



ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

# НОВОСТИ МПГ 2007/08

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПОЛЯРНЫЙ ГОД 2007/08 В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И В МИРЕ

№ 12 (февраль 2008 г.)

ISSN 1994-4128



## В НОМЕРЕ:

### ■ СОБЫТИЯ

75 лет Северному морскому пути,  
заметки с конференции

### ■ РАБОТЫ В АРКТИКЕ

Плейстоценовое оледенение  
Новосибирских островов

Аэрогеофизические методы при решении  
региональных, геологосъемочных  
и поисково-оценочных задач

Экспедиционные работы 2007 г.  
на южном берегу Баренцева моря  
и в Кандалакшском заливе Белого моря

Промышленность Заполярья –  
источник загрязнения  
для окружающей среды Арктики

Заключительные этапы эволюции  
покровного и горного оледенений  
в Хибинах

### ■ РАБОТЫ В АНТАРКТИКЕ

Автоматическая метеогеофизическая  
станция в Антарктике

### ■ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

Мониторинг  
пульсирующих ледников Памира

## 75 ЛЕТ СЕВЕРНОМУ МОРСКОМУ ПУТИ: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

### «75 ЛЕТ С НАЧАЛА ПЛАНОМЕРНОГО ИЗУЧЕНИЯ И РАЗВИТИЯ СЕВМОРПУТИ»

Трасса Северного морского пути (СМП) является национальной транспортной магистралью, простирающейся в широтном направлении вдоль северного фасада России. Трудно переоценить ее значение для России. Долго и труден был путь по освоению и созданию этой магистрали. Многие славные российские имена навеки внесены в летопись освоения этого пути, многие русские люди трудились здесь, не жалея сил, здоровья, а иногда и самой жизни.

Уже с конца XIX века развитие капитализма в России, интенсивное вовлечение Сибири в экономику страны, строительство Сибирской железнодорожной магистрали потребовали интенсификации судоходства на отдельных участках трассы СМП.

В 1893 г. для постройки Сибирской железной дороги морским путем на Енисей было перевезено большое количество стройматериалов, включая рельсы и цемент. А в 1905 г. флотилия из 22 судов доставила на Енисей подобные грузы из Германии и Англии. Проблема освоения Крайнего Севера приобретает в России промышленную и экономическую направленность. Доставка грузов арктическими морями становится необходимостью. А грамотное использование трассы Севморпути оказывает значительное влияние не только на экономику, но и на политику страны. В последующем события, связанные с освоением Крайнего Севера, развиваются ускоренными темпами и более целенаправленно.

Строительство под руководством адмирала С.О.Макарова первого русского мощного линейного ледокола «Ермак» в 1899 г., изобретение радио явились новым этапом в освоении СМП. Правительство России стало уделять больше внимания вопросам освоения Севера. Так, в 1908 г. Морское министерство составляет программу гидрографических исследований северных морей, в которой предусматривалось в течение десяти лет привести в соответствие («надлежащий вид») морские карты по всему побережью от Архангельска до мыса Дежнева. Для выполнения этой программы была организована Гидрографическая экспедиция Северного Ледовитого океана, которая на двух ледокольных судах «Таймыр» и «Вайгач» с 1910 по 1915 г. осуществила съемку побережья Северного Ледовитого океана от мыса Дежнева до горла Белого моря (Архангельска). Этой экспедицией под руководством Б.А.Вилькицкого в 1913 г. была открыта земля, расположенная к северу от мыса Челюскин. Она была названа Земля императора Николая II. Впоследствии, в советское время, когда экспедиция Г.А.Ушакова выполнила подробную съемку этой земли, окавшейся архипелагом островов, ее стали называть Северной Землей. Это было одно из выдающихся открытий XX века в Арктике.

Вскоре после революции 1917 г. в России был разработан новый, более совершенный, чем программа гидрографических исследований, правительственный план освоения Севера. Он состоял в комплексном изучении природных ресурсов, научном исследовании арктических морей при помощи ледокольных пароходов, самолетов и разветвленной сети полярных станций. Для этого в 1920–1921 гг. были созданы специальные научные учреждения – Северная научно-промысловая экспедиция (от которой ведет свою родословную ААНИИ) и Плавучий морской институт.

С 1921 г. на западе и с 1923 г. на востоке начались активные попытки осуществлять регулярные рейсы судов на Север – знаменитые Карские и Колымские экспедиции. В 1924 г. при обеспечении Карских экспедиций была впервые выполнена ледовая разведка на самолете для проводки судов через лед. С 1929 г. ледовая авиационная разведка стала проводиться ежегодно сначала в Карском море, после в Чукотском, а с 1936 г. – по всей трассе СМП.

В 1919 г. правительством Колчака был создан Комитет СМП («Комсеверопуть»). Перед комитетом ставились задачи продолжения исследовательских работ в Арктике, проведения товарообменных экспедиций, а также по переброске военных грузов. После разгрома колчаковского движения «Комсеверопуть» самоликвидировался.

20 апреля 1920 г. «Комсеверопуть» снова возобновил работу, но уже при Сибирском революционном комитете. Задачи его в первое время совпадали с поставленными ранее: организация товарообменных экспедиций для снабжения крестьян Сибири промышленными товарами, вывоз сибирского хлеба в европейскую часть России. В дальнейшем перед комитетом была поставлена задача освоения всей трассы СМП от Архангельска до мыса Дежнева. В составе комитета действовало семь отделов: транспортный, гидрографический, портостроительный, научный, товарообменный, общий и хозяйственный.

АО «Комсеверпуть» разрабатывало курейский и ногинский графиты, уголь на Нижней Тунгуске, организовало зверобойный промысел в заливе Гыдойма и рыбный в низовьях Оби и Енисея, построило рыбоконсервный завод в Усть-Енисейске, развивало сельское хозяйство для создания местной продовольственной базы. А в 1929 г. начало строить лесозэкспортный порт в Игарке.

Реализация современной высокоэффективной системы морского транспорта в Арктике невозможна без навигационно-гидрографического обеспечения мореплавания на трассах СМП.

16 марта 1931 г. АО было преобразовано во Всесоюзное объединение «Главкомсеверопуть», в его подчинение передавались территории от о. Колгу-

ева до Медвежьих о-вов. На предприятиях объединения работало более 35 тыс. человек.

В 1925 г. Северная научно-промысловая экспедиция была преобразована в Институт по изучению Севера, а с 1930 г. – во Всесоюзный арктический институт при Президиуме ВЦИК. Директором был назначен О.Ю.Шмидт, которому поручили подготовку и выполнение сквозного рейса по всей трассе СМП.

В 1932 г. ледокольный пароход «Александр Сибиряков» совершил сквозное плавание по всей трассе СМП. Капитаном судна был В.И.Воронин, начальником экспедиции – О.Ю.Шмидт. Итоги рейса были доложены правительству, в результате появилось постановление СНК СССР от 17 декабря 1932 г. № 1873, в котором говорится об образовании Главного управления СМП (ГУСМП). Начальником ГУСМП назначен О.Ю.Шмидт. 11 марта 1933 г. ГУСМП было передано Всесоюзное объединение «Главкомсеверопуть».



На трассе СМП. Фото из архива ААНИИ

В следующем году пароход «Челюскин», совершая сквозной коммерческий рейс с доставкой полярников на станции, был раздавлен льдами Чукотского моря. Из этого трагического происшествия был сделан вывод, что грузовые суда с ледовым подкреплением могут активно работать в Арктике только при обязательном соответствующем ледокольном обеспечении. А спасение челюскинцев показало, что у СССР есть авиация, способная работать в Арктике.

Одновременно с рейсом «Челюскина» ГУСМП организовал крупные научные экспедиции по изучению полярных льдов. Ленская экспедиция положила начало доставке грузов в Якутию и заложила морской порт Тикси.

По итогам всех этих действий вышло очередное постановление правительства «О мероприятиях по развитию СМП и северного хозяйства». Им предусматривалось строительство новых судов и ледоколов, морских портов и радиоцентров, воздушных линий и аэропортов. В результате его деятельность распространялась на огромную территорию суши и охватывала различные виды деятельности (от

изыскания и освоения природных ресурсов до культур и заводов).

Эта была мощная крупная организация, которая в своей структуре имела ледокольный флот и ледокольные суда, два самостоятельных морских арктических пароходства. По побережью Арктики были созданы порты на Диксоне, в Тикси и Певеке. Специальные организации Арктикснаб и Арктикстрой занимались снабжением и строительством в Арктике. Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИ) и полярные станции входили в структурные подразделения ГУСМП. ААНИИ занимался научно-оперативным обеспечением судоходства по трассе СМП, составляя долгосрочные метеорологические и ледовые прогнозы в стенах института и ежегодно направляя на трассу СМП научные группы в штабы морских операций (Диксон, Тикси и Певек). В ААНИИ проводилась большая научная и экспедиционная работа, направленная на совершенствование гидрометеорологических и ледовых прогнозов, на продление сроков навигации, и осуществлялось научно-методическое руководство полярными станциями.

И, наконец, ГУСМП имело свою полярную авиацию, которая выполняла большой объем работ, связанных с ледовой авиационной разведкой и экспедиционными работами в высоких широтах Арктики.

Максимум наступления на Арктику пришелся на 1937 г. Весной высокоширотная воздушная экспедиция «Север» – высадка первой дрейфующей станции СП-1. Летом три перелета в США через Северный полюс Чкалова, Громова и Леваневского (последний закончился катастрофой).

Из-за тяжелой ледовой обстановки план морских перевозок не был выполнен. Из 64 морских судов, участвовавших в навигации, зазимовало 25, а также ледоколы «Красин» и «Ленин», ледорез «Федор Литке». Одно судно «Рабочий» погибло. На дрейфующих судах кроме экипажей находились работники полярных станций и научные сотрудники, которых весной следующего года летчики полярной авиации вывезли на материк (около 400 человек). В результате в ГУСМП произошла смена руководства, начальником ГУСМП стал И.Д.Папанин. Многие арестовали. По неполным данным, в эти годы были репрессированы 673 работника ГУСМП.

В 1939–1940 гг. постепенно сужается круг деятельности Главсевморпути как территориально-комплексной организации.

Навигация 1939 г. прошла успешно. План перевозок был выполнен полностью. Руководил морскими операциями на западе И.Д.Папанин со штабом на ледоколе «И.Сталин», а на востоке – Л.В.Розанов со штабом на ледоколе «Л.Каганович». Впервые был совершен двойной рейс по всей трассе СМП: ледокол «И.Сталин» прошел с запада на восток и вернулся обратно. А всю трассу преодолели за навигацию десять грузовых судов. Можно считать, что в этом году закончился период экспе-



диционных рейсов и начался этап коммерческого плавания.

В 1953 г. ГУСМП перестало быть союзным ведомством, замыкающемся непосредственно на Совет Министров СССР. Сначала оно было включено в состав Министерства морского флота в качестве его структурного подразделения, но со значительно меньшими функциями и правами. А в 1964 г. оно вообще было ликвидировано, а его функции были переданы Министерству морского флота, Госкомгидромету (куда были переданы ААНИИ и полярные станции) и Министерству гражданской авиации. Конечно, эта операция (ликвидация ГУСМП) нанесла значительный вред экономике Севера, но в целом не нарушила годами созданную и проверенную жизнью научно-техническую систему СМП.

К 1987 г. объем грузоперевозок по СМП достиг своего максимального за всю историю существования трассы значения – 6,6 млн т. С этого момента началось уменьшение объема перевозок, а после 1991 г. – катастрофическое их сокращение.

Снижение регулирующей роли государства привело к возникновению значительных проблем в области обеспечения северного завоза, неконтролируемому росту транспортных тарифов, упадку всей транспортной инфраструктуры Севера и другим негативным последствиям. Особенно показательна в этом отношении судьба одной из основных транспортных магистралей Севера – СМП. Если в конце 1980-х гг. ежегодный объем перевозок по СМП достиг максимума, то в настоящее время грузооборот по трассе сократился в 6–7 раз. Вырабатывает свой ресурс атомный ледокольный флот, обслуживающий трассу. Новые атомные ледоколы строятся медленно. Не лучше положение с дизельным флотом, со строительством танкерного флота, с развитием береговой инфраструктуры, обеспечивающей деятельность трассы. За последние годы в российской Арктике в 2–3 раза сократилось число гидрометеорологических и радионавигационных станций, без функционирования которых невозможна безопасная проводка судов.

В настоящее время, когда руководство нашей страны обратило серьезное внимание на положение дел в целом по Северу, намечаются заметные сдвиги в сторону восстановления нашей национальной морской магистрали – СМП.

На совместном засеААНИИ Президиума Госсовета и Морской коллегии 2 мая 2007 г. в Мурманске были намечены конкретные пути совершенствования инфраструктуры арктической морской транс-

портной системы, и Президент России дал соответствующие поручения правительству по их реализации.

Согласно морской доктрине Российской Федерации на период до 2020 г., задачи развития СМП определены следующим образом:

- обеспечение национальных интересов Российской Федерации;
- централизованное государственное управление этой транспортной системой;
- ледокольное обслуживание;
- предоставление равноправного доступа заинтересованным перевозчикам, в том числе иностранным.

Первая Международная транспортная евроазиатская конференция, состоявшаяся в Санкт-Петербурге в 1998 г. согласилась придать СМП статус международного евроазиатского транспортного коридора. Стабильный рост добычи и экспорта российской не-

фти и газа, в том числе из северных месторождений, заставляет искать новые направления экспортных перевозок. И одним из перспективных путей является СМП. Полученные результаты исследований по международной программе «Северный морской путь», в которой участвовало более 50 научных организаций и компаний разных стран, а также программы, выполнявшиеся при участии Европейского Союза, позволяют оптимистично оценить конкурентоспособность СМП. Причем этот вывод сделан не только российскими специалистами

Пауза в развитии инфраструктуры СМП закончилась. Реконструируются и создаются перегрузочные терминалы, проектируются и строятся танкеры и сухогрузы ледового плана и ледоколы. Так, например, судоходная компания

«Совкомфлот», эксплуатирующая танкерный флот дедвейтом 3,5 млн т, размещает заказ на девять нефтевозов и два судна для транспортировки сжиженного природного газа ледовых классов, общим дедвейтом около 1 млн т. Имеет собственный флот компания «ЛУКОЙЛ», предпринимает шаги в этом направлении Газпром. Новые суда для Арктики строятся под российский флаг, чему способствует принятый закон о «Втором международном реестре судов». В настоящее время через порты западного района Арктики переваливается более 10 млн т нефти и нефтепродуктов в год. К 2015 г. ожидается рост перевалки нефти до 40–45 млн т, а к 2021 г. в зависимости от прокладки нефтепровода из Западной Сибири – до 55–65 млн т.

Мурманский морской порт определен ключевым элементом всей транспортной системы Севера России

*Одним из важнейших условий успешного осуществления морской деятельности в Арктическом регионе является наличие развитой системы гидрометеорологического обеспечения.*

*Ставится вопрос об использовании на арктических перевозках крупнотоннажных танкеров с ядерными энергетическими установками.*

в целом и Северо-Запада в частности. В соответствии с генеральным планом развития Мурманского транспортного узла грузооборот порта к 2015–2020 гг. может превысить 100 млн т. ЦНИИМФ по заданию администрации Мурманской области обосновал целесообразность создания свободной экономической зоны Мурманского порта.

Одно из важнейших условий успешного осуществления морской деятельности в Арктике – наличие развитой системы гидрометеорологического обеспечения (ГМО). В связи с экстремальным характером природных условий Арктики ГМО, наряду с ледокольным обеспечением, во многом определяет безопасность и эффективность морских операций, а в ряде случаев – саму возможность их проведения.

В Росгидромете создана, активно функционирует и постоянно совершенствуется современная система ГМО для Арктики (система «Север»). В настоящее время эта система обеспечивает надежную информационную поддержку, благодаря которой стало возможным проведение таких уникальных морских операций, как самостоятельное достижение Северного полюса научно-экспедиционным судном «Академик Федоров» (август 2005 г.) и круглогодичное безледокольное плавание по трассе Мурманск–Дудинка транспортного судна «Норильский никель» (с марта 2006 г. до настоящего времени).

Инфраструктуру системы «Север» составляют ААНИИ (основной центр системы), Дальневосточный региональный центр приема и обработки данных ИСЗ, территориальные арктические управления и центры Росгидромета.

Основными источниками исходной информации в системе «Север» являются:

- искусственные спутники Земли,
- наземная сеть береговых и островных полярных станций,
- автоматические дрейфующие буи,
- отечественные и зарубежные центры гидрометеорологической информации.

Очевидно, что реализация современной высокоэффективной и конкурентоспособной системы морского транспорта в Арктике невозможна без надлежащей организации навигационно-гидрографического обеспечения мореплавания на трассах СМП.

В течение 74 лет с момента своего образования в июне 1933 г. навигационно-гидрографическое обеспечение (НГО) мореплавания в Арктических морях России на трассах СМП осуществляет Федеральное государственное унитарное гидрографическое предприятие Федерального агентства морского и речного транспорта Минтранса России.

В состав ФГУП «Гидрографическое предприятие» входят производственные филиалы – арктические гидрографические базы: Архангельская, Диксонская, Игарская, Хатангская, Тиксинская, Колымская, Провиденская и Певекский лоцмейстерско-гидрографический отряд, а также Комплексные арктические гидрографические экспеди-

ции, Объединенный арктический радионавигационный отряд и Цифровое картографическое производство. Усилиями многих поколений работников полярной гидрографии создана и в настоящее время продолжает функционировать комплексная система НГО безопасности мореплавания, осуществляемая, хотя и с огромным напряжением, по следующим основным направлениям:

1. Изучение подводного рельефа Арктических морей в целях издания навигационных карт, руководств и пособий для плавания.

2. Оборудование трасс средствами навигационного ограждения и обеспечение их работы по регламенту.

3. Информирование мореплавателей об изменениях навигационной обстановки.

4. Осуществление лоцманских проводок на реках Енисей, Хатанга, Анабар и Колыма общей протяженностью 680 миль.

5. Осуществление мероприятий, направленных на соблюдение судами правил по предотвращению загрязнения водной среды.

ФГУП «Гидрографическое предприятие» до настоящего времени располагает крупнейшим в мире флотом гидрографических судов усиленного ледового класса.

Новые возможности в ближайшей исторической перспективе для развития судоходства в Арктике может создать наблюдающаяся тенденция сокращения ледяного покрова в Северном Ледовитом океане.

Перспективами развития судоходства в арктических морях с учетом современных реалий интересуются не только в России, для которой СМП давно и надежно служит национальной транспортной коммуникацией. Так, Американской академией торгового мореплавания предложен проект скоростной транспортной системы «контейнеры–нефть–газ» по СМП между портами восточного и западного побережья США через Северный Ледовитый океан и порты Рейкьявик, Петропавловск-Камчатский с использованием грузовых судов с ядерными энергетическими установками. С помощью дополнительных фидерных ответвлений эта транспортная система сможет обеспечить транспортировку грузов между портами Юго-Восточной Азии, Европой и американским континентом.

По данным ООН, ожидаемый транзитный грузопоток по СМП оценивается в 7–8 млн т в год.

В связи с предстоящим вводом в эксплуатацию шельфовых арктических месторождений и перевозками с Севера больших объемов углеводородов в России вновь ставится вопрос о целесообразности использования на арктических перевозках крупнотоннажных танкеров с ядерными энергетическими установками, как в челночном варианте без выхода на международные морские пути, так и в варианте прямой доставки нефти в Европу из США при наличии двухсторонних межгосударственных соглашений по приему атомных судов порта.

По оценке зарубежных экспертов, объемы потенциальных транзитных перевозок иностранных грузов по СМП могут составить 5–6 млн т в год в восточном направлении и 2–3 млн т в год – в западном. По данным ООН, ожидаемый транзитный грузопоток по СМП оценивается в 7–8 млн т в год.

В связи с этим развитие СМП как международно-Евроазиатского транспортного коридора должно осуществляться на национальном и международном уровне по следующим основным направлениям.

На национальном уровне:

- выполнение программных мероприятий по закреплению статуса СМП как самостоятельного Евроазиатского транспортного коридора, связующего государства Европейского союза и Азиатско-Тихоокеанского региона с учетом того, что российская



Ледовая проводка. Фото из архива ААНИИ

Арктика в долгосрочной перспективе является мощной минерально-сырьевой базой не только для России, но и для планеты в целом;

- развитие в целях обеспечения широкомаштабных международных транзитных перевозок по СМП материально-технической базы, в том числе строительство на рубеже 2020 г. атомного ледокола-лидера мощностью 110 МВт, обслуживающего круглогодичные транзитные перевозки грузов по СМП; поставка к этому же рубежу не менее 30 крупнотоннажных контейнерных, универсальных и навалочных судов с ледовым классом ЛУ5 и ЛУ7, предназначенных в том числе для транзита по СМП;

- обеспечение на СМП стандартов безопасности мореплавания и сохранения окружающей среды, соответствующих международному уровню;

- разработка в целях повышения конкурентоспособности СМП новой системы тарифов на оплату услуг при общем снижении уровня тарифов на перевозки транзитных и экспортно-импортных грузов.

- организация трех-четырёх экспериментальных коммерческих транзитных рейсов по СМП российских и иностранных транспортных судов ледового класса на экономически выгодных условиях;

- информация для заинтересованных зарубежных грузо- и судовладельцев о проводимых в Рос-

сии мероприятиях по развитию транспортного коридора «СМП» с целью предоставления полного перечня транспортных услуг для международного сухоходства.

На международном уровне:

- продолжение научного сотрудничества различных стран в международных исследовательских программах и проектах, касающихся создания транзитных транспортно-технологических систем для СМП с использованием перспективных судов ледового плавания. Такими проектами являются следующие:

- а) финская судостроительная корпорация «Акер Арктик Текнолоджи» (Aker Arctic Technology) совместно с Институтом Севера (Institute of Nord, США, Аляска) выполнила в 2006 г. модельные исследования по эксплуатации арктического контейнеровоза на направлении Алеутские острова–СМП–Исландия. Результаты моделирования показали возможность работы контейнеровоза на трассах СМП без ледокольной поддержки. Стоимость транспортировки контейнера оказалась в 2 раза ниже стоимости доставки контейнеров южным морским путем из Японии в Европу;

- б) Академия торгового мореплавания США предлагает транспортно-технологическую систему между портами Нью-Йорк–Рейкьявик–СМП–Петропавловск–Камчатский–Брементон (Западное побережье США) с использованием атомного контейнеровоза. Плавание судна в Арктике будет осуществляться круглогодично без ледокольной проводки. Результаты разработки докладывались в Канаде на очередном симпозиуме «IceTech-2006»;

- в) канадская фирма Брё/Отт (Вгое/Отт) заявила в 2007 г. о намерении реализовать с российскими компаниями международный проект «Арктический мост» для крупномасштабных перевозок транзитных грузов по СМП в направлении запад-восток;

- развитие международного сотрудничества в решении экономических и правовых проблем транспортного коридора «СМП» в рамках Арктического совета, а также Совета Баренцева–Евроарктического региона и его Рабочей группы по СМП, Арктической инициативы, Стратегии защиты окружающей среды, Северного измерения и Северного форума;

- продолжение проведения в России регулярных (через каждые два года) Международных Евроазиатских конференций по транспорту в целях, в частности, закрепления статуса СМП как самостоятельного Евроазиатского международного транспортного коридора и включения его в единую международную сеть транспортных коридоров.

В целом выполнение указанных мероприятий на национальном и международном уровнях будет способствовать развитию СМП как международного Евроарктического транспортного коридора.

С.Б.БАЛЯСНИКОВ, С.В.БРЕСТКИН  
(ААНИИ)

По материалам журнала «Морская биржа»,  
2008, №1 (23).



## ПЛЕЙСТОЦЕНОВОЕ ОЛЕДЕНЕНИЕ НОВОСИБИРСКИХ ОСТРОВОВ – СОМНЕНИЙ БОЛЬШЕ НЕТ

Плейстоценовые оледенения севера Сибири – их масштабы; период развития; продолжительность; то, сколько их было, да и сам факт существования – все это было и остается предметом дискуссий. В полной мере это относится и к оледенению Новосибирских о-вов. Идею их оледенения впервые высказал более 100 лет назад Э.В.Толль [11], принимавший за остатки ископаемых глетчеров повторно-жильный лед, широко распространенный в четвертичных отложениях севера Яно-Индигирской низменности и Новосибирских о-вов. Когда был выявлен механизм образования этих льдов [8, 10], стало очевидно, что они не имеют никакого отношения к покровным ледникам. С тех пор укрепилось мнение, что в этом регионе во время похолоданий чрезвычайно сильная континентализация климата препятствовала образованию ледников. Хотя еще в начале XX века К.А.Воллосович [6] на северном берегу о. Новая Сибирь описал пластовые льды, которые позже изучали участники многих тематических и съемочных экспедиций, во второй половине XX века никто не признавал их ледниковое происхождение. Едва ли не единственным, кто продолжал отстаивать идею оледенения Новосибирских о-вов, был М.Г.Гросвальд [7]. Однако его выводы базировались на дешифрировании аэрофотоснимков и анализе отчетов съемочных партий, не были подкреплены полевыми наблюдениями и поэтому не нашли широкого признания. Таким образом, проблема оледенения Новосибирского архипелага не решена до последнего времени. Полученные авторами новые данные по геологическому строению и стратиграфии четвертичных отложений островов не оставляют места для сомнений в том, что некоторое время в четвертичном периоде часть архипелага была покрыта ледником.

С 2001 по 2004 г. авторы изучали естественные обнажения четвертичных отложений о-вов Фаддеевский, Новая Сибирь и Большого Ляховского. Об-



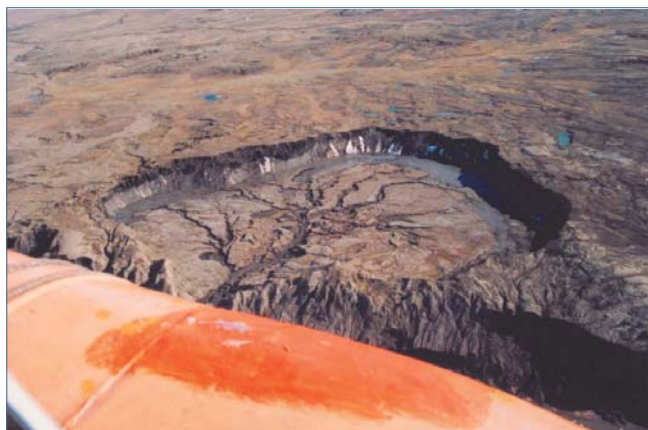
Лагерь на о. Фаддеевском близ мыса Сана-Балаган.  
Фото П.Никольского

следованы немногочисленные обнажения на о. Жохова, проведены рекогносцировочные маршруты на о. Котельном и на юге Земли Бунге. В процессе этих работ было установлено, что вся толща осадочных пород, развитых на о-вах Новая Сибирь и Фаддеевском, подразделяется на две части:

- 1) внизу интенсивно дислоцированные отложения, включающие в себя мощные пластовые льды;
- 2) залегающие выше несогласно ненарушенные толщи.

На основании тектурных и структурных особенностей было выдвинуто предположение, что дислокации имеют гляциотектоническую природу, а пластовые льды являются реликтами придонной части глетчерных льдов покровного оледенения [1, 4]. Проведенные геохимические и изотопные исследования пластовых льдов в полной мере подтвердили это предположение. Реконструкции направлений напряжений, приведших к деформациям отложений и самих пластовых льдов на о-вах Новая Сибирь и Фаддеевском, показывают, что центром оледенения могли быть о-ва Де Лонга [2, 3], на которых и сейчас существуют небольшие ледники [5].

Ледником были дислоцированы плейстоценовые отложения, а также подстилающие их меловые и палеогеновые толщи. Нарушения с образованием линейных вытянутых складок с углами падения крыльев до 45–50° наблюдаются, например, в разрезах мыса Каменный (о. Новая Сибирь). Чешуйчатая гляциотектоническая структура четвертичных отложений вскрывается в разрезах мыса Сана-Балаган (о. Фаддеевский), меловых – в разрезах мыса Утес Деревянных Гор (о. Новая Сибирь). В результате экзарационной деятельности ледника комплекс дислоцированных отложений срезан на уровне 40 м на севере о. Новая Сибирь и на уровне 30 м на о. Фаддеевский. Выровненная поверхность на этих островах усеяна грубообломочным материалом абляционной морены, в составе которого встречаются валуны с ледниковой штриховкой. Некоторые из валунов достигают 1,5 м в диаметре.



Огромный термоцирк (400 м в диаметре), в котором под позднеплейстоценовыми морскими отложениями вскрываются пластовые льды – реликты плейстоценового оледенения. Бухта Мира, о. Новая Сибирь. Фото М.Анисимова



Чешуйчатое строение ледовых пластов на о. Фаддеевском.  
Мыс Сана-Балаган. Фото П.Никольского

Напротив, четвертичные отложения на о. Большой Ляховский не имеют следов ледниковой деятельности. По-видимому, ледник не достиг этого острова. Здесь континентальные четвертичные отложения с сингенетическими повторно-жильными льдами в течение квартала нарушались исключительно термокарстовыми процессами, которые усиливались во время относительных потеплений климата. Стратиграфическая последовательность этих толщ повторяется на противоположном берегу пролива Дм. Лаптева, в береговых обнажениях Ойогос-Яра, и обнаруживает много общих черт с четвертичными отложениями Яно-Индиго-Ирской низменности [9]. Таким образом, судя по особенностям строения четвертичного покрова, территория Яно-Индиго-Ирской низменности, Ляховские о-ва и о. Котельный не подвергалась покровному оледенению.

Возраст древнего оледенения – важного для севера Восточной Сибири геологического события – установлен путем изучения вмещающих ледовых пластов отложений с использованием комплекса биостратиграфических методов и радиологического датирования. Ледовые пласты перекрыты морскими мелководными отложениями, переходящими вверх по разрезу в континентальные толщи, из которых собрано множество костей млекопитающих позднечетвертичного



Валун со следами ледниковой штриховки. Абляционная морена на выровненной ледником поверхности на о. Фаддеевском.  
Мыс Сана-Балаган. Фото П.Никольского



Ледовые пласты мощностью более 20 м. Бухта Мира, о. Новая Сибирь.  
Фото М.Анисимова

нового мамонтового комплекса. По костям получена большая серия радиоуглеродных дат, наиболее древняя из которых  $48,6 \pm 1,5$  тыс. лет (GIN-11818).

Другой очень важный подход в определении возраста древнего ледника – датирование уран-ториевым методом раковин моллюсков из подстилающих и перекрывающих ледовых пластов отложений. На о. Новая Сибирь получены следующие уран-ториевые даты (в тысячах лет):

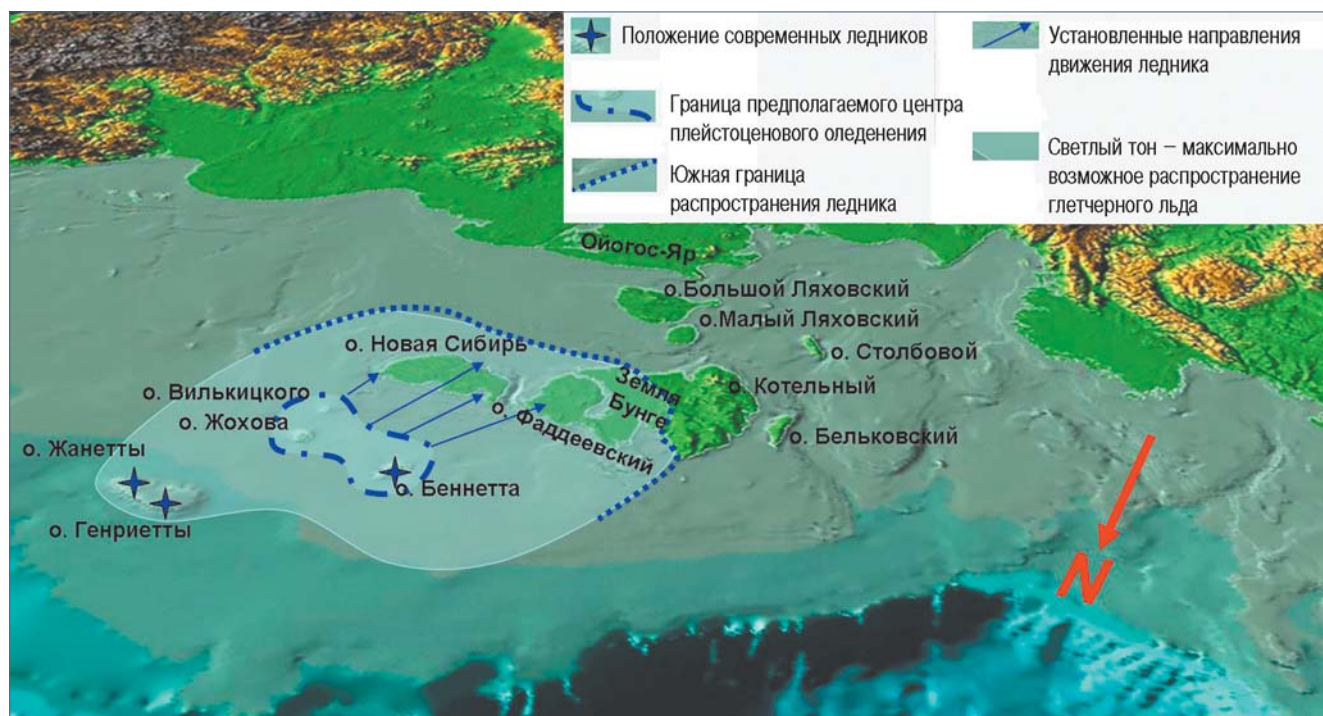
- из подстилающих отложений 178,0 (–25,2/+33,7) и 79,8 (–8,6/+7,9);

- из перекрывающих отложений 84,7 (–6,2/+6,6) и 70,6 (–9,8/+10,9).

С учетом ошибки измерений возраст оледенения приблизительно оценен в 80 тыс. лет. Однако все приведенные уран-ториевые даты омоложены в результате диагенетического загрязнения материала раковин изотопами из вмещающих отложений. Следовательно, оледенение не может быть моложе 80 тыс. уран-ториевых лет. В песчаной линзе пляжных отложений, отложившихся сразу после таяния глетчерного льда, вместе с раковинами моллюсков были обнаружены остатки мелких млекопитающих, изученные В.С. Зажиговым. Возраст этой фауны по эволюционному положению копытных леммингов – самое начало позднего неоплейстоцена. Таким образом, возраст самого ледника немногим древнее, по-видимому, это самый конец среднего неоплейстоцена.

Судя по направлению напряжений дислокаций, изученных в строении льда и подстилающих отложений, ледник двигался с севера-северо-востока на о. Новая Сибирь и с северо-востока на о. Фаддеевском. Центрами оледенения, видимо, были возвышенности о-вов Жохова и Беннетта архипелага Де-Лонга, с которых лед мог растекаться во всех направлениях. Мы пока не можем уверенно очертить контуры максимального оледенения, а лишь только представить на основании прямых и косвенных данных его размеры. Вероятно, гряды конечных морен, позволяющие ограничить распространение глетчерного льда в плейстоцене, в настоящее время затоплены и погребены морскими осадками на дне пролива Санникова. На схеме показан масштаб оледенения, границы которого еще предстоит уточнить.





Палеогеографическая схема оледенения Новосибирских о-вов

В настоящее время с большой долей уверенности можно заключить, что оледенение Новосибирских островов – это уникальное геологическое событие четвертичного периода, во многом предопределившее геологическое строение и характер современного рельефа севера Восточной Сибири в конце среднего неоплейстоцена. Следует отметить, что при определенных условиях во время возможного будущего похолодания климата совре-

менные ледники на северных островах архипелага Де-Лонга могут стать центрами нового оледенения.

Работы выполнены при поддержке российско-американского проекта «Жохов-2000», гранта РФФИ № 06-05-64049 и программы ОНЗ14 Президиума РАН.

А.Э.БАСИЛЯН, П.А.НИКОЛЬСКИЙ (ГИН РАН)

E-mail: basilyan@mail.ru, cervalces@mail.ru

М.А.АНИСИМОВ (АНИИИ)

E-mail: ama\_geo@mail.ru

## Список литературы

1. Анисимов М.А., Тумской В.Е., Иванова В.В. Пластовые льды Новосибирских островов как реликт древнего оледенения // Материалы гляциологических исследований. 2006. Вып. 101. С. 143–145.
2. Басилян А.Э., Никольский П.А. О плейстоценовом оледенении Новосибирских островов // Материалы Всерос. науч. совещ. «Геологические события неогена и четвертичного периода России: современное состояние стратиграфических схем и палеогеографические реконструкции». М., 2007. С. 10–12.
3. Басилян А.Э., Никольский П.А. Опорный разрез четвертичных отложений мыса Каменный (о. Новая Сибирь) // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 2007. № 67. С. 76–84.
4. Басилян А.Э., Никольский П.А., Тумской В.Е., Анисимов М.А. Стратиграфия четвертичных отложений Новосибирских островов и севера Яно-Индигоирской низменности // Тез. докл. Междунар. рабоч. совещ. «Проблемы корреляции плейстоценовых событий на Русском Севере». СПб., 2006. С. 16–17.
5. Вергулич С.В., Крусанов А.Г., Анисимов М.А. Современное состояние и тенденции оледенения о. Беннетта за последние 40 лет // МПИ. 1989. Вып. 70. С. 111–115.
6. Воллосович К.А. О геологических работах на Новосибирских островах: Отчеты о работах Русской Полярной Экспедиции // Изв. Императорской Академии Наук. 1902. Т. XVI. № 5, прил. 9. С. 46–49.
7. Гроссвальд М.Г. Признаки покровного оледенения Новосибирских островов и окружающего шельфа // ДАН СССР. 1988. Т. 302. № 3. С. 654–658.
8. Достовалов Б.Н. О физических условиях образования морозобойных трещин и развития трещинных льдов рыхлых пород // Исследование вечной мерзлоты в Якутской республике. 1952. Вып. 3. С. 162–194.
9. Никольский П.А., Басилян А.Э. Мыс Святой Нос – опорный разрез четвертичных отложений севера Яно-Индигоирской низменности // Естественная история российской восточной Арктики в плейстоцене и голоцене. М., 2004. С. 5–13.
10. Попов А.И. Морозобойные трещины и проблемы ископаемых льдов // Тр. Ин-та мерзлотоведения АН СССР. 1952. Т. 9. С. 199–206.
11. Толль Э.В. Ископаемые ледники Новосибирских островов, их отношение к трупам мамонтов и ледниковому периоду // Зап. Императорского русск. геогр. общества. 1897. Т. 32. № 1. 139 с.



Морские среднеледниковые отложения, смятые ледником в антиклинальную асимметричную складку. Фото А.Басиляна

## МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОКЛИМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ АРЕАЛА ДИКИХ СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ ТАЙМЫРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ

В Программу исследований МПГ включены работы по моделированию биоклиматической структуры ареалов животных на примере таймырской популяции диких северных оленей. Проект включен в кластер CARMA (Circum Polar Rangifer Monitoring and Assessment) Международной программы МПГ и выполняется в СПИИРАН при участии сотрудников НИИСХ Крайнего Севера (Норильск), ААНИИ и СПбГУ.

Погода и климат на севере являются важнейшими факторами, определяющими возможность существования животных, их территориальное размещение, направление и сроки сезонных миграций. В сравнении с другими экологическими показателями, именно по метеорологическим факторам имеется наиболее полная, точная и обширная количественная информация, получаемая от сети метеостанций и спутников. Однако в зоогеографических исследованиях роль метеорологических условий оценивается главным образом на качественном уровне.

Цель работы заключается в выборе количественной меры влияния климатических факторов на животных, определении на основе этой меры биоклиматической структуры ареала, оценке связи этой структуры с территориальным размещением и миграциями группировок оленей. Решение этих задач связано с выявлением закономерностей пространственно-временной динамики популяций диких северных оленей и прогнозированием территориального размещения оленей в условиях глобальных климатических изменений.

При изучении влияния погодно-климатических факторов на популяцию в качестве показателя ее состояния может быть взята масса животных в половозрастных классах, динамика которой определяется поступлением энергии с пищей и ее расходом в процессе жизнедеятельности. С массой животного связаны основные популяционные показатели – яловость, интенсивность гона, смертность, миграционная активность. Накопленные в онтогенезе адаптации животных направлены на максимизацию разности между поступающей и расходуемой энергией.

Погодно-климатические условия влияют на северных оленей прежде всего через расходную часть энергобаланса, в том числе через потери ассимилированной энергии на теплоотдачу, двигательную активность, основной обмен в зависимости от гелиофизических, метеорологических факторов и морфофизиологических функций организма. Ведущую роль при этом играют тепловые потоки, баланс которых является следствием закона сохранения энергии. Указанные причины позволяют принять энергозатраты в качестве интегрального количественного показателя влияния климата на животных.

Однако возможности прямого измерения составляющих энергобаланса животных весьма ограничены и недостаточны для проведения биоклиматических расчетов в реальном диапазоне изменения погодно-климатических факторов. Чтобы снять эти ограничения, мы разработали математическую модель, связывающую энергопотери организма животного со значениями основных погодно-климатических факторов – температурой воздуха, скоростью ветра, облачностью, прямой и рассеянной радиацией, состоянием снежного покрова. Модель можно применять для решения двух задач:

1) для построения полей энергозатрат (биоклиматических полей) в зависимости от значений погодно-климатических факторов на всей территории обитания животных. Расчеты при этом можно вести на основе актинометрических и метеоданных от сети метеостанций в ареале популяции и спутниковых данных;

2) для расчетов энергозатрат дикого северного оленя «в точке», выявления сочетаний метеофакторов, ведущих к переохлаждению или перегреву организма, снижению кормодобывающей активности и иницирующих миграционное поведение животных для объяснения с энергетических позиций тех или иных сторон их поведения.

Математическая модель энергообмена животных основана на уравнении для полной метаболической мощности животного и учитывает потоки энергии, связанные с теплопродукцией организма, основным обменом, дыханием и нагреванием пищи, а также механические энергопотери, включая затраты энергии на передвижение, на свободный выпас, на извлечение корма. Потери тепла в зимний период определяются в основном температурой воздуха и скоростью ветра. В летний период к факторам энергобаланса добавляются солнечная радиация и облачность.

Для оценки теплоотдачи организма северного оленя в состоянии покоя использовалась двухслойная модель «ядро–мех». Поток тепла к поверхности кожи рассчитывается с учетом тканевой теплоизоляции и разности ректальной температуры и температуры поверхности кожи. В слое меха перенос тепла происходит в воздушной среде, для его описания используем одномерное уравнение теплопроводности. Описание конвективных и турбулентных потоков в модели редуцированы из дифференциального уравнения теплопроводности по двухслойной схеме. Это позволило вместо трудноизмеримой температуры эпидермиса использовать при расчетах энергообмена организма внутреннюю температуру тела животного.

Компьютерная модель построена по компартиментному принципу. Тепловое излучение участков тела (туловищной части, верхнего отдела конечностей и живота, дистального отдела конечностей),



различающихся по толщине меха и жировых отложений, гипотермической специфике, рассчитываются в отдельных блоках. Суточные энергозатраты зависят от бюджета времени и суммарных трат в тот или иной период активности. Для популяции в целом энергозатраты определяются с учетом числа животных различных половозрастных классов и массы особей.

Абиотические входы модели представлены следующим набором элементов: температурой воздуха, ветром, высотой и плотностью снежного покрова, влажностью, облачностью, прямой радиацией, диффузной радиацией, угловой высотой солнца.

На модели энергообмена проведены компьютерные эксперименты для оценки теплопроводности меха и тканей, теплоотдачи животного в условиях зимы, связи терморегуляторной функции с активностью, влияния инсоляции на метаболизм организма. Расчеты показали, что при тихой погоде и снижении температуры от  $-10$  до  $-40$  °C теплопроводность меха становится меньше на 40–50 % за счет пилomotorной реакции волосяного покрова. Однако это не компенсирует возрастание теплоотдачи при увеличении температурного градиента воздух–организм. Относительное увеличение теплоотдачи при снижении температуры от  $-10$  до  $-55$  °C при скорости ветра 5 м/с составляет 55 %. Охлаждающее действие ветра в диапазоне скоростей 5–10 м/с на каждые 1 м/с эквивалентно снижению температуры воздуха на 3–5 °C. Абсолютный прирост теплопотерь при увеличении скорости ветра от 0 до 5 м/с и температуре  $-30$  °C составляет 1000 ккал, или 25 % суточного расхода тепла организма.

В период положительных значений температуры воздуха к параметрам, определяющим энергообмен (температура воздуха, скорость ветра), добавляются радиационные факторы: прямая и диффузная радиация, облачность.

В июне-июле поток прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при ясном небе до-

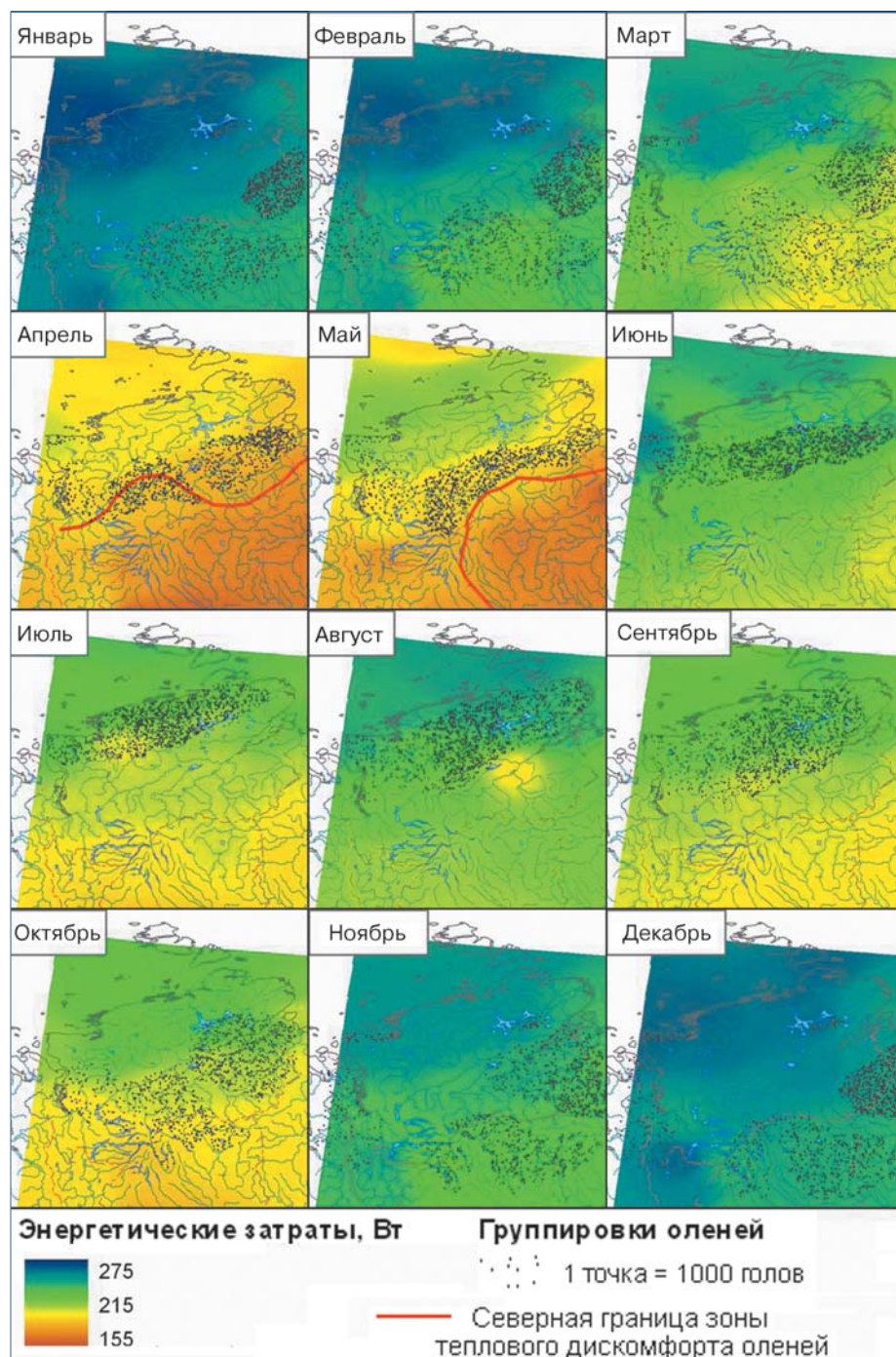


Рис. 1. Осредненные данные о сезонной динамике биоклиматических полей и расположении группировок животных

стигает 10 000 ккал/м<sup>2</sup> за сутки, в то время как расходная часть теплообмена животных при температуре воздуха 20 °C и скорости ветра 5 м/с составляет около 2000 ккал/м<sup>2</sup>, что приводит к тепловому дисбалансу. Адаптации животных в период положительных значений температуры воздуха направлены на поддержание стабильного состояния организма относительно верхней границы термoneйтральной зоны.

Экстремальное влияние солнечной радиации на энергообмен северных оленей при отрицательных значениях температуры воздуха определялось по максимальным значениям суммарной



радиации при ясном небе в апреле в дневные часы. Расчеты показали, что максимальный энергосброс, возможный при терморегуляторном дыхании, не обеспечивает толерантности северных оленей по отношению к максимальной инсоляции. Таким образом, энергетический эффект инсоляции, а не температуры воздуха способен вызвать тепловой дискомфорт животных и стать причиной миграции животных на север, в более комфортные для северных оленей климатические зоны. Этот феномен впервые теоретически установил В.Ю.Мордовин в расчетах на модели энергообмена.

Построение биоклиматических полей ареала (полей энергопотерь) выполнялось путем аппроксимации точечных данных о среднемесячных энергопотерях в местах расположения метеостанций на территории Таймыра и севера Эвенкии методом обратных взвешенных расстояний средствами панели Spatial Analyst ArcGIS.

Как видно из рис. 1, энергетическое поле ареала зимой (ноябрь–март), в отличие от ожидаемого

минимума поля на севере ареала в связи с повышением температуры в сторону океана, имеет минимум на юге и юго-востоке, т.е. в восточном и южном секторах ареала, где и зимуют основные группировки животных.

В апреле и мае мигрирующие группировки животных располагаются в основной массе севернее границы перегрева, как бы сдвигаясь из зоны теплового дискомфорта в более благоприятные районы ареала.

Территория летних пастбищ (июнь–август) соответствует зоне энергетического максимума. Однако, как было указано, летом именно эти районы благоприятны для оленей с энергетических позиций.

В рамках Программы научных исследований МПГ совместно с ААНИИ подготовлены данные для построения полей ареала таймырской популяции на интервале с 1970 до 1993 г.

Совместно с НИИСХ Крайнего Севера подготовлены цифровые карты сезонного размещения группировок оленей и мест отела за ряд лет (рис. 2)

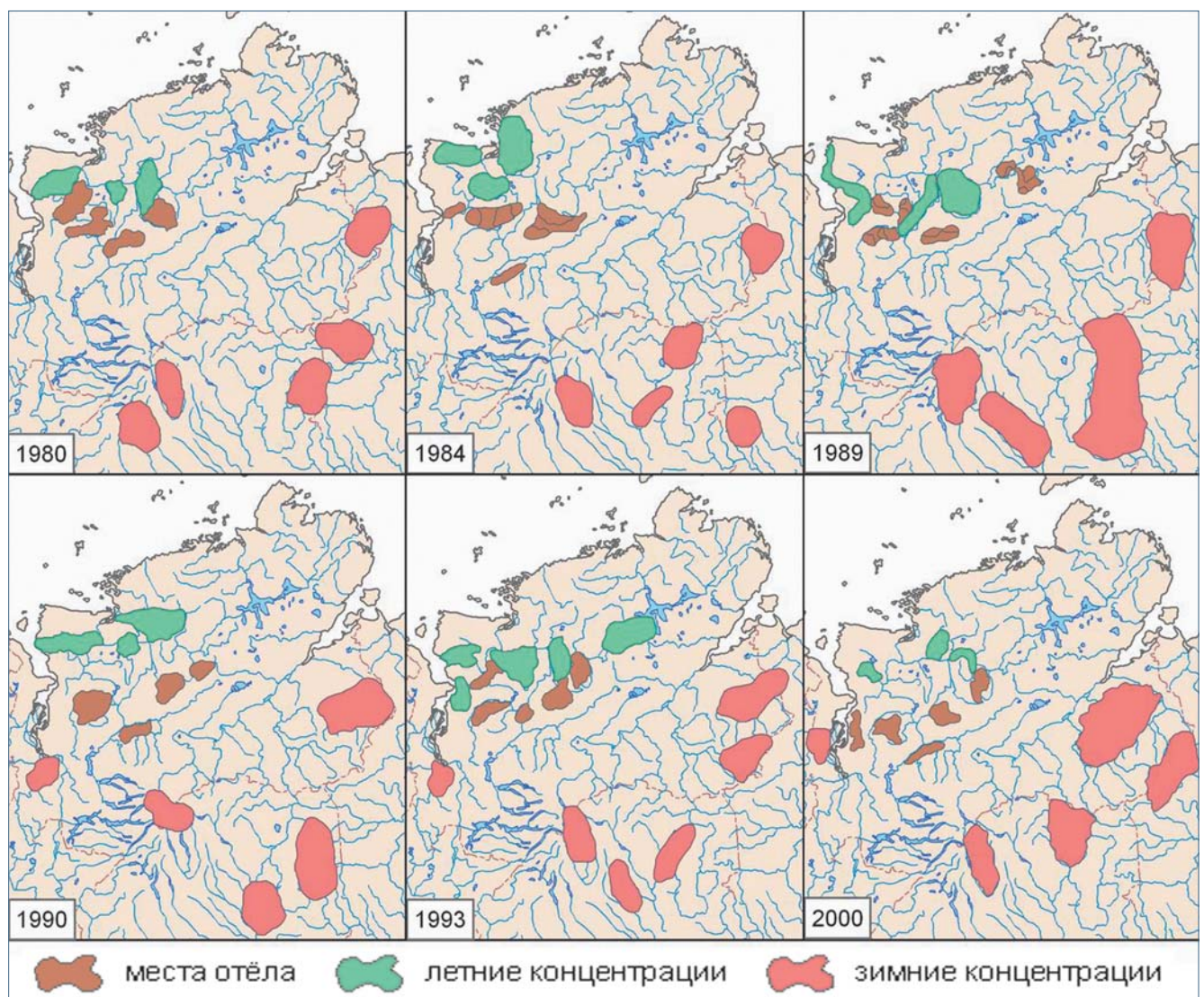


Рис. 2. Сезонное размещение группировок оленей и мест отела за отдельные годы



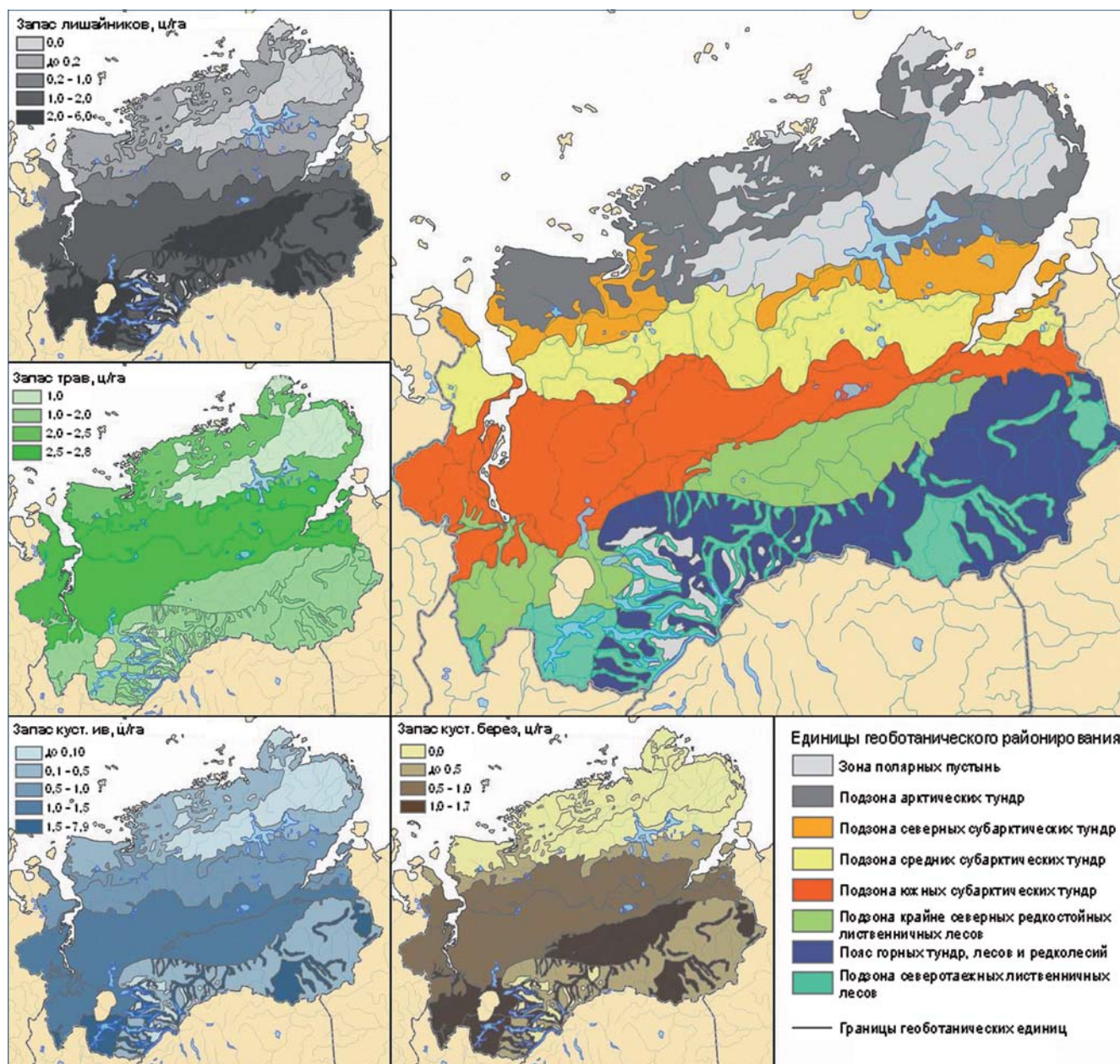


Рис. 3. Зональная карта кормовых ресурсов оленей на Таймыре

и зональная карта кормовых ресурсов оленей на Таймыре по материалам Р.П.Щелкуновой (рис. 3).

В 2008 г. планируется построить поля энергопотерь для имеющегося массива метеоданных, проанализировать их динамику и взаимосвязь с территориальным размещением оленей на Таймыре. Мы планируем построить биоклиматические поля территории обитания диких северных оленей Евразии (Таймыр, Якутия, Чукотка) при получении соответствующей информации о климате. При этом таймырская популяция оленей, как наиболее изученная, будет рассматриваться в качестве «модельной».

Этот же подход в рамках проекта IPY-CARMA может быть применен для оценки биоклиматической структуры ареалов диких северных оленей Северной Америки, Скандинавии и Гренландии, т.е. всей циркумполярной области Земли. Основная

проблема при этом состоит в подготовке необходимой климатической информации.

Поскольку сеть метеостанций на севере Америки гораздо реже, чем в России, встает вопрос об использовании спутниковой и модельной информации. Ее применение в биоклиматических расчетах позволило бы получить более точные и качественно новые сведения о климатической структуре. Проблема заключается в составе климатических факторов, данные по которым можно получить со спутников, а также в организационной и коммерческой стороне подготовки и предварительной обработки данных.

В.В.МИХАЙЛОВ (СПИИРАН);  
Л.А.КОЛПАЩИКОВ, В.Ю.МОРДОВИН  
(НИИСХ Крайнего Севера);  
А.В.ПЕСТЕРЕВА (СПбГУ)



## АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ РЕШЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ, ГЕОЛОГОСЪЕМОЧНЫХ И ПОИСКОВО-ОЦЕНОЧНЫХ ЗАДАЧ НА АКВАТОРИИ В СВЯЗИ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ГРАНИЦ ШЕЛЬФА РФ

В связи с необходимостью геологического обеспечения геополитических интересов России на основе уточнения положения границы расширенного континентального шельфа в Северном Ледовитом океане в районе хребтов Менделеева и Ломоносова в 2005 и 2007 гг. соответственно выполнены комплексные геолого-геофизические исследования: сейсморазведка методом ГСЗ и МОВ, сейсмоакустическое профилирование, геологическое опробование, наледная гравиметрическая съемка, комплексная аэрогеофизическая съемка.

Для выполнения аэрогеофизических работ использовался тяжелый и дальний аэроноситель типа ИЛ-18Д. Для решения поставленных задач была создана комплексная аэрогеофизическая лаборатория МАГНИТ на самолете типа ИЛ-18Д, в состав которой вошли магнитометрическая, гравиметрическая и навигационная системы.

Основные факторы, влияющие на точность определения местоположения с применением системы спутниковой навигации, – число наблюдаемых (не менее четырех) спутников, геометрия их расположения и ионосферные помехи, влияющие на прохождение сигналов от спутников. В высоких широтах эти факторы имеют самое большое влияние.

Наклон орбит спутников обеих систем – GPS Навстар (Navstar) и Глонасс – от 50 до 65°, это значит, что в зените на полюсе не будет ни одного спутника и соответственно геометрический фактор будет наихудшим, интенсивность ионосферных помех – наибольшей. Исходя из этого, для проведения работ нужно использовать приемники, работающие с двумя системами GPS Навстар и Глонасс, что позволяет увеличить количество видимых спутников, отобрать надежные сигналы, улучшить геометрический фактор, а работа с двумя частотами L1 и L2 позволяет снизить влияние ионосферных помех и повысить точность позиционирования.

Использование постдиффобработки позволяет еще больше повысить точность привязки, избавиться от ряда помех и увязать результаты по системе координат базовой станции.

При проведении аэрогеофизических исследований система спутникового позиционирования предназначалась для обеспечения работы гравиметра «Чекан-АМ», синхронизации записи информации по спутниковому времени и геодезической привязки полученных аэрогеофизических данных.

В качестве приемника информации GPS использовалась аппаратура фирмы JAVAD Navigation Systems™ – Lexon GGD 112-T и для ее обработки – программное обеспечение Ensemble\_Pinnacle и PCView\_PCCDU той же фирмы. Использовались два идентичных комплекта аппаратуры в полной конфигурации, работающей со спутниковыми системами GPS Навстар и Глонасс на частотах L1 и L2.

Измерения проводились с частотой 10 раз в секунду в системе координат WGS 84.

Один приемник был смонтирован на борту самолета и обеспечивал геодезической информацией и единым временем (UTC) гравиметр и магнитометр, а также запись спутниковой информации в файлы с расширением \*.jps на отдельный компьютер для дальнейшей обработки.

Второй приемник был установлен на магнитовариационной станции для получения данных, необходимых для проведения постдиффкоррекции и увязки по времени вариаций магнитного поля.

При проведении постдиффобработки по L1 (что связано с большим расстоянием между базовой станцией и воздушным судном) учитывались данные в среднем девяти спутников (минимум семи) и средний PDOP не превышал 1,7. Ошибка определения местоположения 2dRMS не превышала в среднем 2,2 м по полученным данным.

При проведении аэрогеофизической съемки использовалась отечественная магнитогравиметрическая аппаратура.

Аэромагнитометр является модернизацией аэроградиентометра МГМ-05 (НПП «Геологоразведка»). В его состав входят: четыре трехячеевых датчика с обогревом по переменному току, установленным в хвостовом коке самолета-лаборатории ИЛ-18; блок измерительный четырехканальный – БИ-4 (ИМ-4); цифровой регистратор (компьютер).

В качестве дублирующей системы аэромагнитных измерений использовался измеритель ПЧК (преобразователь «частота–код») со своим регистратором.

Основным фактором, влияющим на проведение магнитной съемки в высоких широтах, являются вариации магнитного поля. Для их изучения использовались наземные магнитовариационные станции, укомплектованные одноканальным магнитометром, аналогичным аэромагнитометру с ПЧК.

Большая протяженность рабочих маршрутов (свыше 600 км) и удаленность начала участка от аэропорта базирования (900 км) обусловили необходимость дублировать аппаратуру, а различие метеоусловий на съемочных маршрутах привело к появлению различных помех, так как прогнозировать метеоусловия на таком удалении (до 84° с.ш.) невозможно.

Методика выполнения аэрогравиметрической съемки учитывала опыт работ 2005 г. на акватории в районе хребта Менделеева, где работы проводились со струнными гравиметрами и барометрическим способом определения вертикальных инерциальных ускорений. Вертикальные ускорения оказались предельно высокими (около 15 Гал) для данной методики измерений и обработки. Поэтому в 2007 г. для выполнения работ была использована

новая аппаратура: гравиметр «Чекан-АМ» на инерциальной платформе маятникового типа. Гравиметр разработан и изготовлен ФГУП ЦНИИ «Электроприбор». Это модифицированный для аэрогеофизических работ вариант морского гравиметра с постоянной времени ~40 с. Одна из особенностей этого прибора, обусловленная принципами работы самой платформы и чувствительного элемента гравиметра, заключалась в медленном выходе на рабочий режим после разворота самолета. Время успокоения гравиметра после разворота составляет 3–5 мин, кроме того, по 2 мин с каждого конца маршрута необходимо оставлять на сглаживающий фильтр. Учитывая все это, самолет выходил на маршрут заблаговременно, за 5–7 мин до начала участка.

Привязка обеспечивалась двумя комплектами спутниковой навигации: бортовым и базовым. Поправки Этвеша, за вертикальные ускорения и высоту полета вычислялась по данным спутниковой навигации. Все измерения велись с частотой 10 Гц. Учитывая недостаточный опыт использования гравиметра «Чекан-АМ» при аэрогеофизических работах в высоких широтах (на широтах выше 75° он не эксплуатировался), было принято решение установить на борту самолета еще и комплект струнных гравиметров с приборами барометрического способа определения вертикальной поправки. Барометрический канал был усовершенствован за счет установки на самолете отдельного малошумящего приемника воздушного давления ПВД-18.

Работы проводились в мае 2007 г. при температуре воздуха от 0 до –20 °С. Чтобы поддерживать нормальную для работы гравиметра температуру (порядка 15–20 °С), салон самолета обогревался в течение всего периода работ электрическими тепловыми вентиляторами от аэродвигательной электросети. Для поддержания непрерывного электропитания гравиметров во время переключения электросетей или временного отключения питания использовался источник бесперебойного питания (UPS) с дополнительными батареями.

Так как основным методом были магнитные измерения, то выбор погоды и режим полетов определялись в основном исходя из требований магнитной съемки и не всегда они были благоприятны для гравиметрии. В результате помехи (вертикальные и горизонтальные ускорения самолета) оказались большими. Точность съемки, полученная по данным комплекса «Чекан-АМ» + «Javad», по результатам предварительной обработки составила около  $\pm 3$  мГал. Ожидаемая окончательная погрешность не больше 1,5–2,0 мГал.

Измеренное поле оказалось весьма изрезанным. Средний перепад аномалий  $\Delta g$  Фая составляет около 30 мГал. Средний градиент поля равен примерно 0,7 мГал/км при максимальных значениях до 4,0 мГал/км. Заметна хорошая корреляция подводного рельефа и аномалии Фая. Сравнение наблюденного поля с полученным в рамках

международного Арктического гравиметрического проекта ArkGP гридом поля силы тяжести (<http://earth-infonima.mil/GrandG/wgs84/-agp/index.html>) показало его большую детальность и лучшую корреляцию с рельефом.

Полученные в районе хребтов Ломоносова и Менделеева точности магнитной и гравиметрической съемок и погрешность навигации позволяют с высокой надежностью решать важные народно-хозяйственные задачи в Арктике, в том числе:

- поиски месторождений нефти и газа и твердых полезных ископаемых на акваториях и прибрежных территориях;
- уточнение положения границы континентального шельфа РФ;
- региональное геологическое картирование на геотраверсах;
- обеспечение геофизической основы для листов Госгеолкарты третьего поколения;
- осуществление НИР и ОКР при разработке современной технологии комплексных аэрогеофизических съемок;
- внедрение наиболее информативных векторных магнитных съемок;
- задачи магнитной картографии;
- выполнение аэрогеофизических съемок на высотах от 500 м до 9 км в масштабе 1 : 500 000 и мельче и детализацией в масштабе 1 : 50 000 – 1 : 200 000 на высотах от 100–200 м и более.

Дальнейшие научно-исследовательские и геологоразведочные работы в 2008–2012 гг. следует направить на совершенствование методики и выполнение комплексной аэрогеофизической съемки акватории морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и др. с целью:

- оценить перспективы нефтегазоносности в пределах шельфа и уточнить границы шельфа РФ; картировать аномалии типа «залежь»;
- обосновать новые методы поиска месторождений нефти и газа и поиска новых высокоперспективных объектов.

Выполнение работ на акватории моря Лаптевых позволит оценить запасы в качестве мощного дополнительного и долгосрочного источника сырья для заполнения второй очереди ВСТО («Восточная Сибирь и Тихий океан»), так как этот вопрос сегодня остается открытым и для его решения потребуются политическая воля Роснедра и значительные инвестиции Минприроды в геологоразведку. Это существенно увеличит роль указанных морей в долгосрочном планировании загрузки ВСТО.

Следует заметить, что с вводом в строй ВСТО появится много «белых» пятен в бизнес-проекте ВСТО и запасы морей Лаптевых и Восточно-Сибирского могут стать отличным подспорьем для заполнения второй очереди ВСТО.

В.А.ПОСЕЛОВ, Г.П.АВETИCOB, В.К.ПАЛАМАРЧУК,  
Н.В.ГЛИНСКАЯ, С.Н.КИРСАНОВ, В.М.МАКАРОВ,  
Л.А.ПРЯЛУХИНА, В.А.ЛОКШИНА, О.Н.МИЩЕНКО  
(ВНИИОкеангеология)



## ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ РАБОТЫ 2007 Г. НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ БАРЕНЦЕВА МОРЯ И В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

Экспедиционные работы в 2007 г. проводил полевой отряд сотрудников лаборатории тектоники консолидированной коры (начальник отряда Е.С.Пржижковский) ГИН РАН под знаком МПГ 2007/08 в рамках проекта программы ОНЗ РАН № 14 «Структура и эволюция континентальных окраин Евразийского сектора Арктики. Тектоническая карта», а также тематических исследований ГИН РАН («Тектоническая карта дна акватории Белого моря и прилегающих территорий масштаба 1:1 500 000»). Экспедиционные исследования включали в себя геологические наблюдения на двух участках (рис. 1):

- 1) Мурманский берег Кольского п-ова,
- 2) острова в центре Кандалакшского залива Белого моря.

Работы проведены с 16 июля по 18 августа при помощи надувных плавсредств на первом участке и арендованного частного судна – на втором.

**Участок 1 – Мурманский берег Кольского п-ова.** Данный участок расположен примерно в 100 км к востоку от Мурманска, в устье р. Вороньей. Доставка полевого отряда к месту работ осуществлялась на арендованной машине по дороге от Мурманска до ГЭС на р. Воронья, а далее по реке вниз по течению до ее устья (около 25 км). Основной задачей полевых исследований здесь стало изучение состава и строения проявлений внутриплитного магматизма, распространенных вдоль баренцевоморского побережья Кольского п-ова, с целью определить их структурное положение, время внедрения и, в конечном счете, геодинами-

ческую обстановку их формирования. Эти проявления обнажаются в виде даек и силлов долеритов, образуя две цепочки тел, полого залегающих на архейских гранитоидах, срезаемые разломом Карпинского. Возраст долеритов был определен К–Аг методом еще в начале 1980-х гг. в интервале 975–1000 млн лет, но его достоверность нуждается в уточнении более современными методами. Предполагается, что проявление этого магматизма генетически связано с процессами континентально-го рифтинга, который активизировался в позднем рифее вдоль древней континентальной окраины Восточно-Европейской платформы. В настоящее время сама рифтогенная структура погребена под толщей осадков в пределах акватории Баренцева моря, а Мурманский блок Балтийского щита являлся, по всей видимости, плечом этого рифта.

Структура Мурманского блока указывает на широкое развитие сдвиговых дислокаций в момент его формирования. Отсутствие каких-либо молодых образований в составе этого блока делает актуальным вопрос о времени эксгумации пород этой структуры, которые по своему составу соответствуют средней части земной коры. Поэтому, чтобы выяснить возраст и механизмы эксгумации раннедокембрийских пород, слагающих Мурманский блок, проведены работы по опробованию этих пород с целью определить возраст сфена и апатита, которые фиксируют время этого процесса.

В результате полевых работ в устье р. Вороньей детально закартирован (рис. 2) и опробован комплекс магматических проявлений – западная часть крупного силла габбрового состава и многочисленные дайки базитов (в том числе и не отмеченные на геологических картах). Из них взяты крупные пробы для выделения цирконов и их изотопного датирования.

Установлена последовательность внедрения интрузивных тел, и выявлена контролирующая роль определенной системы разломов и трещин в их локализации. Анализ данных по ориентировкам трещин и кинематике смещений по разломам, возникшим на стадии рифтогенеза и на последующих этапах, позволит определить положение и динамику развития главных разломов на границе Балтийского щита и Баренцевоморской плиты на побережье, а также на прилегающем шельфе.

Важной и интересной проблемой является изучение механизма образования силлов в пределах кристаллического основания Мурманского блока. Обычно силлы формируются в хорошо выраженной слоистой оса-

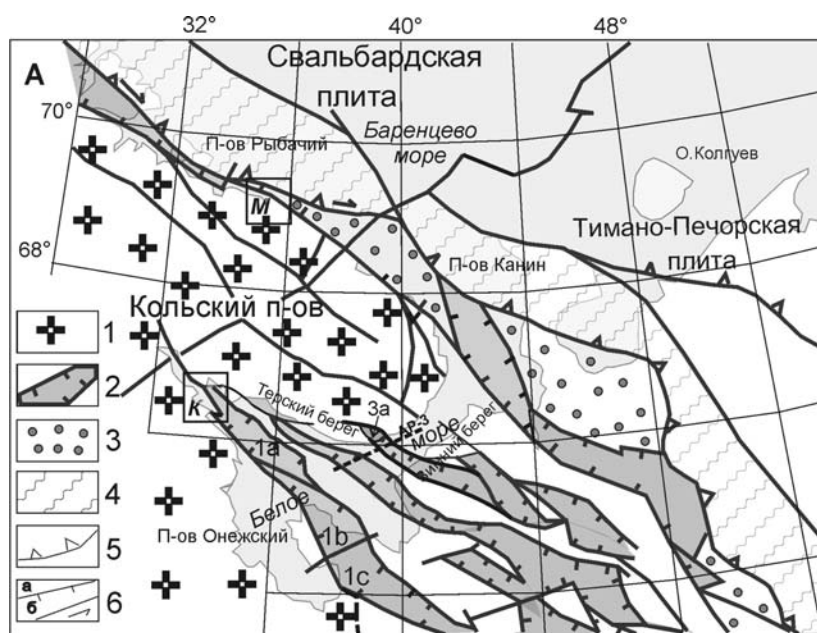


Рис. 1. Схема тектоники Беломорского региона:

- 1 – Балтийский щит; 2 – рифейские палеорифты; 3 – Притиманский прогиб;  
 4 – Тимано-Варангерский пояс байкалит; 5 – конвергентный шов; 6 – сбросы (а), сдвиги (б).  
 Квадраты – участки экспедиционных работ 2007 г.: М – Мурманский берег, К – Кандалакшский залив.  
 Цифры на схеме 1 – Онежско-Кандалакшский палеорифт, грабены: 1а – Кандалакшский, 1б – Центральный, 1с – Онежский

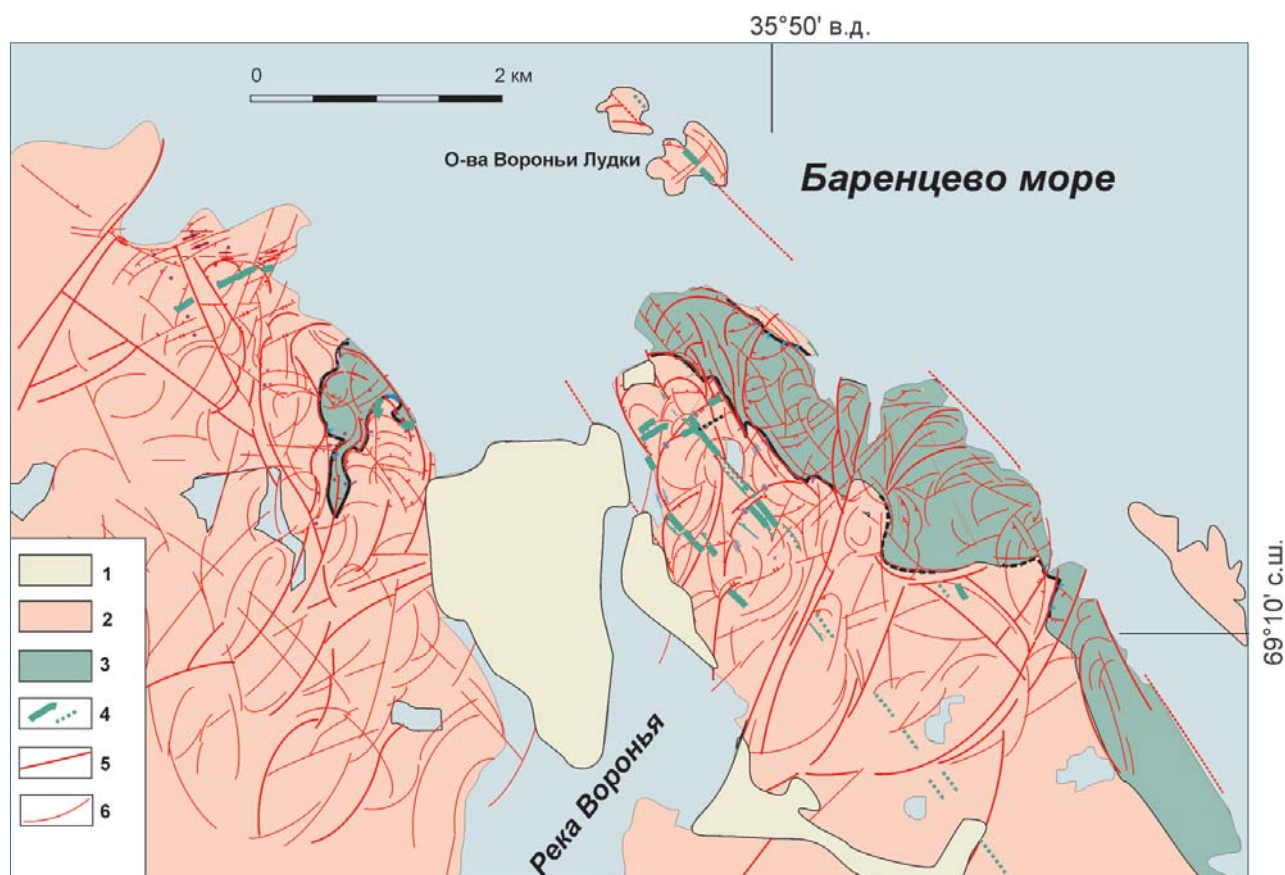


Рис. 2. Геологическая карта участка полевых работ № 1 (Мурманский берег Кольского п-ова):

1 – четвертичные отложения; 2 – граниты и гранодиориты мигматизированные (архей–палеопротерозой); 3–4 – магматические образования основного состава (рифей?); 3 – силлы долеритов, 4 – дайки; 5 – главные разломы; 6 – прочие разломы и трещины

дочной или вулканогенно-осадочной толще. Здесь же они приурочены к сложнодислоцированным, мигматизированным гранито-гнейсам, а роль субгоризонтальных разделов, куда внедрялась магма, играли пологие трещины в кристаллическом субстрате (рис. 3).

**Участок 2 – острова и побережье Канда-лакшского залива Белого моря.** Другим объектом экспедиционных исследований явились острова в Кандалакшском заливе (см. рис. 1). До базового лагеря, находящегося в губе Ильинка, полевой отряд добирался на арендованном частном судне из п. Умба (50 км к востоку). О-ва Средние и Долгие Луды были посещены с использованием моторной лодки. Полевые работы на втором участке были направлены прежде всего на уточнение ареала распространения рифейских отложений в пределах акватории Кандалакшского залива (на о-вах Средних и Долгих Луд и др.), неоднозначно закартированных на изданных геологических картах, а также на изучение кинематики разломов главных этапов тектогенеза и характера унаследованности структур на северо-западном замыкании Кандалакшско-Онежского палеорифта.

Отметим, что формирование современного бассейна Белого моря имело структурно-тектоническую предопределенность. Тектоническая впадина современного Кандалакшского залива Белого моря наследует и возрождает рифейский грабен,

о чем свидетельствуют активные опускания Онежско-Кандалакшского палеорифта в новейшее время. Несмотря на то, что Белое море является единственным и полностью внутренним морем России, геологическая изученность его до последнего времени оставалась весьма слабой, и только в последние годы в бассейне Белого моря Морской арктической геологоразведочной экспедицией (ОАО МАГЭ) были выполнены комплексные геофизические исследования. Результаты этих и других исследований последних лет территории Беломорья значительно меняют сложившиеся представления о строении земной коры этого региона. Если раньше предполагалось, что глубина погружения кристаллического фундамента в Кандалакшском грабене, выполненного рифейскими терригенными образованиями, достигала 3,0–3,5 км, то данные последних сейсмических исследований МОВ ОГТ в акватории Белого моря определяют эту глубину уже до 8 км, что вполне сопоставимо с современным Байкальским рифтом. Таким образом, мощность рифейских отложений в грабенах палеорифтовой системы Белого моря увеличивается фактически в 2,0–2,5 раза, однако ареал их распространения был установлен недостаточно четко. Так, на последних геологических картах (ГГК-1000, лист Q-(35)-37 – Кировск, 2004) в Кандалакшском заливе, за пределами рифейского палеорифта, на островах архипелага Средние Луды и к северо-западу





Рис. 3. Обнажение нижнего контакта силла долеритов.  
Фото С.Пржиялговского

от них, в пределах более молодого (позднекайнозойского) Колвицкого грабена, показаны рифейские отложения, что противоречило нашим геологическим данным.

В результате полевых работ 2007 г. установлена граница замыкания рифейского Кандалакшского грабена разломом, выраженным крутой ступенью (эскарпом) межвпадинной перемычки, возвышающейся над водной поверхностью в виде цепочки островов архипелага Средние Луды (рис. 4). Последние оказались сложены анортозитами (рис. 5), которые по своим петрологическим особенностям (видным в обнажении) аналогичны анортозитам Кандалакшско-Колвицкого массива, обнажающимся на побережье в районе Ильинской губы. При том же простирании пластообразного тела анортозитов, падающего к юго-западу под углом около  $50^\circ$ , они кулисообразно смещены в плане относительно линии простиранья тел анортозитов Колвицкого массива почти на 10 км, предположительно по меридиональному разлому замыкания рифейского грабена. При сбросовом или сдвиго-сбросовом правостороннем смещении по этому разлому амплитуда смещения должна составлять несколько километров. Подобное смещение, вероятно, является результирующим итогом развития структуры замыкания рифейского грабена и последующей пропагации рифта в палеозое и в новейшее время.

На трех островах архипелага Средних Луд обнаружены также дайки щелочного состава, анало-

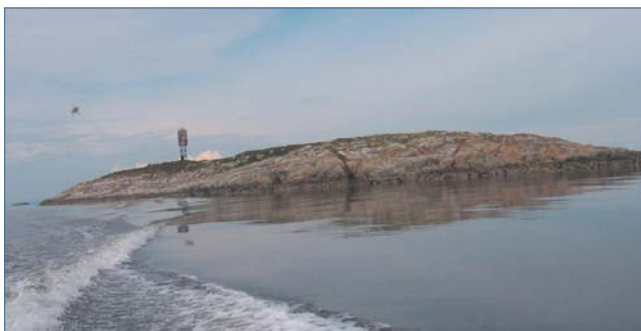


Рис. 4. Остров Большой архипелага Средние Луды. Фото С.Пржиялговского

гичные палеозойским, обнажающимся на Кандалакшском берегу Белого моря, и зоны дробления с жильными образованиями, замерены амплитуды и направления смещения по главенствующим трещинам. Анализ этих данных позволяет установить ориентировку главных осей палеонапряжений в центральной зоне палеорифта в период его палеозойской активизации, что важно, учитывая удаленность островов от других точек наблюдений на бортах рифтовой зоны. Судя по кучному расположению полюсов даек и близких по возрасту трещин стереопроекции, в палеозое в условиях преобладающего почти одноосного растяжения ось наибольшего растяжения полого падала на северо-запад. В данных условиях, типичных для вершины растущего рифта, здесь развивались сбросовые и раздвиговые структуры северо-восточного простиранья, которые в дальнейшем подновлялись (возможно, с правосторонней сдвиговой составляющей) на неотектоническом этапе. В это время

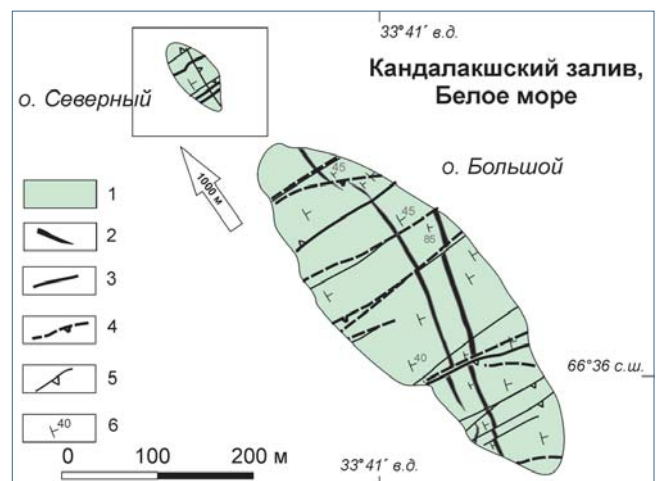


Рис. 5. Геологическая карта архипелага Средние Луды (Кандалакшский залив):

- 1 — анортозит (палеопротерой); 2 — пластовые тела эглогитов (палеопротерозой);
- 3 — дайки щелочных базальтов (поздний девон); 4 — зоны вторичной мусковитизации;
- 5 — трещины; 6 — элементы залегания метаморфической полосчатости

поднятие Средних Луд представляло собой уже перемычку между двумя «разнополярными» трогами, так называемую зону аккомодации.

Важнейшими итогами полевых работ являются:

- расшифровка структурного положения магматических проявлений базальт-долеритовой ассоциации на Мурманском побережье, генетически связанных, вероятнее всего, с процессами континентального рифтинга в позднем рифее;
- уточнение контуров развития рифейских отложений в Кандалакшском заливе;
- выявление нового куста проявлений щелочных девонских даек на территории архипелага Средние Луды.

В ходе полевых исследований собраны разнообразный каменный материал и обширная структурная информация, требующие лабораторного и камерального изучения.

**Перспективы продолжения исследований в 2008–2009 гг.** Дальнейшие полевые исследования предполагается проводить по двум направлениям:

1) установление наземных структур вероятной пропагации Восточно-Баренцевского рифтогенного трога в пределы Балтийского щита (на баренцево-морском побережье Кольского п-ова в районе Ивановской губы) с целью изучить связанные с ними проявления среднепалеозойского щелочного магматизма и их взаимоотношения со структурами рифейского рифтогенеза;

2) изучение тектонических структур в метаморфизованных породах, слагающих на п-ове Канин возвышенность Канин Камень, входящую в состав Канинско-Тиманского складчатого пояса, с целью обосновать вероятные коллизионные процессы, проходящие на рубеже венда-кембрия в пределах северо-восточного складчатого обрамления Восточно-Европейской платформы (Тиманской окраины Балтики).

А.С.БАЛУЕВ, Е.С.ПРЖИЯЛГОВСКИЙ,  
Е.Н.ТЕРЕХОВ (ГИН РАН)

## ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ЗАПОЛЯРЬЯ – ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АРКТИКИ

Арктика – регион, удаленный от основных областей активной деятельности человека. До определенного времени это способствовало формированию на арктической территории очень чистых природных объектов (воздуха, морских и пресных вод, льда, почв и т.д.). С наступлением индустриальной эпохи ситуация сильно изменилась. Перенос антропогенных загрязнений в природные среды Арктики происходит по двум основным каналам:

- 1) воздушными потоками;
- 2) водами рек, впадающих в Северный Ледовитый океан (СЛО).

Понятно, что чем ближе источник загрязнений, тем больше примесей от него поступит в изучаемые районы. Поэтому возникновение и бурное развитие горнодобывающих, обогащательных и металлургических комплексов в Заполярье (на Кольском п-ове и в районе Норильска) привело к загрязнению окружающей среды Арктики (в первую оче-

редь, ее российской части) целым рядом антропогенных примесей, в частности тяжелыми металлами (ТМ).

В Институте физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН уже более 20 лет ведутся работы по изучению загрязнения арктической атмосферы антропогенными химическими элементами, переносимыми воздушными массами на дальние расстояния (до 5–10 тыс. км) в составе аэрозольных частиц, имеющих размеры порядка 1 мкм и менее. В 2007 г. в рамках проекта № 323 МПГ «Эоловый и ледовый перенос и потоки вещества (включая экотоксиканты) в Арктике (КРИОЭОЛ)» были выполнены модельные оценки вклада промышленности Заполярья в загрязнение тяжелыми металлами (Ni, Cu, Pb, Cd) окружающей среды российских прибрежных морей СЛО.

Исходными данными были ежедневные 5-суточные траектории движения воздуха от источников,

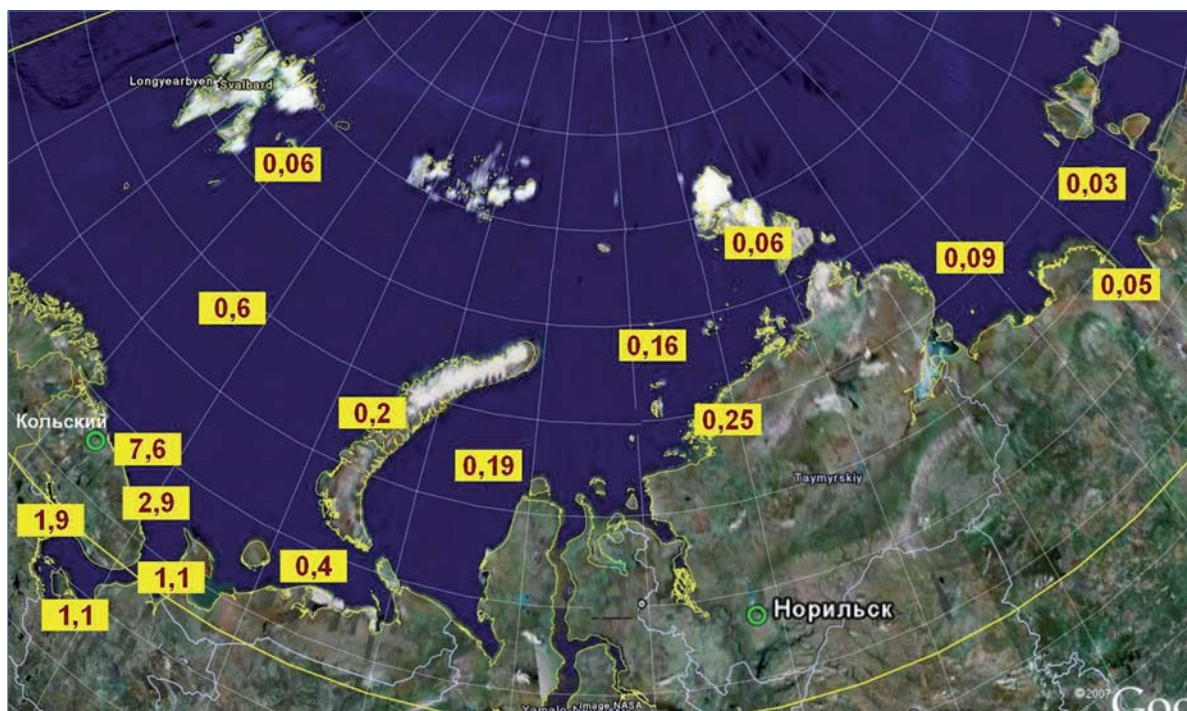


Рис. 1. Среднее для 1990-х гг. пространственное распределение потока Ni от обоих источников на поверхность арктических морей России, кг/(км²·год)



расположенных на севере Кольского п-ова и в районе Норильска, рассчитанные для января, апреля, июля и октября на протяжении 20 лет с 1981 по 2000 г. Использованы модель HYSPLIT 4 и данные реанализа полей давления и ветра NOAA (NCEP/NCAR Reanalysis Data Files).

Средние за 1990-е гг. потоки ТМ на поверхность российских арктических морей, т/год

| Металл          | Белое море | Баренцево море | Печорское море      | Карское море        | Море Лаптевых |
|-----------------|------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------|
| Ni              | 113        | 1190           | 96                  | 77                  | 37            |
| Cu              | 71         | 775            | 66                  | 92                  | 60            |
| Pb              | 5,6        | 60             | 4,7                 | 2,9                 | 1,0           |
| Cd              | 1,8        | 17             | 1,4                 | 1,7                 | 1,0           |
| Процент эмиссии | 5,6        | 59,6           | 3,3                 | 2,6                 | 4,0           |
| Источники       | Кольский   | Кольский       | Кольский + Норильск | Кольский + Норильск | Норильск      |

Оценены сезонные и долговременные изменения средних концентраций экотоксикантов в приземной атмосфере и в осадках, а также их потоков на подстилающую поверхность в акваториях морей российской Арктики и на прилегающих территориях (рис. 1).

Выполнены детальные оценки для побережья моря Лаптевых в районе п. Тикси, где в рамках МПГ 2007/08 развернута международная метеостанция.

циркуляции атмосферы в конце XX века оказала не меньшее воздействие на количество ТМ, осаждаемых из атмосферы, чем изменение эмиссии источников за тот же период. По данным Росгидромета, эмиссия Ni и Cu рассматриваемыми источниками в 1990-х гг. уменьшилась по сравнению с 1980-ми гг.

В результате в 1990-х гг. загрязнение акватории всех морей уменьшилось на 30–40 % по сравнению с 1980-ми гг.

Природные объекты акватории Белого и Баренцева морей находятся под мощной антропогенной нагрузкой со стороны Кольского п-ова, а акватории моря Лаптевых – преимущественно со стороны Норильска, над Карским морем происходит смена лидирующего источника загрязнений. Восточно-Сибирское и Чукотское моря

в меньшей степени подвержены влиянию промышленности Норильска, а вклад выбросов Кольского п-ова там ничтожен. В отношении загрязнения Pb рассматриваемые регионы-источники не являются основными для всех арктических морей.

В целом годовой поток Ni, Cu и Cd в воды Белого, Баренцева, Карского морей и моря Лаптевых, поступающий по атмосферному каналу с территорий Кольского п-ова и из района Норильска,

вполне сравним с потоком этих же элементов во взвеси наиболее крупных впадающих рек (после очищения в зоне маргинального фильтра) – рис. 2. Таким образом, атмосферный канал поступления ТМ в центральные воды российских арктических морей обязательно должен учитываться при изучении процессов формирования состава морских вод, льдов и донных осадков.

В заключение подчеркнем, что распространение в атмосфере ТМ от промышленных источников Заполярья приводит к антропогенному загрязнению не только воздушной среды и «неживой» природы Арктики, но также к попаданию экотоксикантов (через пищевые цепочки) в организмы животных и людей.

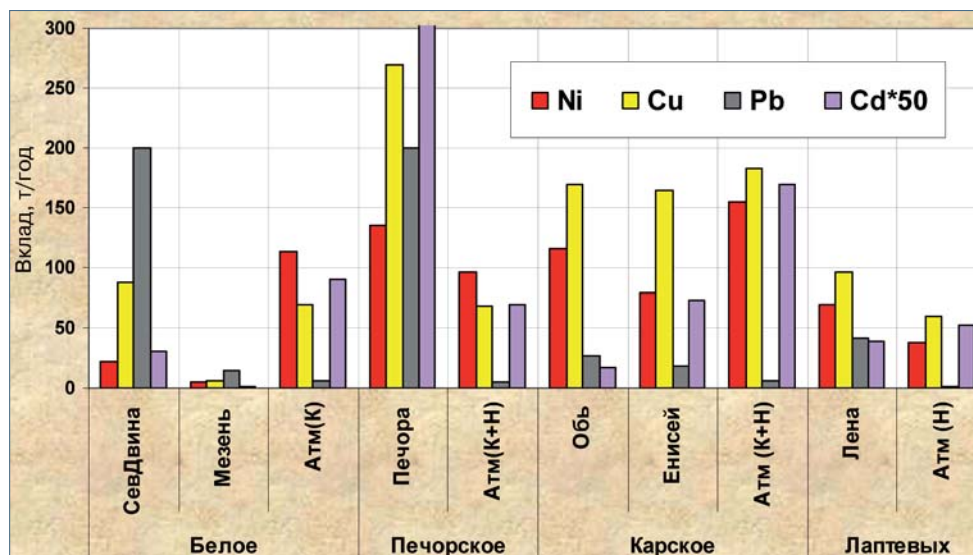


Рис. 2. Вклады промышленности Кольского п-ова (К) и Норильска (Н) по атмосферному каналу и самых крупных впадающих рек в поставку ТМ в центральные воды арктических морей России

Полученные результаты хорошо согласуются с приведенными в литературе данными натурных наблюдений в Белом и Баренцевом морях, а также на российских арктических островах.

На не слишком больших ограниченных территориях (например, над акваториями Белого, Печорского или Карского морей) перестройка процессов

А.А.ВИНОГРАДОВА  
(Институт физики атмосферы  
им. А.М.Обухова РАН)

## ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ЭВОЛЮЦИИ ПОКРОВНОГО И ГОРНОГО ОЛЕДЕНЕНИЙ В ХИБИНАХ

Хибины, расположенные в западной части Кольского п-ова, образованы интрузией щелочных пород (нефелиновых сиенитов) и широко известны благодаря уникальным месторождениям апатитовых руд. Горы занимают малое пространство – участок примерно 30 × 45 км; мала также их абсолютная высота, в среднем 1000–1100 м (отметка высшей точки – горы Ферсмана – 1208 м). Вместе с тем в Хибинах отчетливо выражена высотная поясность ландшафтов, интенсивна лавинная деятельность, существуют небольшие ледники и широко распространены селевые явления.

Отряд Геологического института Кольского НЦ РАН в рамках МПГ занимался изучением ледниковых отложений, развитых во внутригорных долинах и на равнине, прилегающей к северному склону Хибин. Маршруты отряда показаны на космическом снимке синими стрелками (рис. 1). Установлено, что на юге Хибин в депрессии, частично занятой озерами Большим и Малым Вудъявром, развиты отложения как Скандинавского покровного, так и горных ледников. Покровным ледником образованы обширный вал, на котором расположен один из районов Кировска, и более низкая и узкая гряда, локализованная вблизи южного берега оз. Малый Вудъявр. Вал сложен флювиогляциальными дельтовыми и озерно-ледниковыми осадками, частично деформированными и перекрытыми отложениями покровного ледника (мореной). Гряде сложен покровная морена. К отложениям горных ледников, установленным в северной части депрессии, относятся маломощный покров песчано-галечных отложений, созданный блуждающими потоками талых ледниковых вод (зандр), конечные морены,

флювиогляциальные дельты, морены Де Геера, формирующиеся ежегодно у края отступающих ледников в примыкающих к ледникам водоемах, и береговые образования приледникового озера.

В северных предгорьях Хибин обнаружены широко распространенные отложения горного оледенения, оставленные сначала предгорным, а затем занимавшим меньшую площадь ширококонечным ледником. На рис. 2 показана крупная глыба нефелиновых сиенитов Хибин, встреченная за пределами Хибинского плутона в области распространения ширококонечного горного ледника. В восточной части Хибин установлены только отложения покровного Скандинавского ледника. Западная часть Хибин пока не исследована.

Материалы, собранные в южной части Хибин, позволяют реконструировать заключительный этап эволюции горных ледников и покровного оледенения в позднем плейстоцене и начале голоцена. Сценарий развития событий приведен на рис. 3. Около 12,5 тыс. лет назад горные и покровный ледник, очевидно, соединялись.

В связи с потеплением в аллереде от массивов активного льда горного и покровного ледников отделился фрагмент, занимавший большую часть депрессии с озерами Большим и Малым Вудъявром. После некоторого отступления краев активного льда и стайвания части мертвого льда перед краем покровного ледника накопилась мощная толща флювиогляциальных и озерно-ледниковых осадков; вероятно, отложение материала происходило во флювиогляциальной дельте. В это же время перед краем горных ледников сформировался зандр, представленный валунно-галечными и песчаными осадками.

Во время последующего похолодания (в позднем дриасе) произошла реактивация ледников, и они образовали гряды конечных морен. При деградации покровного и горных ледников сформировались, соответственно, тонкий покров флювиогляциальных и озерно-ледниковых отложений, залегающий на покровной морене, и гряды, напоминающие морены Де Геера, затем флювиогляциальные дельты и приледниковые террасы в долинах рек, открывающихся в депрессию. Приледниковый водоем между горными ледниками на севере и покровным ледником на юге существовал, вероятно, в течение непродолжительного времени. Осадконакопление в оз. Купальном, судя по материалам Д. Б. Денисова, началось в конце пребореального – начале бореального периода, что полностью

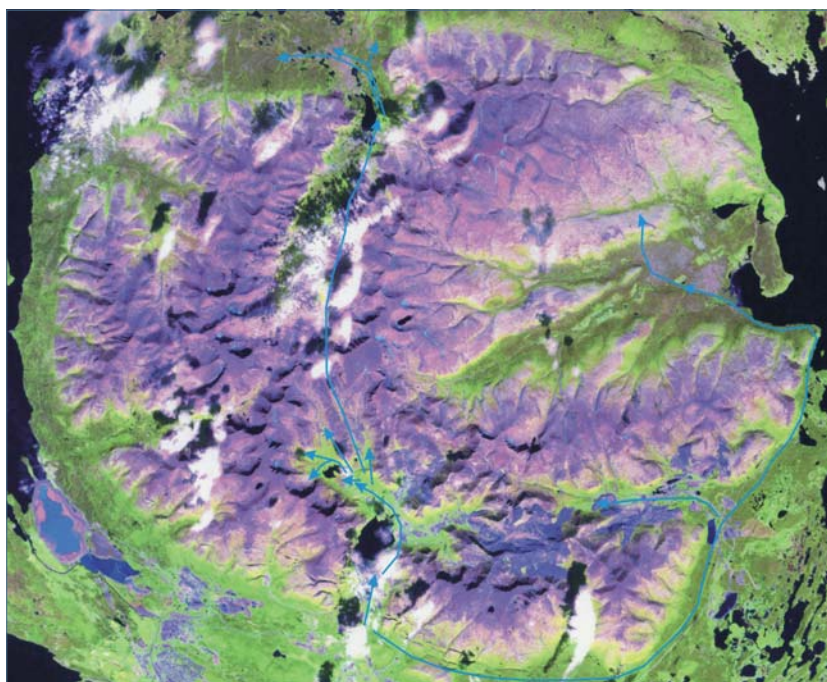


Рис. 1. Космический снимок Хибин с маршрутами отряда





Рис. 2. Глыба нефелинового сиенита Хибин

соответствует предложенной схеме развития событий.

Результаты исследований в южной части Хибин дают ключ для понимания последовательности развития горного оледенения в северных предгорьях

Хибин. Очевидно, предгорный ледник оккупировал предгорную равнину во время похолодания 10–11 тыс. лет назад, а ширококонечный ледник функционировал в начале голоцена (последние 10 тысяч лет геологической истории Земли).

На протяжении голоцена горные ледники многократно исчезали и вновь зарождались. К.М.Рябцева на основе геолого-геоморфологических исследований выделила четыре стадии горного оледенения. Первой из них отвечают, очевидно, конечные морены горных ледников в долинах, открывающихся в депрессию с озерами Большим и Малым Вудъявром. Последующая волна потепления, включающая климатический оптимум голоцена, привела к исчезновению горных ледников.

В завершающие 4,5 тыс. лет ледники появлялись еще трижды: примерно 4,5–4,0 тыс. лет назад, около 2,5–2,0 тыс. лет назад и в малый ледниковый период, длившийся ориентировочно с середины XV до середины XIX веков. Все они практически не выходили за пределы цирков, и занимаемые ими площади сокращались во времени.

В южной части Хибин на морене и флювиогляциальных отложениях горного оледенения Ю.М.Косаревой (МГУ)

обнаружены погребенные почвы, сформировавшиеся в промежутках между второй-третьей и третьей-четвертой стадиями горного оледенения с возрастами соответственно  $3780 \pm 110$  лет назад (ИГАН-3184) и  $1170 \pm 80$  лет назад (ИГАН-3186).

Современное оледенение Хибин представлено четырьмя ледниками. По данным В.Ф.Перова, в 1960-е гг. их площадь достигала 15–30 тыс. м<sup>2</sup> при мощности слоя льда до 30 м. Это оледенение, которое отнесено к эмбриональному типу, возникло, очевидно, в малый ледниковый период и в настоящее время деградирует.

Среднегодовая температура воздуха на плато Ловчорр, а также на прилегающей к Хибинам равнине приближается к максимальным значениям, отмеченным в 1930-е гг. Однако вполне вероятно, что в ближайшие годы потепление сменится похолоданием подобно тому, как это имело место в прошлом столетии. Некоторые исследователи, например О.Г.Сорохтин в брошюре «Эволюция и прогноз изменений глобального климата Земли», прогнозируют именно такое развитие событий.

В.Я.ЕВЗЕРОВ  
(Геологический институт  
Кольского НЦ РАН)

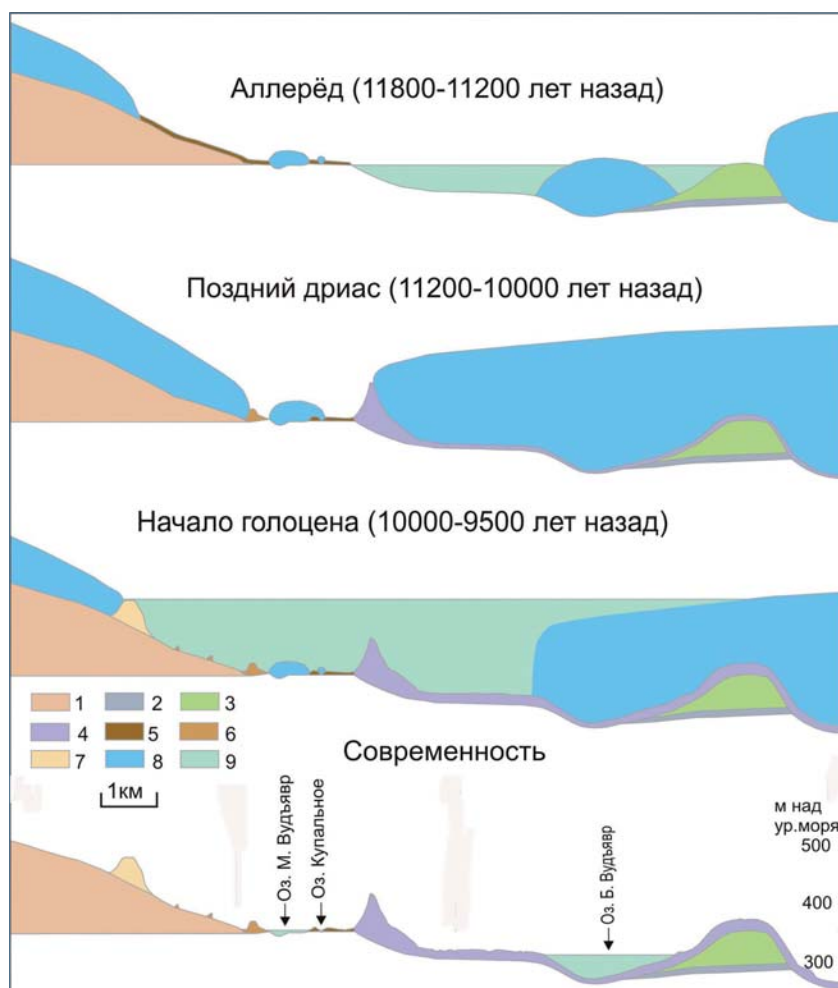


Рис. 3. Эволюция горного и покровного оледенений в позднем плейстоцене — начале голоцена  
Коренные породы: 1 — нефелиновые сиениты Хибинского плутона. Покровное оледенение: 2 — морена и водно-ледниковые отложения; 3 — флювиогляциальные и озерно-ледниковые отложения; 4 — морена с фрагментарно развитым тонким чехлом флювиогляциальных и озерно-ледниковых отложений.  
Горное оледенение: 5 — зандр; 6 — конечная морена и морена Де Геера; 7 — флювиогляциальная дельта.  
Лед: 8 — активный; 9 — мертвый

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ МЕТЕОГЕОФИЗИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ В АНТАРКТИКЕ

Российские обязательства по Антарктике в рамках МПГ 2007/08 предполагают организацию метеорологических и геофизических наблюдений в западном секторе этого континента. В точках, где ранее в 1984–1989 гг. располагались станции Молодежная, Русская, Ленинградская, планируется установить автоматические метеогеофизические станции.

Первая такая станция установлена вблизи станции Молодежная на скалистой возвышенности на высоте 74 м от уровня моря. 26 февраля 2007 г. по спутниковому каналу связи «Iridium» впервые были переданы результаты срочных метеорологических измерений, произведенных данной станцией. Они были приняты в ААНИИ. Станция продолжает в автоматическом режиме проводить срочные метеонаблюдения и ежедневно передавать результаты в ААНИИ.

Проект станции разработан российскими и финскими специалистами и реализован на базе оборудования MAWS 110 финской компании «VAISALA». Созданная станция предназначена для автоматических измерений скорости и направления ветра, атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, температуры подстилающей поверхности. Она также приспособлена для подключения комплекса геофизических датчиков. Метрологические характеристики измерительных каналов приведены в таблице.

Вся полученная измерительная и служебная техническая информация записывается во внутреннюю энергонезависимую память и передается по спутниковому каналу связи системы «Iridium» в формате SBD. Данные принимаются по интернет-почте, для доступа к ним служит специальный пароль.

Масса оборудования станции при транспортировке не более 170 кг, максимальный размер упаковки – 2,5 м. Питание осуществляется от никель-кадмиевого аккумуляторного источника с подзарядкой его от солнечных батарей. Параметры батарей и аккумуляторов подобраны так, чтобы обеспечить надежную работу станции в течение всего срока ее службы до 5 лет. Это достигается путем минимизации энергопотребления так, чтобы разряд аккумуляторов компенсировался их зарядкой от солнечных батарей в светлое время суток. Причем, когда совсем отсутствует солнечный свет и, следовательно, нет подзарядки аккумуляторов, их емкость достаточна, чтобы питающее напряжение не опускалось ниже 10,5 В. В результате даже при температуре воздуха ниже –45 °С обеспечивается нормальная работа всей станции, в том числе спутникового передатчика.

Метеорологические характеристики станции

| Измеряемый параметр                | Диапазон измерений | Погрешность      |
|------------------------------------|--------------------|------------------|
| Скорость ветра $W$ , м/с           | 0÷75               | $\pm(0,5+0,05W)$ |
| Направление ветра, град.           | 0÷360              | $\pm 5$          |
| Атмосферное давление, гПа          | 650÷1100           | $\pm 0,5$        |
| Температура воздуха, °С            | –50÷60             | $\pm 0,2$        |
| Относительная влажность воздуха, % | 0÷100              | $\pm 3$          |



Крепление мачты и размещение аккумуляторов питания

Автоматическая метеогеофизическая станция на базе MAWS 110, установленная на Молодежной, содержит следующее оборудование:

- логгер QML 201,
- комбинированный датчик WM30 скорости и направления ветра анемометрически-флюгерного принципа действия,
- кремниевый емкостной датчик атмосферного давления PMT16A,
- датчик HMP45D температуры платинно-резистивного типа Pt 100IEC751 и относительной влажности воздуха, выполненный на емкостном тонкопленочном полимере,
- модем спутниковой связи A3LA-D фирмы NAL,
- никель-кадмиевые батареи,
- солнечные батареи мощностью 25 Вт,
- метеорологическую мачту высотой 4 м.

Логгер, буферные аккумуляторы питания, система защиты внешних линий, датчик атмосферного давления и спутниковый модем расположены внутри влагозащитного корпуса. При этом датчики вместе с радиационной защитой закреплены на мачте, имеющей стальные оттяжки и стоящей на стальном постаменте. Аккумуляторы расположены под ним и укрыты от снежных наносов. Солнечные батареи жестко закреплены на скальном основании и сориентированы по солнцу. При помощи внешнего устройства сделана поправка начального атмосферного давления по высоте к уровню моря и проверена работоспособность станции, в том числе спутникового канала связи.

Таким образом, впервые в рамках МПГ 2007/08 российские специалисты наладили автоматические наблюдения и передачу метеоданных из Антарктики. В настоящее время изготовлены еще две подобные автоматические метеогеофизические станции, которые находятся на борту НЭС «Академик Федоров», следующего курсом на Антарктиду. В рамках 53-й РАЭ предполагается их установить в Антарктике и организовать сеть метеорологических наблюдений, о чем мы будем сообщать в дальнейших выпусках информационных бюллетеней МПГ 2007/08.

И.С.КОВЧИН (СПб ФИО РАН);

В.Л.МАРТЬЯНОВ, И.В.ИДРИСОВ (ААНИИ)

Фото предоставлено авторами



## КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПУЛЬСИРУЮЩИХ ЛЕДНИКОВ ПАМИРА

Исследования пульсирующих ледников проводятся в ИГ РАН с начала 1960-х гг. наземными, воздушными и космическими методами. Одним из наиболее продуктивных методов слежения за поведением пульсирующих ледников в настоящее время является целенаправленный космический мониторинг – система достаточно регулярных и длительных наблюдений за пространственно-временными изменениями размеров, формы и динамического режима нестабильных ледников с целью своевременного выявления их активизации и прогноза времени, масштабов и последствий ледниковых катастроф. В исследованиях использовались космические снимки со спутников «Ресурс-Ф» 1972–1991 гг. (разрешение 5–10 м); «Landsat-7» и «Terra», 1999–2007 гг. (разрешение 15–20 м).

Система космического мониторинга включает два уровня – региональный и локальный. Региональный космический мониторинг предназначен для выявления районов с динамически нестабильными ледниками, потенциальной опасности, связанной с эволюцией таких ледников. Основа регионального мониторинга – периодическая каталогизация пульсирующих ледников. Первый полный Каталог пульсирующих ледников Памира был создан в сотрудничестве ученых Института географии РАН и Среднеазиатского научно-исследовательского гидрометеорологического института РУ (Материалы гляциологических исследований, вып. 85,

1988). В нем на 1991 г. было выделено 630 нестабильных ледников, в том числе:

- с наблюдавшимися подвижками – 51;
- с признаками динамической нестабильности в настоящее время – 215, в прошлом – 364.

В результате обновления на 2006 г. число ледников с наблюдавшимися подвижками выросло до 55. Все эти ледники сосредоточены в центральной части Памира, в районе наиболее высоких гор и наиболее глубокого их расчленения.

Целью локального космического мониторинга является изучение закономерностей эволюции отдельных пульсирующих ледников, прогноз времени и масштабов возможных подвижек и их последствий. В рамках этого мониторинга в ИГ РАН были детально исследованы сложные пульсирующие ледники Памира: Бивачный-МГУ, Октябрьский, Гандо-Дорофеева, Сугран, Географического общества. Исследования базировались на совместном анализе результатов измерения скорости движения льда по продольным профилям пульсирующих частей ледников и стереоскопического дешифрирования изменений размеров и структуры их поверхности по разновременным космическим снимкам.

Рассмотрим результаты исследования эволюции ледника Сугран с 1972 по 2007 г. За указанный период произошли две подвижки этого ледника.

Первая (1976–1980 гг.) завершилась в пределах мертвого льда и относится к категории внутренних.

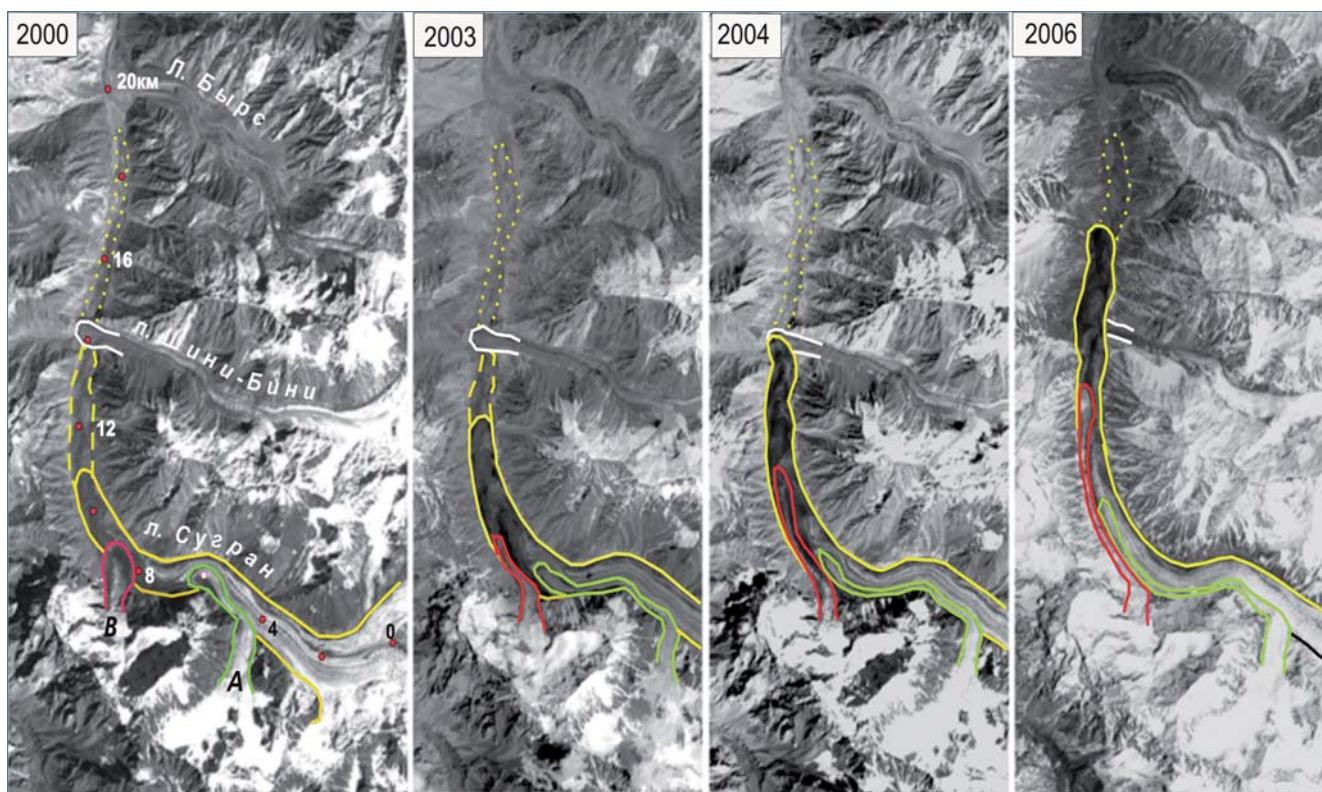


Рис. 1. Подвижка ледника Сугран в 2000–2006 гг. (фрагменты снимков ETM+ 2000 и ASTER 2003, 2004, 2006). Сплошными линиями показаны границы активных частей ледников, пунктиром – границы деградирующего языка ледника Сугран, точечным пунктиром – участки древнего мертвого льда и морен, точками показана продольная ось ледника L (в км). А и В – ледники-притоки

Вторая подвижка (2000–2005 гг.) происходила в три этапа (рис.1): первый завершился в 2001–2002 гг., когда продвижение активного конца было остановлено мертвым льдом предыдущей подвижки. Завершение второго этапа (2002–2004 гг.) связано с задержкой продвижения динамического конца ледника Сугран мертвым льдом и моренами – остатками наступившего в начале 1990-х гг. языка ледника Шини-Бини. На третьем этапе (ноябрь 2004 – весна 2005 г.) ледник продвигался по практически свободной долине. Общее продвижение динамического конца языка составило 4,5 км.

На этом леднике, как и на других исследованных нами сложных ледниках, существенную роль в динамическом режиме основного ствола играет его подпруживание льдом языков-притоков или массивами мертвого льда, поворотами долины и др. Выявление и оценка (учет) этих факторов позволяют понять природу переменной динамической нестабильности сложного ледника, что необходимо для прогноза его поведения в ближайшем будущем.

Исчерпывающую информацию о динамическом режиме ледника дает анализ серии последовательных скоростных кривых. Скорость движения льда, форма скоростной кривой и характер ее изменений служат надежным индикатором эволюции ледника (рис. 2): рост скорости движения льда в нижней части ледника к 2003 г., где прежде была зона продольного сжатия, однозначно указывает на приближение подвижки – преимущественно блокового движения с высокой скоростью и мощным продольным сжатием на конце.

На леднике Сугран впервые были детально измерены колебания скорости движения льда (семь временных интервалов) накануне кульминации подвижки в течение 15 месяцев 2003–2004 гг. На рис. 3 видно, что максимум скорости движения льда постоянно находится в нижней части языка ( $L = 10...13$  км), т.е. уже летом 2004 г. можно было прогнозировать быстрое продвижение ледника в самое ближайшее время.

Таким образом, для выявления и каталогизации, изучения динами-

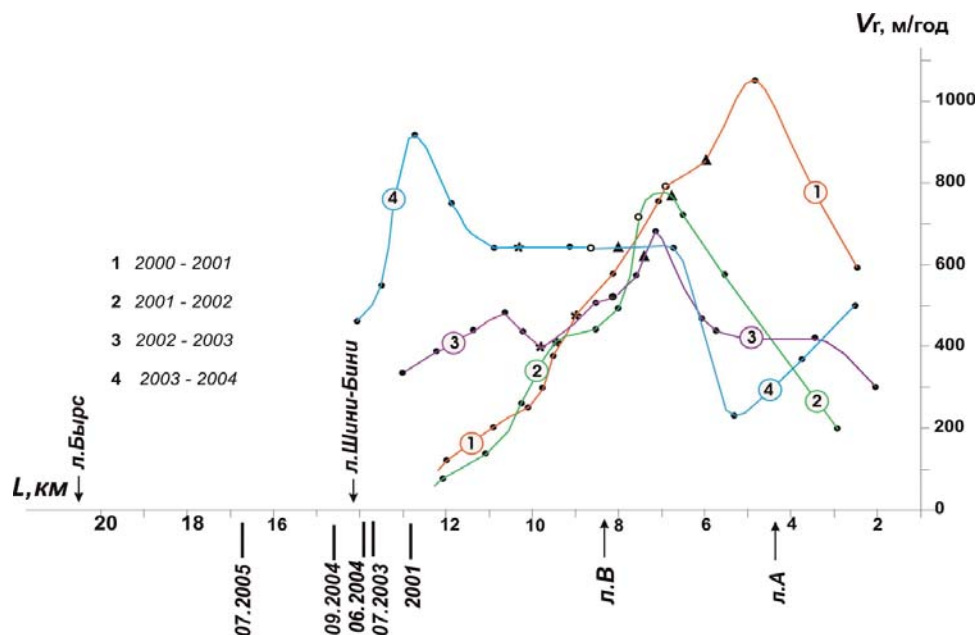


Рис.2. Скорость движения  $V_r$  по продольной оси  $L$  ледника Сугран в 2000–2004 гг. (положение продольной оси см. на рис.1). Стрелки – места впадения ледников-притоков. Цифры в кружках на скоростных кривых – интервалы времени измерения  $V_r$ . На скоростных кривых отмечены точки наблюдений

ки и получения оперативной информации о состоянии и поведении пульсирующих ледников целесообразно и достаточно использовать повторные космические съемки – чем длиннее ряд снимков, тем надежнее результат исследований.

Авторы благодарят Департамент геологической службы США (USGS) и организаторов проекта GLIMS (Глобальные измерения ледников из космоса) за предоставленные космические снимки Landsat и ASTER.

В.М.КОТЛЯКОВ, Г.Б.ОСИПОВА,  
Д.Г.ЦВЕТКОВ (ИГ РАН)

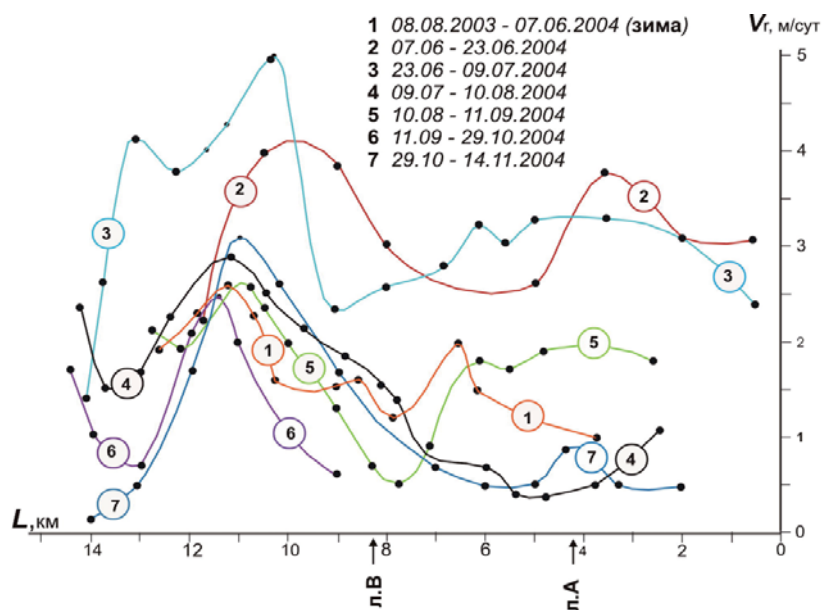


Рис. 3. Суточная скорость движения  $V_r$  ледника Сугран в 2003–2004 гг. Условные обозначения см. на рис. 2



## РЕГИОНАЛЬНАЯ ШКОЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА «ЛИЦОМ К СЕВЕРУ»

В ноябре 2007 г. в связи с 210-летием Российского государственного педагогического университета (РГПУ) им. А.И.Герцена и 75-летием факультета географии в университете состоялась Международная научная конференция «География: наука и образование в системе общество–школа–университет».

Конференция прошла под эгидой реализации инновационной образовательной программы РГПУ «Создание инновационной системы подготовки специалистов в области гуманитарных технологий в социальной сфере».

В рамках проведения мероприятий конференции состоялась региональная олимпиада школьников Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Огромную роль в подготовке и проведении олимпиады сыграли педагогическая и научная общественность Санкт-Петербурга и РГПУ.

Тема олимпиады «Лицом к Северу» выбрана не случайно: 2007 г. – это Международный полярный год. Олимпиада была призвана не только расширить кругозор учащихся, отразить особенности географического положения России и геополитические тенденции, но и подчеркнуть великие заслуги российских землепроходцев, географов, полярников в освоении Севера.

В жюри олимпиады вошли представители Русского географического общества, Комитета по образованию Правительства Санкт-Петербурга, Городского центра предметных олимпиад, Института переподготовки и повышения квалификации

работников образования и ведущие преподаватели факультета географии РГПУ.

Заявки на участие в олимпиаде подали более 100 школ и творческих коллективов Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Наибольшее число заявок поступило от учащихся образовательных учреждений Кировского района Санкт-Петербурга.

Олимпиада проходила в три этапа. На первый, отборочный этап участники представляли жюри стендовые доклады, где оценивались обоснование выбранной темы, оригинальность и научная до-

стоверность исследований и материалов, наглядность и профессионализм изложения материала, степень собственных изысканий школьников.

Во второй тур вышли 24 команды. В целях пропаганды знаний в области географии, этот тур проводился в образовательно-развлекательном центре

«Трансфорс». Здесь участники показали не только свои знания по тематике олимпиады, но и высокий уровень эрудиции.

Финал прошел на базе РГПУ. В него вышло пять творческих коллективов, которые представляли свои стендовые доклады в форме мультимедийной презентации и комментариев к своим исследованиям. Уровень всех презентаций был высоким, поэтому жюри приняло решение наградить всех финалистов почетными грамотами и ценными подарками.

Наиболее содержательным и отличающимся высоким уровнем стал доклад команды гимназии № 85 Петроградского района.



Заведующий лабораторией ледового плавания С.В.Фролов рассказывает об участии России в программах МПГ. Фото К.Ткаченко



Участники олимпиады. Фото В.Болотовой

## СООБЩЕНИЯ, РЕПОРТАЖИ, КОНФЕРЕНЦИИ

25 декабря в конгресс-холле ААНИИ состоялось награждение участников олимпиады. Заведующий лабораторией ледового плавания С.В.Фролов рассказал школьникам об участии России в программах МПГ 2007/08. После просмотра небольшого документального фильма об экспедиции Арктика-2007 состоялось вручение почетных дипломов,

книг и памятных сувениров. В итоге можно сказать, что школьники знают историю освоения полярных регионов, интересуются процессами, происходящими в Арктике и Антарктике, и активно участвуют в работе МПГ 2007/08.

*Д.А.СУБЕТТО (РГПУ им. А.И.Герцена),  
К.Г.ТКАЧЕНКО (ААНИИ)*

### ПОБЕДИТЕЛИ ОЛИМПИАДЫ «ЛИЦОМ К СЕВЕРУ»

**Гимназия № 85 Петроградского района, руководитель проекта А.Ю.Иванов:**  
Дмитриев Илья, Гуло Роман, Туманов Леонид, Ордяков Павел, Старовойтов Егор.

**Лицей № 384 Кировского района, руководитель проекта Е.В.Кочергина:**  
Дятлов Виктор, Фролов Вадим, Алексеев Сергей, Скобелев Дмитрий, Кинёва Анна.

**Дом детского творчества г. Павловска, руководитель проекта Т.К.Сафонова:**  
Гордеева Анна, Владимиров Константин, Абрамов Сергей, Сафонов Глеб, Тихомирова Анастасия.

**Школа № 50 Петроградского района, руководитель Н.В.Добрянская:**  
Митрясов Константин, Романов Дмитрий, Капарова Динора.

**Институт специальной педагогики и психологии, руководитель А.Ю.Иванов:**  
Минкина Алевтина, Пирогова Екатерина, Котова Таисия,  
Переплетчиков Никита, Кулибаба Леонид, Прудникова Елена.

### МОЛОДЫЕ ПОЛЯРНЫЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ

6 ноября 2007 г. в рамках заседания рабочей группы по Международным научным исследованиям в Российской Арктике Арктического Совета (ISIRA) проведена сессия докладов по результатам исследований по проектам МПГ в 2007 г. группой молодых полярных исследователей.

Всего экспертами из шести приарктических государств и членами ISIRA заслушено семь докладов – по проектам МПГ в области изучения динамики арктических ледников (И.Лавретьев), реконструкции климата (Е.Долгова), арктических птиц на о. Колгуев (П.Глазов), почв и запаса в них углерода в Северо-Восточной Сибири (Н.Мергелов), содержанию метана в мерзлоте арктических регионов (Г. Краев) и по термическому режиму многолетнемерзлых грунтов в районах Камчатки (А.Абрамов).



Рабочий момент

Молодые ученые приняли участие и в дискуссии о приоритетах в развитии международных исследований в Российской Арктике в рамках программы МПГ 2007/08.

*А.А.ТИШКОВ (ИГ РАН)  
Фотографии предоставлены автором*



У входа в ААНИИ



Участники дискуссии



*Уважаемые коллеги!*

*Если у вас есть информация о событиях и мероприятиях МПГ 2007/08 в Ваших учреждениях и регионах, ее можно представить в бюллетене «Новости МПГ 2007/08».*

*Высылайте тексты с фотографиями, схемы и т.д. по адресу:*

*199397, Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38, ААНИИ, тел./факс: (812)352–2735, e-mail: siac@aari.nw.ru.*

*Участвуйте в летописи МПГ.*



Организационный комитет  
по участию Российской Федерации  
в подготовке и проведении мероприятий  
в рамках Международного полярного года (2007/08)  
([www.ipyrus.aari.ru](http://www.ipyrus.aari.ru)), тел. секретариата (495)252–4511.

Центр по научному  
и информационно-аналитическому обеспечению деятельности  
Организационного комитета  
по участию Российской Федерации  
в подготовке и проведении мероприятий  
в рамках Международного полярного года (2007/08) (НИАЦ),  
Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38, тел./факс: (812)352–2735, e-mail: [siac@aari.nw.ru](mailto:siac@aari.nw.ru)

Евразийское арктическое отделение по МПГ 2007/08 ([www.ipyeaso.aari.ru](http://www.ipyeaso.aari.ru))

**Новости МПГ 2007/08**

**№ 12 (февраль 2008 г.)**

**ISSN 1994–4128**

ГНЦ РФ Арктический и антарктический  
научно-исследовательский институт  
199397, Санкт-Петербург, ул. Беринга, 38

Ротап rint ГНЦ РФ ААНИИ  
199397, Санкт-Петербург, ул. Беринга, 38  
Заказ № 14. Тираж 300 экз.

**Редколлегия:**

**С.Б.Балясников (редактор),**

тел. (812) 352–2735, e-mail: [siac@aari.nw.ru](mailto:siac@aari.nw.ru)

**А.И.Данилов, В.Г.Дмитриев, А.В.Клепиков, А.А.Меркулов, С.М.Прямиков,**

**К.Г.Ткаченко (секретарь редакции)**

**Оригинал-макет: А.Б.Иванова. Корректор: Е.В.Миненко**

**Фото на обложке В.А.Сарана**