

В рамках данного исследования будут рассмотрены крупнейшие образовательные и научно-исследовательские организации Финляндии, Швеции, Норвегии, а также такие международные проекты, как Университет Арктики (UArctic), экспедиция MOSAiC и Международный метеорологический институт (IMI).

\*Контакт: [adelyabilalova@yandex.ru](mailto:adelyabilalova@yandex.ru)

## НОРВЕГИЯ

### Nansen Environmental and Remote Sensing Center (NERSC)

Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Нансена – международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Нансена [<https://www.nersc.no/>] основан в 1986 г. в г. Берген, финансируется Министерством климата и окружающей среды Норвегии. Центр Нансена назван в честь выдающегося норвежского учёного Фритьофа Нансена. Институт является частью Центров Нансена (есть также представительства в Бангладеше, Индии, Китае, России и Южной Африке).

Основными целями Центра являются проведение научных исследований на Крайнем Севере и в Арктике с использованием междисциплинарного системного анализа для оценки морских, криосферных и атмосферных условий, моделирование климата, развитие научного потенциала касательно изучения Арктики, поддержание национальных и международных связей, обеспечение открытого и свободного доступа к научным данным.

Работы в Центре ведутся по следующим направлениям:

- Прогноз и динамика климата: изучение влияния сокращения морского льда в Арктике на изменчивость климата, а также на экстремальные погодные условия в средних широтах, исследование обратного воздействия низких широт на Арктику с целью увеличения практической значимости климатических прогнозов, выявление и уменьшение ошибок в климатических моделях, анализ их происхождения и оценка их воздействия на последующее предсказание климата.
- Дистанционное зондирование океана и морского льда: изучение процессов и динамики в верхних слоях океана, уточнение классификации морского льда, использование имеющихся спутниковых наблюдений за океаном с целью мониторинга океана, проверки моделей и прогноза.
- Моделирование физических процессов в океане, морской экосистеме и ассимиляция данных (адаптация результатов расчета модели к реальным наблюдениям) с целью дальнейшего использования в океанографии, анализе климата и морских исследованиях [Martin и др., 2015].
- Фундаментальные акустические исследования для применения в области изучения мор-

ского льда, океанографии, мониторинга окружающей среды, подводной связи и геолокации.

- Разработка и демонстрация масштабируемых и настраиваемых систем для просмотра и использования научных данных через открытые стандартные интерфейсы с целью дальнейшего расширения знаний и лучшего понимания климатической системы Земли.

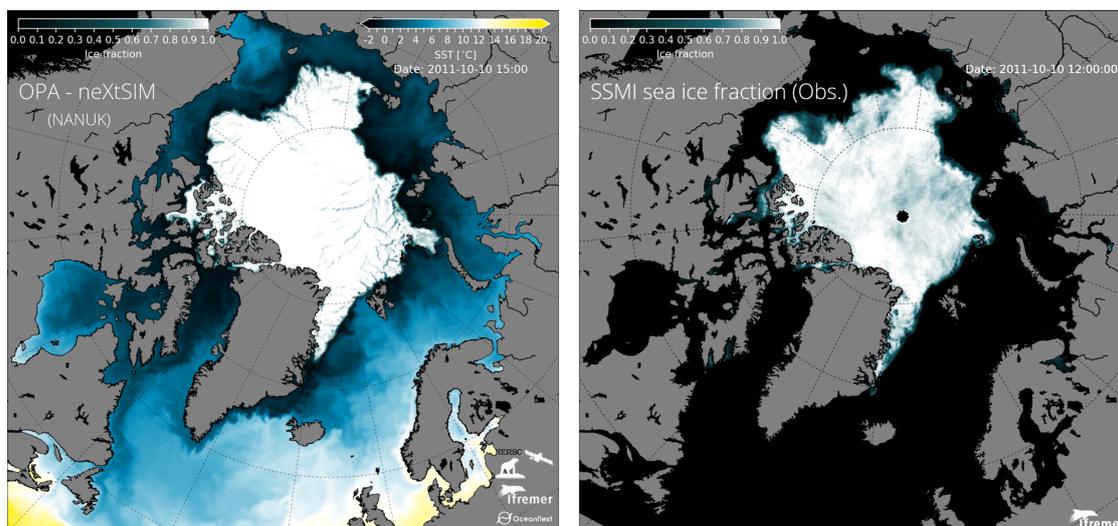
NeXtSIM – это новая модель морского льда, разработанная в Центре Нансена, имеет всего несколько параметров, генерирует прерывистые поля скорости морского льда и сильно локализованные деформации, которые занимают всего несколько процентов от общей площади морского ледяного покрова, но при этом учитывают большую часть деформации [Rampal и др., 2016]. Пример использования модели приведен на рис. 1 NeXtSIM позволяет моделировать динамику морского льда NeXtSIM-F предоставляет прогнозы морского льда в Баренцевом и Карском морях.

Центр Нансена поддерживает международный научный обмен, а также финансирует проекты через внешние фонды, либо из собственных финансовых источников. В течение последних 30 лет Центр Нансена отвечал за приём и курирование 52 кандидатских диссертаций и 60 студентов магистратуры. В Центре Нансена происходит обширный обмен учеными, постдоками и опытными кандидатами наук. Существует стипендиальная программа и программы стажировки в одном из исследовательских центров группы Нансена или в партнёрском институте. Проводятся летние и зимние недельные семинары для студентов аспирантских программ. Кроме того, Центр Нансена регулярно проводит обучающий курс по ассимиляции данных для выпускников и студентов, обучающихся на кафедре математики в Университете Бергена.

Центр Нансена активно сотрудничает со многими странами – с Бангладешем, Индией, Китаем, Россией, США и Южной Африкой. Российские представительства Центра находятся в г. Санкт-Петербурге (Центр по экологической безопасности, функционирует с 1992 г.), а также в г. Петрозаводске (Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН). С 1980-х годов Центр Нансена проводит экспедиции по изучению Северного Ледовитого океана.

### Norwegian Polar Institute (NPI)

Норвежский полярный институт [<https://www.npolar.no/>] – это национальное учреждение, занимающееся полярными исследованиями. Институт был запущен при содействии



**Рис. 1:** А) Прогноз поверхности Арктического океана, покрытого морским льдом, по разработанной модели NeXtSIM. Б) Спутниковое изображение поверхности Арктического океана, покрытого морским льдом [<https://www.nersc.no/image/model-left-side-satellite-image-right-side-nextsim-0/>].

норвежского Министерства окружающей среды. Норвежский полярный институт расположен в г. Тромсё, был основан в 1928 г. норвежским геологом, экологом, полярным исследователем, руководителем научных экспедиций на Шпицберген и в Гренландию Адольфом Хоэлем. Норвежский полярный институт занимается решением экологических проблем в полярных регионах, международным сотрудничеством по вопросам защиты окружающей среды, исследованием климата, оценкой влияния загрязняющих веществ на окружающую среду и биоразнообразию, а также геологическим картированием.

В рамках исследований океана и морского льда проводится долгосрочный мониторинг состояния морского льда вокруг Шпицбергена, количественная оценка и картирование морского льда, изучение протекающих в океане процессов, а также предоставление информации об их изменениях с целью улучшения моделей климата и прогнозов.

Кроме того, проводится мониторинг и изучение морской и наземной среды в Арктике и Антарктике, анализ экосистем и их ключевых компонентов и связей между ними. Институт занимается изучением климатических изменений в полярных регионах, для этого анализируется механизм действия парникового эффекта, оценивается загрязнение окружающей среды, исследуются последствия закисления океана и др. Здесь проводятся мультидисциплинарные исследования по морской геологии, а также исследования по геологии коренных пород Арктики и Антарктики.

Норвежский полярный институт работает со студентами: аспирантами, магистрами из универ-

ситетов Индии, Норвегии и России для реализации совместных научных проектов под руководством научных сотрудников Института.

Институт сотрудничает со многими странами по изучению Арктики и Антарктики, в частности, с Австралией, Бельгией, Данией, Исландией, Канадой, Новой Зеландией, Россией, США, Финляндией, Швецией и Японией. Норвежский полярный институт взаимодействует с Арктическим и антарктическим научно-исследовательским институтом, г. Санкт-Петербург (всего было около 16 аспирантов за последние 15 лет).

Институт организует экспедиции в Арктику и Антарктику. Выполняет научно-исследовательскую работу на станциях «Троль» (Антарктика) (рис. 2), «Тор» (Антарктика), «Норвегия» (о. Буве в южной части Атлантического океана), и в Нью-Олесунне (Обсерватория «Зешепин») (рис. 3); исследовательское подразделение «Свердруп» – Арктика).

## NORWEGIAN METEOROLOGICAL INSTITUTE (MET NORWAY)

Норвежский метеорологический институт (НМИ) [<https://www.met.no/>] – это государственное учреждение при Министерстве образования и исследований Норвегии, предоставляющее прогнозы погоды для использования в гражданских и военных целях и проводящее исследования в области метеорологии, океанографии и климатологии. Штаб-квартира находится в г. Осло, также офисы находятся в г. Берген и Тромсё.



**Рис. 2:** Исследовательская станция «Троль» в Антарктике  
[\[https://en.wikipedia.org/wiki/File:Troll\\_research\\_station\\_Antarctica.JPG\]](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Troll_research_station_Antarctica.JPG).



**Рис. 3:** Обсерватория «Зепелин»  
 в Нью-Олесунне  
[\[https://www.npolar.no/en/zeppelin/\]](https://www.npolar.no/en/zeppelin/).

Норвежский Метеорологический Институт был основан в 1866 г. норвежским астрономом и метеорологом Хенриком Моном, который являлся его директором до 1913 г.

НМИ занимается сбором метеорологических данных Норвегии и прилегающих морских акваторий, подготовкой прогноза погоды, формированием климатических отчётов, предоставлением авиационных услуг. Здесь обрабатывают данные, а результаты анализа используются для онлайн-сервиса прогноза погоды по всему миру. Особое внимание уделяется мониторингу за состоянием окружающей среды и контролю за разливами нефти.

Норвежский метеорологический институт взаимодействует с аспирантами в области дистанционного зондирования морского льда. С 2015 года НМИ совместно с Центром по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Нансена и Институтом морских исследований

проводит мониторинг и анализ состояния океана и морского льда на Крайнем Севере и в Арктике. НМИ сотрудничает с Росгидрометом по направлениям, представляющим взаимный интерес: развитие наблюдательных и прогнозных систем для гидрометеорологического обеспечения морской и прибрежной деятельности в Баренцевом море; проведение научных исследований на архипелаге Шпицберген; расширение методов метеорологического обеспечения гражданской авиации и совершенствование моделей переноса загрязняющих веществ в атмосфере [\[https://www.meteorf.ru/special/press/news/12564\]](https://www.meteorf.ru/special/press/news/12564). НМИ является членом Центра исследований климата и окружающей среды Крайнего Севера. НМИ представляет Норвегию в таких международных организациях, как Всемирная метеорологическая организация (ВМО), Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП) и Европейская организация по эксплуатации метеорологических спутников (ЕВМЕТСАТ). Институт также является норвежским партнёром ряда важных международных исследовательских и мониторинговых проектов, включая ЕМЕР, MyOcean, MyWave и Оперативную океанографическую систему Северо-Западного шельфа (NOOS). НМИ является одним из участников экспедиции MOSAiC.

**Global Resource Information Database Center – Arendal (GRID-Arendal) of the University of the Arctic**

ГРИД-Арендал [\[https://www.grida.no/\]](https://www.grida.no/) – это некоммерческий центр, сотрудничающий с программой Организации Объединенных Наций по окружающей среде, расположенный в г. Арендал. Является головной организацией руководи-

теля Университета Арктики. ГРИД-Арендал был основан в 1989 г. Министерством окружающей среды Норвегии с целью поддержки устойчивого развития Арктики. Создание Центра стало возможным благодаря деятельности Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию, также известной как Комиссия Брундтланд.

Организация разрабатывает меры по защите окружающей среды, в частности, по уменьшению распространения мусора и пластика в Баренцевом море, участвует в крупных международных проектах по защите морских и прибрежных экосистем, борется с экологической преступностью. В соответствии с международным правом Центр участвует в работе по определению границ расширенного континентального шельфа в Тихом океане.

Проблема загрязнения отходами жизнедеятельности и мусором – одна из самых остро стоящих задач перед лицом человечества. В рамках реализации Базельской конвенции Центр занимается мониторингом распространения мусора как на региональном, так и на глобальном уровне, анализом влияния морского мусора на экосистемы, разработкой инструментов для снижения уровня отходов, мусора и пластика в окружающей среде и технических решений по очистке пляжей, оказанием поддержки странам в выявлении источников и путей загрязнения пластиком.

Особое внимание уделяется изучению проблем изменения климата, поиску решений по повышению устойчивости экосистем к этим изменениям, сохранению биоразнообразия, а также анализу изменений климата Арктики. Особое место в экосистемах Арктики занимает вечная мерзлота, таяние которой оказывает влияние на глобальный климат, инфраструктуру и здоровье людей.

Центр осуществляет распространение информации, а также создает коллекции электронных публикаций об окружающей среде. В сфере предотвращения и борьбы с экологическими преступлениями Центр занимается выявлением экологических нарушений, повышением осведомленности, поиском решений.

Центр «ГРИД-Арендал» является частью Университета Арктики, где организована программа стажировки для студентов и выпускников вузов, а также проводится сотрудничество с магистрантами и аспирантами, если их исследовательские работы соответствуют проектам центра.

ГРИД-Арендал сотрудничает со многими странами (Австралия, Австрия, Азербайджан, Бельгия, Болгария, Германия, Грузия, Дания, Канада, Кения, Китай, Новая Зеландия, ОАЭ, Россия, Танзания, Финляндия, Хорватия, Эстония, Южная Америка, Япония и др.) в рамках крупных



**Рис. 4:** Научно-исследовательское судно экспедиции ECOTIP

[<https://ecotip-arctic.eu/newsevents/>].

международных проектов, в частности, программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде; программа адаптации к изменению климата в Гималаях; проект «Повышение адаптивной способности на Кавказе»; проекты по изучению и оценке морской среды Арктики, а также мониторингу загрязнения Северного Ледовитого океана; Тегеранская Конвенция о защите Каспийского моря и др. Совместная деятельность Центра «ГРИД-Арендал» с Северным (Арктическим) федеральным университетом им. М. В. Ломоносова (г. Архангельск) и Кольским научным центром РАН (г. Апатиты) нацелена на обмен знаниями и принятию общих мер по уменьшению распространения загрязнений в Баренцевом море.

ГРИД-Арендал самостоятельно не проводит экспедиции в Арктику, но является одним из участников проекта «ECOTIP», который был запущен в июне 2020 года (рис. 4). Этот крупный международный проект направлен на оценку влияния изменений климата на биоразнообразие Арктики и анализ последствий для морских экосистем. В рамках поставленных задач планируется проведение морских экспедиций и лабораторных исследований.

### The Norwegian Scientific Academy for Polar Research (NVP)

Норвежская научная академия полярных исследований [<https://polar-academy.com/>] – это некоммерческое учреждение, деятельность которого сосредоточена на исследовании полярных регионов (Арктика и Антарктика) и связанных с ними вопросов в рамках всех научных дисциплин на международном уровне. Академия была основана в 2008 г. одиннадцатью норвежскими полярными учеными. Главный офис расположен в Университетском центре Свальбарда.

Академия занимается организацией междисциплинарных научных исследований, поддержкой образовательных программ, обменом научных



**Рис. 5:** Норвежский ледокол береговой охраны KV Svalbard на Северном полюсе 21 августа 2019 г. [<https://www.kystverket.no/en/>].

знаний, поиском совместных решений, оценкой изменения климата и анализом влияния этого процесса на жизнедеятельность людей. Академия содействует устойчивому развитию Арктики и Антарктики путем обеспечения баланса между защитой окружающей среды, социальным равенством и экономическим ростом.

Под эгидой Академии организуются научные семинары и конференции национального и международного уровня, обеспечивается сотрудничество между научными учреждениями с целью создания новых научных проектов, для реализации которых привлекаются учёные со всего мира. Кроме того, Академия учредила премию за выдающиеся достижения в полярных дисциплинах.

Норвежская научная академия полярных исследований организует летние школы для аспирантов, постдоков, а также магистрантов. Форум «Глобальная Арктика» подразумевает проведение трех летних школ в период с 2020 по 2022 годы. Каждая из школ будет посвящена отдельной теме: Арктике, Антарктике и Гималаям. Организационный комитет летних школ выбирает 25 кандидатов из разных стран с различными компетенциями и опытом на конкурсной основе.

Норвежская научная академия полярных исследований является сетевой научно-исследовательской организацией, объединяющей в своих рядах известных учёных и исследователей, ведущие научные организации и высшие учебные заведения Норвегии: Международный Университет Свальбарда, Научно-исследовательский институт NORSAR, Норвежский университет естественных и технических наук, Университет Норд и Университет Тромсё, а также страны-члены Арктического совета, которые занимаются изучением Арктики. В 2016 году между Русским географическим обществом и Норвежской научной академией полярных

исследований было подписано соглашение о сотрудничестве, в рамках которого реализуется инициатива по проведению летней школы на Шпицбергене.

13 норвежских научно-исследовательских и образовательных организаций (Геологическая служба Норвегии, Международный университет Свальбарда, Научно-исследовательские институты NORSAR, NORCE, SINTEF и Akvaplan-Niva, Норвежский институт международных отношений, Норвежский полярный институт, Норвежский университет естественных и технических наук, Университет Бергена, Университет Осло, Университет Тромсё, Центр по окружающей среде и дистанционному зондированию имени Нансена) известных под общим названием GoNorth, создали комплексную междисциплинарную программу исследования Северного Ледовитого океана. 21 августа 2019 года ледокол береговой охраны KV Svalbard (рис. 5) достиг Северного полюса спустя 125 лет после того, как Фритьоф Нансен попытался пересечь Северный полюс на своем парусном судне Fram [Johnson, 2014].

## Финляндия

### Arctic Centre of the University of Lapland (LAYAK)

Арктический центр лапландского университета [<https://www.arcticcentre.org/>] – это международный исследовательский институт и научный центр, занимающийся изучением Арктики. Основан в 1989 г., расположен в г. Рованиemi. Он проводит междисциплинарные международные и региональные исследования окружающей среды Арктики, общества и изменения климата. Арктический центр лапландского университета расположен на берегу реки Оунайоки в здании «Арктикума», музея и научного центра (рис. 6).

Центр занимается научным просветительством, реализует проекты по решению экологических и социальных проблем, расширяет сотрудничество на местном, региональном, национальном и международном уровнях, налаживает коммуникацию с заинтересованными лицами, продвигает образовательные программы, нацеленные на изучение полярных регионов.

Здесь исследуются последствия изменения климата, оценивается его влияние на вечную мерзлоту, флору и фауну полярных регионов в краткосрочной и долгосрочной перспективах. Изучаются изменения в окружающей среде, вызванные добычей нефти и полезных ископаемых, а также проводится оценка адаптации арктических сообществ



**Рис. 6:** Арктический центр лапландского университета [<https://tinyurl.com/arcticcentre>].

к этим изменениям. В некоторых проектах по изучению взаимодействия между арктической средой и обществом участвуют представители местных коренных народов.

Работа над законодательством, касающемся коренных народов Арктики, а также над экологическим законодательством – ещё одно направление исследований Центра. Арктический центр лапландского университета предоставляет экспертные услуги назначенной правительством Финляндии независимой консультативной организации по вопросам прав человека – «Консультативному комитету по международным правовым нормам в области прав человека». Кроме того, рассматриваются различные пути совершенствования Севера и политические решения, необходимые для этого. Изучается связанное с глобальными процессами социально-экономическое, экологическое, политическое и правовое развитие Арктических регионов.

Какие источники средств к существованию у людей в Арктике? Как проявляется самобытность коренных народов, получается ли у них поддерживать привычный образ жизни? Как люди и животные адаптируются к социальным, экономическим, политическим изменениям, а также к изменению климата и окружающей среды Севера? Ответами на эти вопросы также занимается Арктический центр лапландского университета.

Развитие образования является частью деятельности Центра. Он предлагает одногодичную программу исследований, которая позволяет получить знания о физических, экологических, социальных и культурных аспектах полярных регионов. Программа была разработана для кандидатов из Финляндии и других стран, а также студентов, обучающихся по программе обмена. Арктический центр лапландского университета участвует в программах Университета Арктики (UArctic).

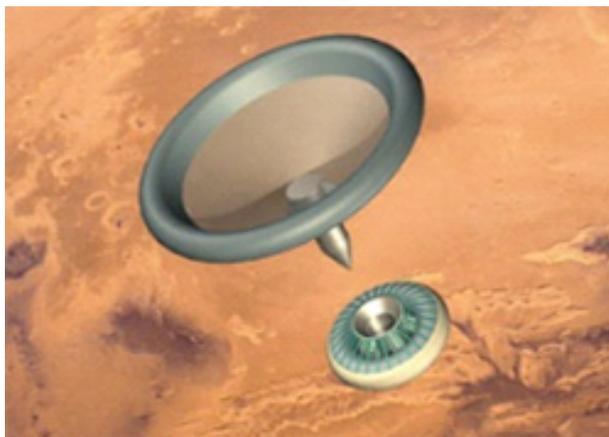
Арктический центр лапландского университета имеет обширную междисциплинарную сеть сотрудничества, сотрудники Центра выступают в качестве экспертов по всему миру. Арктический центр входит в Европейский полярный совет, который является независимой Европейской организацией директоров и менеджеров главных европейских национальных полярных программ. Арктический центр лапландского университета также является членом Арктического совета и Китайского центра арктических исследований.

## FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE (FMI)

Финский метеорологический институт (<https://en.ilmatiteenlaitos.fi/>) – это государственное учреждение, ответственное за сбор и предоставление метеорологических данных и прогнозов погоды в Финляндии. Штаб-квартира находится в столице Финляндии, г. Хельсинки, основан в 1838 г. У Института есть также подразделения в г. Куопио, в г. Рованиemi и в общине Соданкюля. Институт проводит исследования атмосферы, околоземного пространства, морей, качества воздуха; обеспечивает климатическое обслуживание в целях общественной безопасности и развития экономики. Он является административным подразделением Министерства транспорта и коммуникаций Финляндии. Финский метеорологический институт (ФМИ) – одно из немногих мест в Финляндии, где особое внимание уделяется изучению космоса. Институт принимал участие в нескольких крупных проектах NASA и ESA, а также инициировал совместную с Испанией и Россией научную деятельность по исследованию атмосферы на Марсе (рис. 7).

Финский метеорологический институт предоставляет услуги по сбору, обработке и анализу характеристик состояния атмосферы и гидросферы. Он информирует о погодных изменениях, которые могут быть опасны для осуществления хозяйской деятельности. Для обеспечения безопасности авиации и судоходства Институт контролирует региональные системы численного прогноза погоды с высоким разрешением, производит прогноз опасных природных явлений. Здесь изучается изменение климата Арктики и Антарктики, разрабатываются новые метеорологические методы мониторинга состояния окружающей среды. Проводится спутниковая и радиолокационная оценка параметров поверхности Земли и погодных условий.

Анализ процессов, протекающих в Балтийском, Каспийском морях, в Северном Ледовитом океане, изучение морского льда и взаимодействия океа-



**Рис. 7:** Исследовательская станция MetNet, разработанная ФМИ совместно с Россией и Испанией, и предназначенная для проведения мониторинга состояния атмосферы на Марсе [Harri и др., 2017].

на и атмосферы важны для понимания их роли в климатической системе. Институт разрабатывает инструменты для эффективного управления прибрежными районами и для составления морских прогнозов.

На основе данных о физических и химических свойствах аэрозольных частиц и газовых примесей, содержании органических и неорганических соединений, тяжёлых металлов, ртути в атмосфере строятся модели качества воздуха. Производится разработка новых аналитических методов измерения реакционноспособных соединений.

Для некоторых исследований атмосферы необходимо использование дистанционных методов. В ФМИ используются спутниковые данные для изучения нижних и средних слоёв атмосферы, например, для оценки качества воздуха и распределения парниковых газов, для изучения озонового слоя и интенсивности ультрафиолетового излучения. Исследуются физические и химические процессы на суше: концентрация парниковых газов, состав аэрозолей, уровни радиации, количество и тип осадков. Все эти данные необходимы для более глубокого понимания взаимодействий сред друг с другом, моделирования климатической системы.

Чтобы смоделировать последствия изменения климата используется массив данных о состоянии сред и их взаимодействиях друг с другом, проводится оценка экстремальных климатических событий в Финляндии и прилегающих территориях, изучается антропогенное воздействие. Проводится анализ рисков, связанных с погодными и климатическими явлениями, разрабатываются планы превентивных мер по уменьшению влияния на

окружающую среду, а также предлагаются сценарии адаптации к изменению климата в городской среде.

Кроме того, Финский метеорологический институт занимается изучением космоса и совершенствованием технологий наблюдения. В рамках этого направления исследований анализируются электромагнитные явления в околоземном пространстве и верхних слоях атмосферы, проводятся измерения магнитного поля, предоставляются прогнозы полярных сияний. Разрабатываются новые радиолокационные методы изучения атмосферных явлений и краткосрочной оценки выпадения осадков. Кроме того, проводятся исследования влажности и атмосферного давления на Марсе.

ФМИ взаимодействует со многими университетами. Совместно с Институтом по исследованию атмосферных и земных систем, с Российским государственным гидрометеорологическим университетом и Хельсинкским университетом Финский метеорологический институт провёл интенсивный курс «Многомасштабное моделирование Земной системы и анализ экологических процессов», рассчитанный на студентов бакалавриата, магистратуры, аспирантов и постдоков (<https://www.rshu.ru/eng/>). В рамках данного курса были организованы летние стажировки для бакалавров и магистров. Кроме того, Институт рассматривает заявки постдоков и аспирантов, если область их компетенций пересекается с деятельностью организации.

Финский метеорологический институт представляет Финляндию в нескольких международных и европейских организациях: Всемирная метеорологическая организация, Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды, Европейская организация по эксплуатации метеорологических спутников, Европейская национальная метеорологическая служба, ECOMET (группа экономических интересов, объединяющая метеорологические и гидрологические службы в Европе), COST (межправительственная структура европейского сотрудничества в области науки и технологий, позволяющая координировать исследования, финансируемые из национальных источников, на европейском уровне), NORDMET (сотрудничество между национальными метеорологическими службами северных стран в области инфраструктуры).

Институт выступил ключевым международным партнёром Китайской национальной арктической исследовательской экспедиции (CHINARE 2008). Научные сотрудники Института были вовлечены в крупнейшую Междисциплинарную дрейфующую экспедицию по изучению климата арктики



**Рис. 8:** Изучение Антарктики в рамках программы FINNARP [Meinander *u др.*, 2014].

(MOSAIC), которая успешно завершилась в октябре 2020 г. Кроме того, учёные Института приняли участие в программах антарктических исследований (FINNARP 2010, FINNARP 2013), целью которых являлось изучение состояния атмосферы, а также мониторинг окружающей среды в Антарктике (рис. 8). Финляндия присоединилась к международному Договору об Антарктике в 1984 году. Активная научная деятельность в Антарктике началась с 1988 года после открытия исследовательской станции «Абоа» (рис. 9).

### Finnish Environment Institute (SYKE)

Финский институт окружающей среды (<https://www.syke.fi/>) – это исследовательский институт и правительственное учреждение при Министерстве окружающей среды. Институт также является центром экологической экспертизы. Основан в 1995 г., главный офис расположен в г. Хельсинки, научно-исследовательские центры Института также находятся в городах Оулу, Ювяскюля и Йёэнсуу.

Основными целями работы института являются устойчивое развитие городской среды, изучение проблемы использования вторичного сырья, сохранение биоразнообразия, рациональное использование водных ресурсов, мониторинг состояния прибрежных и внутренних вод. Также разрабатываются программы по смягчению последствий изменения климата.

Особое значение уделяется изучению морских экосистем, пищевых цепей, биогеохимических процессов и биоразнообразия морской среды Балтийского моря. Институт проводит гидрологический мониторинг, изучаются последствия разливов нефти в Арктическом регионе. На основе материалов осуществляется моделирование водных систем, оценка антропогенного воздействия



**Рис. 9:** Исследовательская станция «Абоа» [<https://en.ilmatieteenlaitos.fi/aboa-research-station/>].

на морскую среду и развиваются информационные системы.

Институт занимается исследованием и мониторингом изменений в городской среде и сельской местности, подготавливает меры по снижению уязвимости сообществ к изменению климата. Для реализации целей Конвенции о Биологическом разнообразии и Стратегии ЕС по сохранению биоразнообразия до 2020 г. проводились работы по мониторингу видов, находящихся под угрозой, и их местообитаний.

Развитие экономики в рамках концепции устойчивого развития возможно при условии рационального использования природных ресурсов, предотвращения накопления отходов, разработки решений по их переработке и утилизации, построения устойчивых моделей потребления электроэнергии, водных ресурсов, контроля за оборотом опасных веществ. Этими и другими вопросами занимается Финский институт окружающей среды.

Финский институт окружающей среды тесно сотрудничает со многими университетами Финляндии. Десятки студентов различных специальностей, в том числе из иностранных вузов, ежегодно проходят стажировку в Институте. Наличие учёной степени или диплома о высшем образовании в области инженерных, биологических, экологических, естественных и гуманитарных наук является преимуществом в конкурсном отборе кандидатов.

Сотрудничество с международными и национальными исследовательскими организациями играет важную роль в деятельности Финского института окружающей среды. Институт активно участвует в работе Арктического совета, а также реализует крупные проекты, ориентированные на северные регионы. Наряду с организациями из Норвегии, России и Швеции Финский институт окружающей среды входит в Совет Баренцева/Евроарктического региона, в рамках которо-



**Рис. 10:** Научно-исследовательское судно «Аранда»

[<https://www.eurofleets.eu/vessel/rv-aranda/>].

го осуществляются проведение природоохранных мероприятий в российской части региона, охрана окружающей среды и мониторинг водных ресурсов, принятие мер по снижению последствий изменения климата и адаптации к ним, а также обмен передовыми опытом и знаниями.

«Аранда» – это исследовательское судно, построенное в 1989 г. и принадлежащее Финскому институту окружающей среды (рис. 10). Оно оборудовано для работы в ледовых условиях. Судно задействовано в научных экспедициях в Балтийском море, а также в Арктике и Антарктике.

### Thule Institute of the University of Oulu (OYOTI)

Институт Туле университета Оулу [<https://www.oulu.fi/>] – мультидисциплинарный научно-исследовательский центр Университета Оулу, координирующий вопросы окружающей среды и природных ресурсов Арктики. Основан в 1995 г. Фокус деятельности Института направлен на арктические исследования, а также международное сотрудничество. Институт Туле совместно с подразделениями Университета Оулу, а также с другими исследовательскими организациями и производственным сектором развивает три междисциплинарные программы: «Глобальное изменение климата на Севере», «Землепользование и почвенный покров на Севере» и «Арктическая медицина». Институт Туле входит в Университет Арктики, а также курирует работу научной станции «Оуланка», расположенной в г. Куусамо.

Институт развивает арктические исследования и междисциплинарное сотрудничество по всем направлениям деятельности Университета Оулу. Его целью является наращивание связей с национальными и международными организациями для реализации крупных научных проектов и образовательных программ по изучению полярного региона. В сферы интересов Института входят во-

просы борьбы с изменением климата, сохранения культуры коренных народов Севера, осуществления экологического контроля в Арктике.

Для более глубокого понимания процессов изменения климата проводится изучение выбросов углекислого газа, таяния многолетней мерзлоты, динамики параметров снежного покрова. Также организовано планирование рационального использования природных ресурсов Арктики и уделяется внимание совершенствованию городской инфраструктуры. Институт продвигает программы по созданию научно-образовательного центра здравоохранения в Арктике для снижения заболеваемости, улучшения качества жизни и увеличения продолжительности жизни людей в Арктической зоне.

Одним из важных аспектов деятельности Института Туле является организация образовательных программ в области изучения Арктического региона для студентов магистратуры, аспирантуры и постдоков. Технологический университет Лулео (Швеция), Лапландский университет, Университет Оулу, Университет Тромсё (Норвегия), Университет Умео (Швеция) входят в «Арктическую пятерку» (Arctic5), где проводятся различные семинары, курсы и конференции, происходит обмен знаниями, а также внедряются новые учебные программы и тренинги. Институт Туле курирует участие Университета Оулу в этом совете. В рамках проекта «Коренные и некоренные жители российско-североевропейского региона: лучшие практики для обеспечения здоровья пожилых людей» Институт Туле взаимодействует с Гренландским университетом, Институтом социально-политических исследований Федерального научно-исследовательского социологического центра РАН (г. Москва), Копенгагенским университетом, Северным (Арктическим) федеральным университетом (г. Архангельск), Северным государственным медицинским университетом (г. Архангельск) и Университетом Тромсё (Норвегия).

Институт Туле принимает участие в работе Арктического совета. Кроме того, сотрудничает с Международным арктическим научным комитетом (Исландия), Международным союзом приполярного здравоохранения (Дания), Европейской полярной комиссией (Нидерланды), Финским национальным комитетом арктических и антарктических исследований.

Научные сотрудники Института внесли свой вклад в крупнейшую арктическую научную экспедицию MOSAiC. Их исследования касались анализа гидрологического цикла Арктики с использованием изотопов.



**Рис. 11:** Ледовый резервуар Aalto

[<https://www.aalto.fi/en/research-and-learning-infrastructures/aalto-ice-tank>].

### Aalto University (AY)

Университет Аалто [<https://www.aalto.fi/>] – финский университет, образованный путём слияния трёх высших учебных заведений города Хельсинки: Хельсинкского политехнического института, Высшей школы экономики, а также Института искусств, дизайна и архитектуры. Тесная связь между наукой, бизнесом и искусством призвана содействовать инновационным исследованиям в междисциплинарных областях. Университет был образован в 2010 г. Главный корпус расположен в г. Эспоо. Арктическими исследованиями в Университете Аалто занимаются две научные группы – «Морские технологии» и «Механика твёрдых тел». Их деятельность сосредоточена на изучении характеристик судов, свойств и структуры морского льда, а также на оценке влияния морского льда на безопасность морских перевозок.

Университет Аалто играет ведущую роль в национальных и международных исследованиях и образовании в области арктических технологий. Ледовый резервуар Aalto (Aalto Ice Tank) – это уникальный объект, первоначально созданный в начале 1980-х гг., и полностью модернизированный в 2015–2019 гг. (рис. 11).

Резервуар представляет собой водный бассейн размером 40 × 40 м и глубиной 2,8 м, оснащённый системой охлаждения и оборудованием для производства морского льда в масштабе модели. Конструкция идеально подходит для испытания судов и других морских сооружений в ледовых условиях.

Aalto Ice Tank доступен для использования в академических и промышленных целях в соответствии с правилами доступа и принципами це-

нообразования. Институт внедряет новые, основанные на оценке рисков подходы для безопасного арктического судоходства и успешного выполнения работ в море, а также развивает технологии в области проектирования и эксплуатации морских судов.

Университет Аалто осуществляет совместную деятельность с Университетом Хельсинки, Гамбургским технологическим университетом, Норвежским научно-техническим университетом, Мемориальным университетом Ньюфаундлена (Канада), Северным (Арктическим) федеральным университетом им. М. В. Ломоносова и Санкт-Петербургским государственным экономическим университетом. В Университете Аалто проводится обширная работа по подготовке кандидатов наук и достижению значительных успехов в области арктических технологий.

Университет сотрудничает с Германией, Канадой, Китаем, Норвегией, Россией, США, Южной Африкой и Японией.

Ежегодно молодые ученые из Университета Аалто проводят исследования в Антарктике. Экспедиции в Антарктику стали возможными благодаря сотрудничеству со Стелленбошским Университетом (Южная Африка), которое ведётся с 2012 года.

### ШВЕЦИЯ

#### Swedish Polar Research Secretariat (SPRS)

Шведский секретариат полярных исследований [<https://www.polar.se/>] – это государственное учреждение, основанное в 1984 г. и отвечающее за координацию и продвижение шведских полярных

исследований. Секретариат расположен в Стокгольме и подчиняется Министерству образования и науки Швеции. Шведский секретариат полярных исследований самостоятельно не проводит исследования, но оказывает поддержку исследователям – обычно в университетах путем организации экспедиций в полярные регионы (Арктика и Антарктика), эксплуатации исследовательских станций и обеспечения общей инфраструктуры. В 1987–1988 гг. Секретариат создал свою первую исследовательскую станцию в Антарктиде «Свеа». Затем была открыта исследовательская станция «Васа». С 2010 г. учреждение также отвечает за научно-исследовательскую станцию «Абиско» в субарктической зоне Швеции. С использованием НИС «Оден» организуются полярные экспедиции в Северный Ледовитый океан. Шведский секретариат полярных исследований представляет Швецию в международных переговорах и сотрудничестве по решению вопросов касательно Арктики и Антарктики. Активно занимается охраной окружающей среды обоих полярных регионов. Кроме того, Секретариат предоставляет разрешения шведским гражданам на проведение научных исследований в Антарктике в соответствии с Законом Швеции об Антарктике (2006:924).

Секретариат занимается планированием и поддержкой экспедиций в полярных, приполярных регионах, горных районах Швеции и управляет исследовательской инфраструктурой. Он организует условия для проведения исследовательских работ, способствует развитию высококачественной научной деятельности. Такие области исследования, как Арктика и Антарктика, требуют согласованной работы международных групп, которую курирует Секретариат.

Важнейшими направлениями работы Секретариата являются разработка экологической политики, поддержка устойчивого развития путём оценки экологических факторов в повседневной деятельности и минимизация их воздействия на окружающую среду. Секретариат выпускает экологический справочник под названием *Nordic Environmental Handbook* по управлению окружающей средой в Антарктике.

Шведский секретариат полярных исследований предоставляет возможность студентам (магистрантам, аспирантам), также молодым учёным и исследователям, получившим докторскую степень не более пяти лет назад, присоединиться к запланированным экспедициям для проведения научной работы, получить необходимые данные по обоим полярным регионам. На научно-исследовательской станции «Абиско» проводятся семинары для всех посетителей, а также органи-

зуются стажировки для студентов в период полевых работ. Учителя старших классов среднеобразовательных школ также имеют уникальный шанс принять участие в экспедициях.

В рамках организации, реализации и контроля полярных экспедиций Секретариат активно взаимодействует с такими странами, как Великобритания, Германия, Гренландия, Исландия, Канада, Норвегия, Россия, США, Фарерские острова, Финляндия, Шотландия и др.

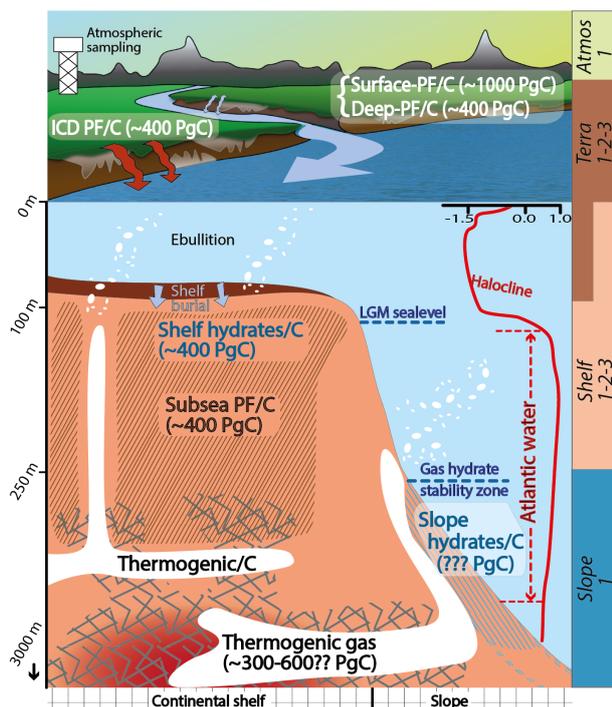
Шведский секретариат полярных исследований осуществляет координацию научно-исследовательских экспедиций в Арктику и Антарктику. На 2022 г. запланирована палеоокеанографическая экспедиция ArcOP. Целью этого научного проекта является восстановление полной стратиграфии осадочных пород центральной части Северного Ледовитого океана для более полного понимания процессов, обуславливающих глобальное изменение климата. В течение августа–сентября 2021 г. была проведена экспедиция *Synoptic Arctic Survey (SAS)* в Северном Ледовитом океане при участии НИС «Оден» (рис. 12).



**Рис. 12:** Научно-исследовательское судно «Оден» [<https://www.polar.se/en/news/2021/>].

Экспедиция SAS была направлена на изучение экосистем океана и процессов его закисления. Российско-шведская экспедиция ISSS (*The International Siberian Shelf Study*), в которой приняли участие 12 ученых из Стокгольмского университета, была завершена в 2020 г. Основной целью являлось изучение выбросов парниковых газов в результате таяния льда в вечномёрзлых породах (рис. 13).

Аргентинско-шведская экспедиция CHAQ (*Creating Cultural Heritage in Antarctica*), основным фокусом которой было изучение исторических останков первой шведской антарктической экспедиции 1901–1903 гг., была реализована в период с 2019 по 2020 гг. (рис. 14). Исследования велись в западной части Антарктики.



**Рис. 13:** Ключевые компоненты и процессы, которые занимают центральное место в исследованиях экспедиции ISSS [<https://www.aces.su.se/research/projects/the-iss-2020-arctic-ocean-expedition/>].

В период с 2019 по 2020 гг. при поддержке Шведского Секретариата Полярных Исследований также были успешно проведены экспедиции DML и MOSAiC в Антарктику и Арктику соответственно. Экспедиция Ryder была организована в 2019 г. с целью оценки закономерностей и выявления причин исторических изменений ледника Райдер на северо-западе Гренландии.

### Arctic Research Centre at Umee University (ARCUM)

Центр Арктических Исследований Университета Умео находится в г. Умео [<https://www.umu.se/>], был основан в 2012 г. Деятельность Центра состоит в том, чтобы развивать, координировать исследования и образовательные программы, а также налаживать сотрудничество в рамках стратегического планирования и управления научными проектами, публикациями и семинарами, актуальными для Северного региона.

Центр проводит мониторинг научной деятельности в полярных регионах, разрабатывает и продвигает научные и образовательные междисциплинарные проекты в области изучения Арктики, организует семинары и конференции по исследованию Севера, поддерживает связи с международ-



**Рис. 14:** Аргентинско-шведская экспедиция CHAQ [<https://www.kth.se/philhist/historia/forskning/geograph/on-creating-cultural-heritage-in-antarctica-1.760501>].

ными партнёрами. Популяризация науки и предоставление информации о результатах научной деятельности – ещё одна из целей работы Центра. Он обеспечивает реализацию проектов Арктического совета.

Как и многие другие институты Центр уделяет особое внимание научным проблемам, связанным с изменением климата Арктики. С фокусом на такие темы, как: анализ углеродного цикла, исследование экосистем и вечной мерзлоты в полярных регионах, изучение донных отложений, изучение биоразнообразия полярных регионов, адаптация к изменению климата и разработка политики в этой области, охрана природных ресурсов в арктической среде и решение конфликтов между лесным хозяйством и оленеводством.

Работа Центра охватывает и вопросы по антропогенному воздействию на окружающую среду. Изучаются пути распространения токсичных химикатов, контроль воздействия загрязняющих веществ на морские организмы, динамика внутренних вод, связанной с антропогенным воздействием и внутренними онтогенными процессами, воздействие добычи полезных ископаемых на общины коренных жителей Севера и др. Проводится территориальное планирование лесных ландшафтов в целях содействия более устойчивому и разнообразному управлению лесами в полярных регионах, также осуществляется контроль за природными ресурсами и окружающей средой, особенно в малонаселенных и сельских районах Арктики.

Аспиранты, постдоки, а также научные сотрудники могут стать частью команды Центра арктических исследований университета Умео, если сфера их профессиональных интересов связана с изучением Арктики. Кандидаты имеют шанс подать заявки на получение финансирования для продвижения своих научных проектов. Центр арктических исследований университета Умео, если сфера их профессиональных интересов связана с изучением Арктики. Кандидаты имеют шанс подать заявки на получение финансирования для продвижения своих научных проектов. Центр арктических исследований университета Умео, если сфера их профессиональных интересов связана с изучением Арктики.



**Рис. 15:** Научно-исследовательская станция «Абиско»  
[<https://eu-interact.org/field-sites/abisko-scientific-research-station/>].

тических исследований университета Умео помогает отслеживать возможности для международного сотрудничества, а также организует арктические мероприятия, семинары и конференции для своих участников.

Центр арктических исследований университета Умео взаимодействует с учёными как из университетов Швеции (Калмарский университет, Королевский технологический институт, Технологический университет Лулео, Шведский сельскохозяйственный университет), так и с представителями других стран (Исландия, Норвегия).

### **Climate Impacts Research Centre (CIRC)**

Исследовательский центр по изучению последствий изменения климата [<https://www.arcticcirc.net/>] – это исследовательский институт, расположенный на базе Департамента экологии и экологических наук (EMG) университета Умео, но в основном действующий на научно-исследовательской станции «Абиско», находящейся в ведении Шведского секретариата полярных исследований. Основан в 1996 г (рис. 15).

Центр проводит исследования, направленные на расширение знаний об арктических и альпийских климатических экосистемах в целях более глубокого понимания последствий, связанных с изменением климата, для субарктической и арктической сред как в наземных, так и в водных экосистемах. В учреждении организована программа развития карьеры, инициированная Фондом Кнута и Алисы Валленберг, которая обеспечивает долгосрочное финансирование проектов наиболее перспективных молодых исследователей.

Здесь нацелено исследовать влияние изменения климата на водные и наземные экосистемы Севера, взаимосвязи между биогенными элемента-

ми и грунтом, пищевые цепи, биоразнообразие и функционирование водных экосистем Арктики, а также оценивают их реакции на такие процессы, как окисление, заболоченность, атмосферное осаждение азота и др. В Центре анализируются последствия таяния вечной мерзлоты в арктической и высокогорной средах в связи с выбросом парниковых газов в атмосферу и переноса углерода в прибрежные районы и определяют воздействие антропогенной деятельности на окружающую среду в полярных регионах.

С 2002 г. одной из функций Исследовательского центра по изучению последствий изменения климата является развитие образования. Сюда входит организация курсов по экологии, геоэкологии Арктики и горной местности. Центр предлагает стажировки и стипендии кандидатам для проведения научно-исследовательской работы на станции «Абиско», расположенной в 200 км к северу от Северного полярного круга. Студенты бакалавриата, магистерских программ, аспиранты и постдоки имеют возможность присоединиться к команде Центра, который входит в Университет Арктики.

Центр сотрудничает с Университетом Стокгольма, Центром арктических исследований университета Умео, Шведским сельскохозяйственным университетом, а также кандидатами из Австралии, Великобритании, Германии, Дании, Канады, России, США, Финляндии, Франции и Швейцарии.

### **Department of Meteorology, Stockholm University (MISU)**

Департамент метеорологии стокгольмского университета был основан в 1947 г. в его основные функции входят выполнение научных исследований и развитие международных образовательных курсов и программ по четырем



**Рис. 16:** Метеорологическая станция Департамента метеорологии Стокгольмского университета

[<https://www.misu.su.se/research/weather-station/>].

основным направлениям: физика атмосферы, динамическая и химическая метеорология, физическая океанография. У Департамента Метеорологии Стокгольмского Университета имеется своя метеорологическая станция (рис. 16).

Департамент проводит научные исследования климата, развивает образовательные программы, содействует научному взаимодействию между учёными из Швеции и других стран. Спутник MATS, созданный при Департаменте, предназначен для составления первой глобальной карты свойств атмосферных волн во всех пространственных измерениях. Департамент проводит глубокое изучение атмосферы, например, изучение свойств важных газовых примесей, аэрозолей и оценку их распределения в средних слоях атмосферы (10–100 км), определение основных динамических связей между различными частями атмосферы.

Кроме того, исследуется динамика атмосферы и климата от синоптического до мирового масштабов в прошлом, настоящем и будущем, изучаются взаимосвязи между климатом, криосферой (морскими льдами и вечной мерзлотой) и выбросом уг-



**Рис. 17:** Арктическая экспедиция ACAS (Arctic Climate Across Scales)

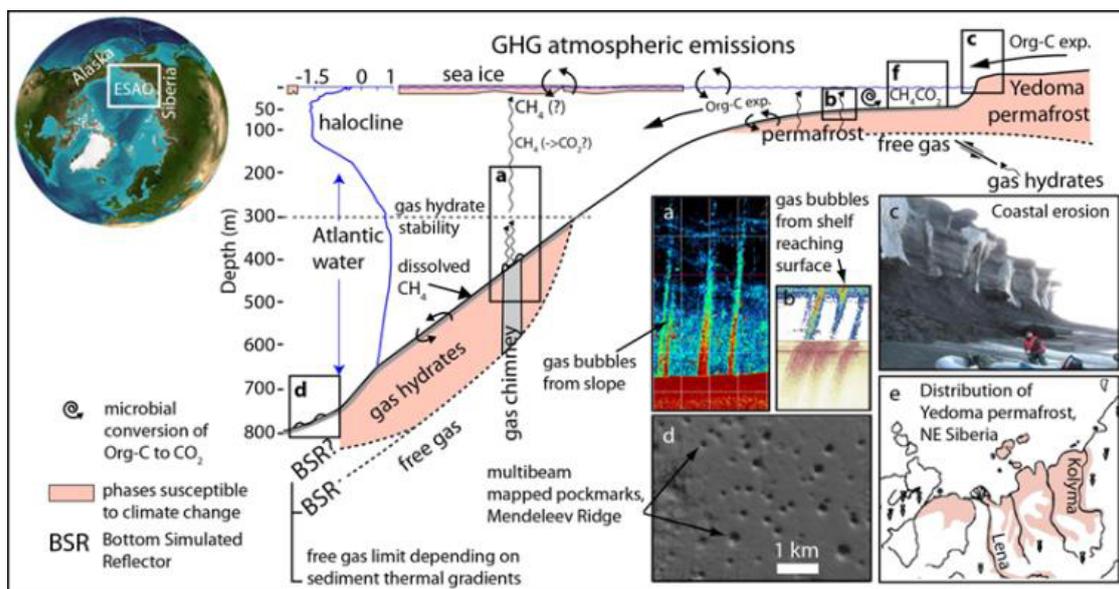
[<https://polarforskningsportalen.se/en/arctic/expeditions/arctic-ocean-2018/cruise-reports/>].

лерода и парниковых газов в атмосферу, анализируется химический и биологический состав воздуха, облачной воды, осадков и поверхностных вод океана. Как физика процессов в атмосфере формирует и преобразует арктический климат? в ответе на этот вопрос помогает численное моделирование. Кроме того, Департамент проводит исследования поверхностной и глубоководной циркуляции в Северном Ледовитом океане и в северных морях.

Бакалавры, магистранты, аспиранты со всего мира имеют возможность обучаться на программах по метеорологии, океанографии и изучению климата. Кроме того, поддерживается программа по обмену студентами.

Деятельность Департамента метеорологии стокгольмского университета подразумевает участие в таких международных проектах, как: Всемирная программа исследования климата (ВПИК), Всемирная программа метеорологических исследований (ВПМИ), Международная программа изучения геосферы – биосферы (МПИБ) в рамках изучения арктического климата. Кроме того, Департамент сотрудничает с Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды, Метеорологическим институтом королевства нидерландов.

Научные сотрудники Департамента принимают участие в арктических экспедициях. Последние проекты, в которые они были вовлечены: ACAS 2018 (Arctic Climate Across Scales) – анализ процессов, вызывающих быстрое изменение климата в Арктике (рис. 17); МОССНА 2018 (Microbiology Ocean Cloud Coupling in the High Arctic) – изучение таяния морского льда и антропогенного изменения климата в полярных регио-



**Рис. 18:** Схема ключевых компонентов арктической системы, которые изучались в рамках экспедиции SWERUS-C<sub>3</sub> [<https://polarforskningsportalen.se/en/arctic/expeditions/swerus-c3/>].

нах; SWERUS-C<sub>3</sub> 2014 (Swedish–Russian–US Arctic Ocean Investigation of Climate Cryosphere Carbon Interactions) – исследование Восточно-Сибирского моря Северного Ледовитого океана, где наблюдаются самые высокие темпы потепления климата (рис. 18).

### МЕЖДУНАРОДНЫЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОЕКТЫ СТРАН АРКТИЧЕСКОГО СОВЕТА

#### The University of the Arctic (UArctic)

Университет Арктики [<https://www.uarctic.org>] – это международный проект, объединяющий в единую сеть более 170 университетов (прил. А), колледжей, научно-исследовательских институтов и других организаций, работающих в сферах высшего образования и исследовательской деятельности в Арктическом регионе. Создан в 2001 году решением Арктического совета. Целью Университета является обучение и обмен исследованиями, студентами и преподавателями, а также получение более подробной информации о последствиях изменения климата в северных регионах. Участники Университета Арктики совместно разработали тренинг по арктической медицине, и в будущем учебные курсы будут включать, например, специализированные курсы по арктическому туризму и праву. Международный секретариат Университета Арктики с момента основания находится в Лапландском университете в г. Рованими, Финляндия. Университет Лапландии отве-

чает за административное управление и координацию. Университет Арктики был официально зарегистрирован как некоммерческая ассоциация в соответствии с законодательством Финляндии в ноябре 2019 года.

Основными целями Университета Арктики являются расширение и продвижение уникальных международных образовательных программ, научных конференций, проектов, курсов и тренингов посредством масштабного академического сотрудничества; обмен учеными, студентами и преподавателями с целью комплексного изучения арктических регионов; расширение сотрудничества; обеспечение стабильного финансирования и привлечение дополнительных ресурсов для эффективного укрепления потенциала и развития Арктики.

Деятельность Университета Арктики ведётся по следующим направлениям:

- Бизнес, политика и право

Важно понимать возможности экономического роста, на которые влияют различные изменения в Арктике, и проблемы, с которыми сталкивается общество в полярных регионах, заниматься поиском решений посредством сотрудничества, образования и научных исследований. Изучаются правовые аспекты освоения Арктики: закон о внешнем континентальном шельфе в Северном Ледовитом океане, определение прав коренных народов Арктики, закон о биоразнообразии, регулирование нефтегазовой отрасли. Разрабатываются подходы к определению прав и ответственности

в отношении совместного управления природными ресурсами и мониторинга сообществ в Арктике.

Отдельной задачей Университета Арктики является обмен знаниями, координация между экспертами, деятельность которых сопряжена с решением вопросов загрязнения пластиком в Арктике, комплексный интегрированный мониторинг, междисциплинарный подход и определение приоритетности в действиях по борьбе с распространением пластика в арктических регионах. Для целей анализа источников и путей распространения пляжного мусора в Арктике запущена онлайн-платформа Deep Dive.

#### – Техника и технологии

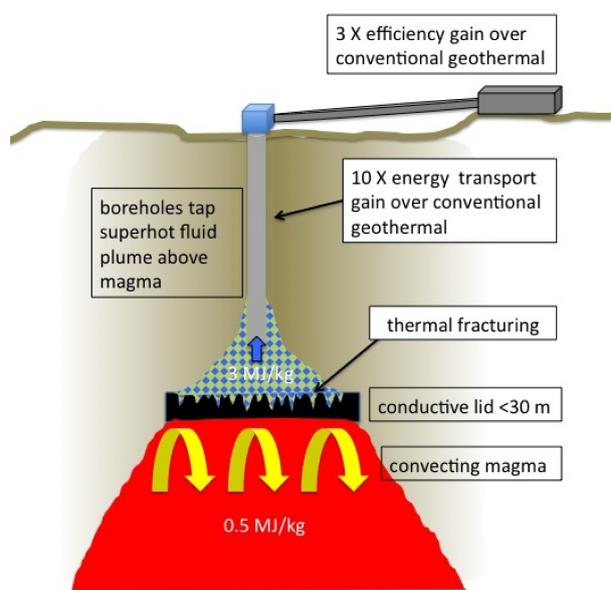
В рамках деятельности Университета Арктики разрабатываются технологии, направленные на улучшение качества жизни и экономическое развитие арктических сообществ без вреда для окружающей среды. Внедрение возобновляемых источников энергии в арктических регионах относится к самым актуальным темам. Университет Арктики в связи с этим проводит определение необходимых и достаточных условий для обеспечения этого процесса.

#### – Естественные науки

В рамках этого направления работ осуществляются актуализация проблем арктических исследований вечной мерзлоты, полярного льда, климата; изучение опасных природных явлений; анализ арктической окружающей среды и природных ресурсов. Университет занимается оценкой изменений климата в Арктике, изучением процессов адаптации к экстремальным погодным условиям, управлением чрезвычайными ситуациями.

Университет Арктики участвовал в запуске испытательной модели Краффа Магма в Исландии. Это первый в мире наблюдательный пункт по преобразованию геотермальной энергии, не связанной с CO<sub>2</sub> (рис. 19), а также по мониторингу вулканов – определение местоположения активных магматических тел, интерпретация сигналов, прямые измерения условий в магматических очагах с целью значительного улучшения прогнозов извержений.

Университет Арктики также принимает участие в изучении и разработке полезных ископаемых и углеводородных ресурсов в Арктике, также оценке их влияния на окружающую среду. Была создана база данных Svalbox, обеспечивающая легкий доступ к виртуальным моделям геологических обнажений и дополнительным материалам по арктическим регионам.



**Рис. 19:** Исследование выработки энергии из магмы [Eichelberger и др., 2018].

В рамках деятельности Университета Арктики организовано большое количество образовательных программ (для бакалавров, магистров, аспирантов), предлагаемых учебными заведениями восьми арктических стран. Программа Circumpolar Studies – интересная возможность для студентов из учебных заведений-членов Университета Арктики узнать больше о Севере. Университет Арктики поддерживает обмен учеными, кандидатами наук, студентами из разных стран. Организуются летние и зимние школы для студентов и преподавателей со всего мира с целью обмена знаниями и опытом, наращивания сотрудничества. Ряд краткосрочных курсов по определенной тематике предполагает выезд студентов и молодых ученых в «поле» в самые необычные районы Арктики и Крайнего Севера. Университет Арктики является крупнейшей в мире образовательной и исследовательской сетью.

#### Экспедиция MOSAiC

Крупнейшая в истории международная экспедиция в Арктику MOSAiC (Multidisciplinary drifting Observatory for the Study of Arctic Climate) началась 20 сентября 2019 года после пяти лет подготовительных работ. Немецкое НЭС «Полярштерн» (рис. 20) вышло из Тромсё (Норвегия) и направилось в Центральную Арктику, где было вморожено в лёд. Ещё 125 лет назад (1893–1896 гг.) норвежский полярный исследователь Фритьоф Нансен заставил своё экспедиционное судно «Фрам» вмёрзнуть в арктический паковый лёд [Саннес, 1991]. Он по-



**Рис. 20:** Научно-экспедиционное судно «Полярштерн» [<https://portnews.ru/news/283993>].

пытался таким образом достичь Северного полюса посредством трансполярного дрейфа льда. Вдохновлённая этой экспедицией, MOSAiC была запланирована как дрейфующий эксперимент [<https://mosaic-expedition.org/>].

НЭС «Полярштерн» стало центральной обсерваторией для атмосферных, ледовых, снежных, океанографических, экологических и биогеохимических измерений и экспериментов. Более года ледокол дрейфовал по Трансарктическому течению, пока льдина не достигла кромки льда к востоку от Гренландии и не начала разрушаться под воздействием волн, как и ожидалось. После этого экспедиция вернулась в точку Северного полюса, откуда начала поиск новой льдины для продолжения исследований и обнаружив подходящее поле продолжила исследования пришвартовавшись к льдине, чтобы завершить исследования в годовом цикле. Судно в окружении льдов проделало трансполярный дрейф по маршруту длиной в 2500 км (рис. 21).

Организатором экспедиции выступили Институт Альфреда Вегенера и Центр полярных и морских исследований им. Гельмгольца (AWI, Германия). Важную роль в экспедиции выполняли научно-исследовательские суда Арктического и антарктического научно-исследовательского института (АНИИ) Росгидромета. НЭС «Академик Фёдоров» сопровождало НЭС «Полярштерн» с момента выхода из порта Тромсё и до вмораживания в дрейфующие льды Арктического бассейна, выполнив обширный комплекс работ по развёртыванию распределённой комплексной системы наблюдений с использованием самой современной измерительной аппаратуры: на льду было установлено более 100 приборных комплексов. С судна также была выполнена ледовая разведка с вертолётов для постановки системы наблюдений и принятия решений о реализации эксперимента.

Суда ФГБУ «АНИИ» выполняли рейсы по снабжению экспедиции на НЭС «Полярштерн» и ротации экспедиционного и судового состава: НЭС «Академик Фёдоров» – на первом этапе, НЭС «Академик Трёшников» – в пятом, заключительном этапе. В экспедиции участвовал и российский ледокол «Капитан Драницын» ФГУП «Росморпорт», который совершил два рейса в тяжёлых условиях высокоширотной зимней Арктики. В течение 389 дней на борту ледокола и в лагере на льдине учёные из 37 стран исследовали последствия изменений климата в Арктике и современные условия ледообразования. В пяти этапах экспедиции приняли участие 442 исследователя, члены экипажа НЭС «Полярштерн», молодые исследователи, преподаватели и представители прессы. Были задействованы семь морских судов, несколько самолётов. В экспедиции приняло участие более 80 организаций из 20 стран: Австрии, Бельгии, Великобритании, Германии, Дании, Испании, Италии, Канады, Китая, Кореи, Нидерландов, Норвегии, Польши, России, США, Финляндии, Франции, Швейцарии, Швеции и Японии.

12 октября 2020 года немецкое НЭС «Полярштерн» прибыл в порт Бременхафена (Германия), выполнив все работы по программе уникальной годовой экспедиции. Проект прошёл под эгидой Международного комитета арктических исследований (IASC). Полученные уникальные данные станут основой для целого поколения новых климатических моделей и помогут улучшить прогнозы погоды высокого разрешения в Арктике, потребность в которых в настоящее время велика. Они будут необходимы для планирования экономического развития полярного региона, а также для оценки воздействия этого развития на климат и экосистему. Климатические проекции важны также для разработки нормативно-регулирующих актов в отношении возрастающей экономической активности в Арктике и оптимизации стратегий адаптации и уменьшения воздействия на климат в свете его изменения. Благодаря тесному международному сотрудничеству MOSAiC обещает стать серьёзной вехой не только в области полярных исследований, но и в международных взаимоотношениях.

### **The International Meteorological Institute in Stockholm (IMI)**

Международный метеорологический институт был создан в 1955 г. в рамках Департамента метеорологии Стокгольмского университета под руководством Карла Густава Росби, шведско-американского метеоролога, впервые объяснившего крупномасштабные движения атмосферных

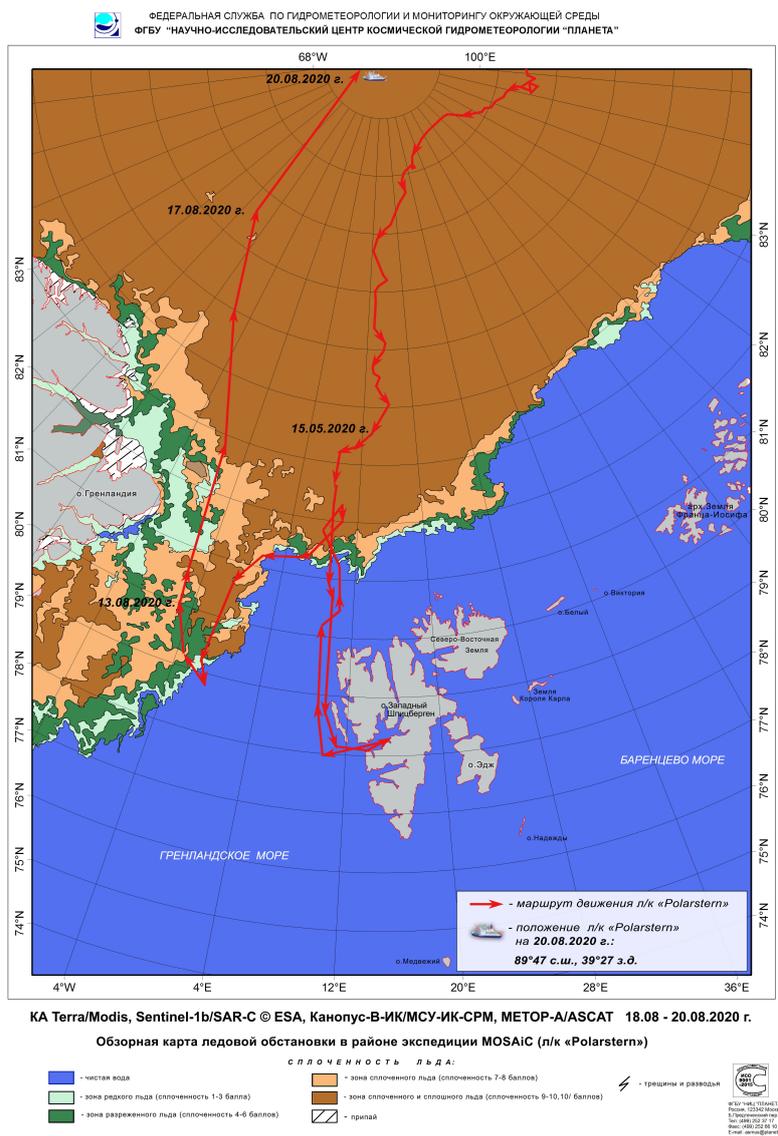


Рис. 21: Маршрут движения судна «Поларштерн» [<https://www.meteor.ru/press/news/22061/>].

масс с точки зрения механики жидкости. Главная цель Института – это содействие международному сотрудничеству в области атмосферных, океанических и климатических наук. Международный метеорологический институт является независимым учреждением, оказывает поддержку в проведении научных визитов как в Стокгольмский университет, так и в другие высшие учебные заведения Швеции. Институт предоставляет рабочее пространство и доступ к научной инфраструктуре. Кроме того, Институт организует семинары и конференции в Стокгольмском университете, а также курирует международный научный журнал Tellus, который разделен на два раздела: Tellus A посвящён динамической метеорологии и физической океанографии, Tellus B – химической и физической метеорологии [<https://www.su.se/department-of-meteorology/>].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье было проанализировано 14 научно-исследовательских института Норвегии, Финляндии и Швеции, деятельность которых направлена на изучение и развитие Арктики. Обзор позволил выделить основные научные области, представляющие наибольший интерес:

- климат Арктики и анализ его изменения;
- охрана окружающей среды;
- биоразнообразии Арктического региона;
- оценка антропогенного воздействия на окружающую среду Арктики;
- образ, культура и условия жизни коренных народов;
- рациональное использование природных ресурсов Арктики;

- геополитика и национальная безопасность;
- развитие экономики и инфраструктуры Арктической зоны.

Одиннадцать учреждений скандинавских стран сотрудничают с Россией в рамках продвижения совместных образовательных и научных программ. Ключевыми факторами, способными повлиять на прогресс развития отношений с научными организациями Норвегии, Финляндии и Швеции, являются поддержание и расширение международных связей, эффективная реализация общих целей и проектов, а также гибкий формат взаимодействия между странами Арктического пула.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФЗ РАН.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Караганов С. А., Лихачева А. Б., Степанов И. А. *и др.* Арктическая политика России: международные аспекты: докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества. — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. — с. 56.
- Саннес Т. Б. Фрам. Приключения полярных экспедиций. — Л.: Судостроение, 1991. — с. 272.
- Eichelberger J. C., Ingolfsson H., Carrigan C. R., *et al.* Krafla magma testbed: Understanding and using the magma-hydrothermal connection // GRC Transactions. — 2018.
- Goosse H., Kay J. E., Armour K. C., *et al.* Quantifying climate feedbacks in polar regions // Nature Communications. — 2018. — Vol. 9, no. 1. — P. 1919. — DOI: [10.1038/s41467-018-04173-0](https://doi.org/10.1038/s41467-018-04173-0).
- Harri A.-M., Pichkadze K., Zeleny L., *et al.* The Met-Net vehicle: a lander to deploy environmental stations for local and global investigations of Mars // Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems. — 2017. — Vol. 6, no. 1. — P. 103–124. — DOI: [10.5194/gi-6-103-2017](https://doi.org/10.5194/gi-6-103-2017).
- Johnson C. W. Ice Ship: The Epic Voyages of the Polar Adventurer Fram. — University Press of New England, 2014. — (UPCC book collections on Project MUSE.: History).
- Martin M. J., Balmaseda M., Bertino L., *et al.* Status and future of data assimilation in operational oceanography // Journal of Operational Oceanography. — 2015. — Vol. 8, sup1. — s28–s48. — DOI: [10.1080/1755876X.2015.1022055](https://doi.org/10.1080/1755876X.2015.1022055). — eprint: <https://doi.org/10.1080/1755876X.2015.1022055>.
- Meinander O., Asmi E., Neitola K. *и др.* Finnish-Argentinian Measurements on Snow UV Albedo in Marambio. In: FINNARP. Science and Support in Antarctica. Finnish Antarctic Research Program (FINNARP). — 2014. — янв.
- Rampal P., Bouillon S., Ólason E., *et al.* neXtSIM: a new Lagrangian sea ice model // The Cryosphere. — 2016. — Vol. 10, no. 3. — P. 1055–1073. — DOI: [10.5194/tc-10-1055-2016](https://doi.org/10.5194/tc-10-1055-2016).

## Приложение А

### Список организаций-членов Университета Арктики

Страна	Учебное заведение
<b>Гренландия</b>	Гренландский институт природных ресурсов
	Университет Гренландии
	Университет социального образования
<b>Дания</b>	Департамент социологии, окружающей среды и экономики предприятий – Университет Южной Дании
	Департамент управления, общества и коммуникаций – Копенгагенская школа бизнеса
	Орхусский университет
	Северный фонд окружающей среды и развития
	Технический университет Дании
	Университет Копенгагена
	Университет Ольборга
	Университет Роскилле
Университетский колледж Копенгагена	
<b>Исландия</b>	Арктический институт им. Стефансона
	Арктический портал
	Исландский университет искусств
	Рейкьявикский университет
	Сельскохозяйственный университет Исландии
	Университет Акурейри
	Университет Бифрост
	Университет Исландии
Университет Холара	
Университетский центр Вестфьордов	
<b>Канада</b>	Альбертский университет
	Арктический институт Северной Америки
	Арктический колледж Нунавута
	Арктический совет Атабасков
	Ассоциация канадских университетов северных исследований
	Дечинта: Центр исследований и обучения университета Буша
	Институт Wilp Wilxo'oskwahl Nisga'a (Дом мудрости народа Нисгаа)
	Колледж Аврора
	Колледж Кост Маунтин
	Колледж Нортленд
	Коллоквиум «Полярные библиотеки»
	Королевский военный колледж Канады
	Корпорация «Макивик»
	Международный совет Гвичинов
	Мемориальный университет Ньюфаундленда
	Научный Центр TELUS в Эдмонтоне
	Университет Алгомы
	Университет Квебека в Монреале
	Университет Квебека в Римуски
	Университет Кейп-Бретона
Университет Лавала	
Университет Лейкхед	
Университет Ниписсинга	
Университет о. Ванкувер	
Университет Ройал-Роудс	

Страна	Учебное заведение		
<b>Канада</b>	Университет Саймона Фрейзера Университет Саскачевана Университет Северной Британской Колумбии Университет Сейнт Мэри Университет Трента Университетский колледж Севера Центр исследований здоровья Qaujigiartiit Центр северных исследований Юконский университет		
	<b>Норвегия</b>	ГРИД-Арендал Кингз Бэй АС Международный институт саамского кино Международный центр оленеводства Норвежская научная академия полярных исследований Норвежский университет естественных наук Саамская средняя школа оленеводства Саамский университет прикладных наук Свальбардский международный университет Университет Агдера Университет Бергена Университет Норд Университет Осло Университет Тромсё – Арктический университет Норвегии Факультет науки и технологий университета Ставангера	
		<b>Россия</b>	Арктический государственный агротехнологический университет Арктический государственный институт искусств и культуры Арктический колледж народов севера Арктический научный центр ямало-ненецкого автономного округа Ассоциация коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Балтийский государственный технический университет Баргузинский государственный природный биосферный заповедник имени К.А. Забелина и Забайкальский национальный парк Бурятский государственный университет Восточно-Сибирский Институт экономики и управления Высшая школа инновационного менеджмента (Якутия) Герценский государственный педагогический университет России Дальневосточный государственный университет транспорта Дальневосточный федеральный университет Европейский университет в Санкт-Петербурге Институт гуманитарных и коренных народов Северо-Сибирского Отделения РАН Камчатский государственный технический университет Карельский научный центр Российской академии наук Колледж Таймыра Мурманский арктический государственный университет Мурманский государственный технический университет Научно-исследовательский институт национальных школ Республики Саха (Якутия) Национальный исследовательский Томский государственный университет Ненецкий аграрный экономический технический университет Нижневартовский государственный университет Норильский государственный промышленный институт

Страна	Учебное заведение	
<b>Россия</b>	Петрозаводский государственный университет Псковский государственный университет Коми республиканская академия государственной службы и управления Российский государственный гидрометеорологический университет Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения Санкт-петербургский государственный университет Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова Северный государственный медицинский университет Северный национальный колледж Северо-Восточный федеральный университет Сибирский федеральный университет Социальный гуманитарный колледж Нарьян-Мар Сургутский государственный педагогический университет Сургутский государственный университет Сыктывкарский государственный университет Сыктывкарский лесной институт Томский политехнический университет Тюменский государственный университет Тюменский индустриальный университет Уральский федеральный университет Ухтинский государственный технический университет Федеральный исследовательский центр – Кольский научный центр ран Центр поддержки коренных народов Севера – Российский учебный центр коренных народов Чурапчинский государственный институт физического воспитания и спор- та Югорский государственный университет Ямальский многопрофильный колледж Ямальский полярный агротехнический техникум	
	<b>США</b>	Антиохийский университет Новой Англии Ассоциация Канадских исследований в США Вашингтонский университет Государственный юго-западный колледж Флориды Дартмутский колледж Институт изучения климатических изменений – Университет Мэна Институт Севера Колледж Илисарвик Консорциум арктических исследований США Международная ассоциация Алеутов Мемориальный институт Баттеля Музей Анкориджа Проект "Жёлтый тюльпан" Скандинавская группа семинаров Тихоокеанский университет Аляски Университет Аляски в Анкоридже Университет Аляски в Фэрбанксе Университет Западного Кентукки Университет Колорадо Университет Небраски-Линкольна Университет Новой Англии Университет Нью-Гэмпшир Университет Нью-Джерси-Сити Университет Северной Айовы

Страна	Учебное заведение
США	Университет Северной Дакоты
	Университет Южного Мейна
	Флетчерская школа права и дипломатии – Университет Тафтса
	Центр Вильсона – полярный институт
	Центр Исследования Жилищных Проблем в условиях холодного климата
Центр циркумполярных исследований	
Фарерские острова	Университет Фарерских Островов
Финляндия	Диакония – университет прикладных наук
	Лапландский университет прикладных наук
	Лапландский университет
	Саамский образовательный институт
	Университет Восточной Финляндии
	Университет Оулу
	Университет прикладных наук LAB
	Университет прикладных наук Каяани
	Университет прикладных наук Лауреа
	Университет прикладных наук Оулу
	Университет прикладных наук Савонии
	Университет Тампере
	Университет Турку
Финский институт профессионального здравоохранения	
Финский метеорологический институт	
Хельсинкский университет	
Швеция	Королевский технологический институт
	Лундский университет
	Саамский образовательный центр
	Стокгольмский университет
	Технологический университет Лулео
	Университет Умео
Центральный шведский университет	