

ИТОГИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И НАБЛЮДЕНИЙ НА НИС «ЛЕДОВАЯ БАЗА МЫС БАРАНОВА» В 2022/23 ГОДУ

Научно-исследовательский стационар (НИС) «Ледовая база Мыс Баранова» ФГБУ «ААНИИ» Росгидромета располагается на северо-западной оконечности о. Большевик архипелага Северная Земля в районе одноименного мыса на берегу пролива Шокальского. Стационар является одним из самых северных расположенных на суше пунктов наблюдательной сети Росгидромета. Принимая во внимание обширный и исключительный по направленности деятельности состав и объем выполняемых наблюдений, можно говорить о том, что стационар практически функционирует в статусе гидрометеорологической обсерватории. Наблюдения на стационаре ведутся с 2013 года на основании акта открытия гидрометеорологической станции «Ледовая база Мыс Баранова» с присвоением синоптического индекса «20094».

Работы на стационаре выполнялись в соответствии с Государственным заданием на 2023 год: «Обеспечить выполнение программ научных наблюдений и развитие инфраструктуры на научно-исследовательском стационаре «Ледовая база Мыс Баранова», направленные на проведение научных и прикладных исследований в Арктике, развитие современного научно-исследовательского стационара в Арктике, внедрение современных технологий производства наблюдений за природной средой северной полярной области, увеличение объема гидрометеорологической информации для использования в оперативной практике, создание электронных архивов данных в области метеорологии, океанологии, гидрологии, гляциологии и палеогеографии, получение новых данных об аэрозольном загрязнении атмосферы и концентрации парниковых газов в высокоширотной Арктике и о климатическом состоянии Арктики на основе гляциологических исследований и наблюдений, обеспечение национального вклада в сеть КриоНет (Глобальная служба криосферы) ВМО».

Основные цели работ на стационаре определены «Программой научных наблюдений и экспедиционных работ Высокоширотной арктической экспедиции ФГБУ «ААНИИ» Росгидромета и сводятся к следующему:

- проведение круглогодичных стандартных и специальных метеорологических, геофизических наблюдений; сезонных ледовых, океанологических, гидрологических, гляциологических наблюдений;
- осуществление комплексного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды; исследования газообмена в системе атмосфера — лед — океан и атмосфера — суша;
- постановка специальных экспериментальных работ, направленных на исследование процессов, определяющих климатические изменения в этом высокоширотном районе Арктики, и оценку их влияния на природную среду и экосистему Арктического региона России;
- выполнение научно-методических работ по испытанию новых методов исследований ледяного покрова, имеющих большое практическое значение в связи с рас-

ширяющимся хозяйственным освоением Арктического региона.

Смена зимовочных составов на стационаре была произведена 10 октября 2023 года. Отчеты отрядов и в целом экспедиции, накопленные массивы информации представлены в Государственные фонды данных. Предварительные итоги экспедиции обсуждены и одобрены на заседании Ученого совета ААНИИ в декабре 2023 года.

Ниже представляется краткий обзор погодно-климатической ситуации в районе расположения стационара в период сентябрь 2022 — сентябрь 2023 года.

Накопленный десятилетний ряд стандартных восьмисрочных метеонаблюдений на стационаре позволяет сделать предварительные выводы о межгодовой изменчивости атмосферных параметров в этом районе. На рис. 1 приведены средние месячные значения температуры воздуха на уровне 2 метра, а также максимальные и минимальные температуры воздуха за месяц. Наблюдавшиеся в течение года среднемесячные значения приземной температуры воздуха близки к норме. Отмечен максимум температуры в июле 2023 года, составивший $+17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, что близко к абсолютному максимуму ($+17,8\text{ }^{\circ}\text{C}$), зафиксированному в августе 2020 года. В январе отмечен абсолютный минимум $-41,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ за весь период наблюдений. В целом можно отметить рост температуры воздуха за 10-летний период от 2013 до 2023 года на $+2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Оценка выполнена линейным трендом по средним месячным значениям с коэффициентом $0,0173$.

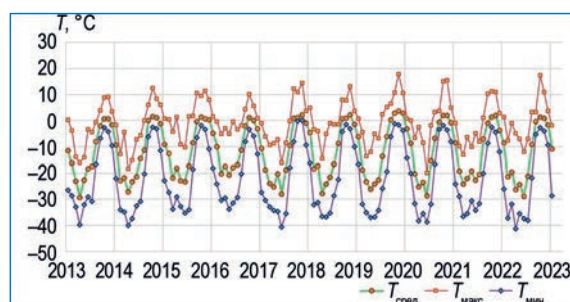


Рис. 1. Средние месячные значения температуры воздуха ($T_{\text{сред.}}$), максимальная ($T_{\text{макс.}}$) и минимальная ($T_{\text{мин.}}$) температуры воздуха за период с октября 2013 по октябрь 2023 года

На рис. 2 показан многолетний ход средних месячных значений атмосферного давления на уровне станции ($P_{\text{сред.}}$) за весь период измерений. В январе 2017 года отмечен минимум ($P_{\text{мин.}}$), равный $960,2\text{ гПа}$. В январе 2015 г. отмечен максимум ($P_{\text{макс.}}$) = $1049,6\text{ гПа}$. В 2023 году можно отметить уменьшение амплитуды колебаний от максимальных до минимальных значений. В январе 2023 года отмечены максимальные значения $P_{\text{макс.}}$ = $1044,6\text{ гПа}$ и $P_{\text{мин.}}$ = $975,9\text{ гПа}$ в марте.

За 10-летний период можно отметить падение среднего месячного давления на $-1,9\text{ гПа}$. Оценка выполнена по линейному тренду с коэффициентом $0,0156$.

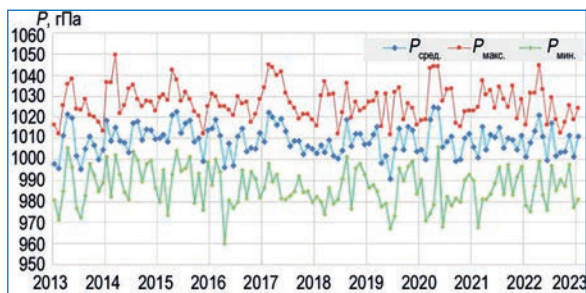


Рис. 2. Средние месячные значения атмосферного давления на уровне станции $P_{\text{сред.}}$, $P_{\text{макс.}}$ и $P_{\text{мин.}}$ (гПа) за период наблюдений 2013–2023 годы

Данные по числу случаев N (повторяемость) форм облачности по среднегодовым данным за весь период наблюдений приведены на рис. 3. Максимальные значения повторяемости отмечены для кучевых форм. Распределение имеет два максимума, соответствующих слоисто-кучевым (Sc) и высококучевым облакам среднего яруса (Ac). Затем следуют значения повторяемости облачности слоистых форм (As , St). Годовой ход общего и нижнего балла облачности имеет минимум в декабре и максимум в летние месяцы. В 2023 году значения $N_{\text{общ.}}$ и $N_{\text{ниж.}}$ близки к норме. В целом можно отметить рост общего балла облачности $N_{\text{общ.}}$ от марта к октябрю и уменьшение значений балла нижней облачности $N_{\text{ниж.}}$ от апреля к декабрю. Минимум значений $N_{\text{ниж.}}$ отмечен в январе–марте.

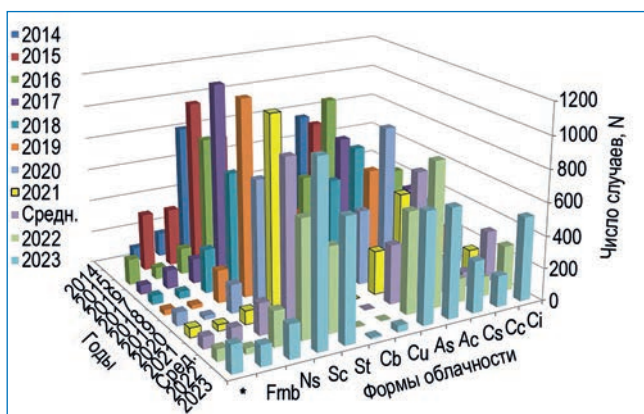
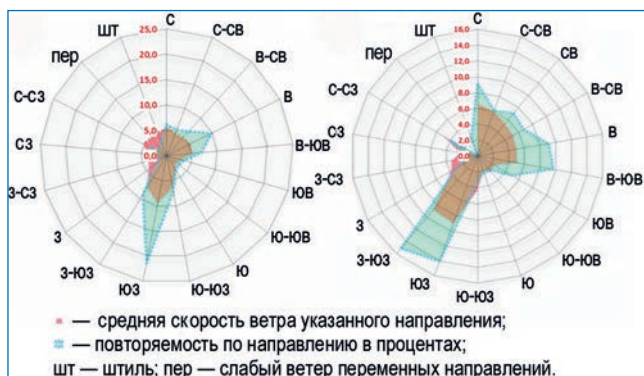


Рис. 3. Среднегодовые значения числа случаев N и форм облачности за период 2014–2023 годов

На рис. 4 приведены розы ветров за 2023 год и за весь период наблюдений с 2013 по 2023 год. Показано распределение средней скорости ($V_{\text{сред.}}$) и повторяемости по направлениям в процентах ($P\%$) по румбам. Распределение как направления, так и скорости ветра имеет

Рис. 4. Роза ветров за 10-летний период наблюдений (слева), за 2023 год (справа)



бимодальный характер. Оба параметра демонстрируют максимальные значения для ветров юго-западного и восточного направления (B – $BЮВ$) за весь период наблюдений. В 2023 году роза ветров показывает смещение моды значений к направлениям $З$ – $ЮЗ$ и B – $ЮВ$ примерно на один румб. Среднемесячная скорость за весь период наблюдений имеет максимум $V_{\text{сред.}} = 11,4$ м/с в январе 2017 года. В феврале 2018 года было зафиксировано максимальное значение скорости ветра $V_{\text{макс.}} = 41$ м/с. В мае 2023 года наблюдалась максимальная скорость ветра $V_{\text{макс.}} = 31$ м/с. Можно отметить уменьшение максимальных скоростей ветра в 2021–2023 годах.

Многолетний ход месячных сумм осадков и значений высоты снежного покрова за период с 2013 по 2023 год приведен на рис. 5. В зимний период 2021/22 года отмечался устойчивый снежный покров более 30 см. Абсолютный максимум высоты снежного покрова ($H = 83$ см) зафиксирован 5 мая 2022 года. В 2023 году высота снежного покрова не превышала 25 см. Отмечено снижение месячных сумм осадков от 2014 к 2023 году. В 2023 году наблюдалась близкая к норме сумма осадков. При этом части сумм за «теплый» (июнь–сентябрь) и «холодный» периоды примерно равны.

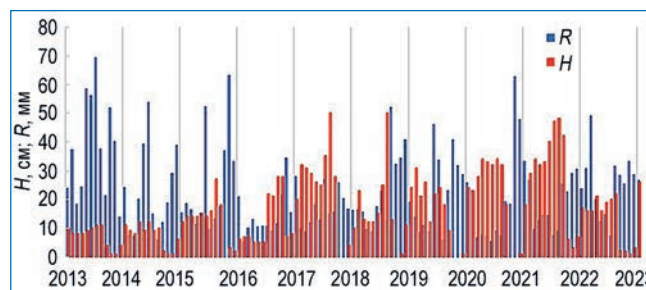


Рис. 5. Месячные суммы осадков (R , мм) и высота снежного покрова (H , см) за период с 2013 по 2023 год

В рамках стандартных метеорологических наблюдений обеспечен мониторинг основных метеорологических величин и атмосферных явлений по 8 срокам и получены режимные (месячные) обобщения в виде таблиц ТМС и первичных книжек КМ-1. Метрологическое обеспечение выполнялось с использованием ежегодно поверяемых контрольных приборов. Выполнена программа оперативного метеорологического обеспечения в виде синоптических телеграмм.

Программа стандартных актинометрических наблюдений включала в себя непрерывную регистрацию четырех компонент радиационного баланса по всемирному и истинному солнечному времени с получением таблиц ТМ-13, а также измерения прозрачности атмосферы и прямой солнечной радиации в «срок» в книжках КМ-12. Метрологическое обеспечение выполнялось с использованием ежегодно поверяемых контрольных приборов. Электронные архивы и таблицы метеорологических и актинометрических наблюдений переданы в ГосФонд ААНИИ.

Помимо стандартных метеонаблюдений на стационаре в 2022/23 году велись работы в рамках специальных метеорологических наблюдений по одиннадцати программам, представленным ААНИИ, а также в сотрудничестве ААНИИ с институтами РАН и НИУ Росгидромета, а именно:

- измерение составляющих радиационного баланса по программе Базовая сеть радиационных наблюдений (БСРН);
- снегомерные съемки на припайном льду; анализ структуры снежного покрова (высота и плотность снеж-

ного покрова, а также измерения альbedo подстилающей поверхности);

- измерение температуры, влажности, турбулентных потоков тепла и парниковых газов;

- дистанционное измерение профиля температуры воздуха в слое от 0 до 1000 м (МТР-5Рe), дискретность измерений 5 минут;

- исследование химического состава аэрозоля в приземном слое атмосферы методом отбора проб (совместно с ИОА СО РАН);

- измерение концентрации и суммарного содержания озона в приземном слое атмосферы; измерение УФ-радиации (совместно с ГГО);

- отбор проб атмосферных осадков, озерной воды и снега в районе станции и за ее пределами (совместно с ГГО);

- наблюдения за удельной электрической проводимостью воздуха и напряженностью электростатического поля (совместно с ГГО);

- измерение интегрального влагозапаса атмосферы с помощью радиометра РВП (совместно с ИПА РАН);

- исследование химического состава атмосферных аэрозолей в приземном слое методом отбора проб на фильтры (совместно с ТОИ ДВО РАН).

Выполнение наблюдений по указанным направлениям находится в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ».

Выполнение программы температурно-ветрового зондирования атмосферы успешно обеспечено при использовании базовой станции системы радиозондирования БС СР «ПОЛЮС»-С с радиозондом МРЗ-Н1 и оболочками отечественного производства. Осуществлен запуск 364 аэрологических зондов. Средняя высота зондирования составила около 29,8 км, а максимальная высота — 34,8 км. Отслежена динамика высотного расположения тропопаузы, которое изменялось в диапазоне от 5,3 до 12,1 км.

По данным стандартных ледовых наблюдений выявлены особенности ледового режима в отчетный период. Ледовая обстановка в целом характеризовалась стабильностью. Наибольшие изменения обстановки связаны с состоянием льдины в море Лаптевых, край которой находился в 20–25 км к северо-востоку от стационара. Максимальная средняя толщина льда на специально разбитом ледовом промерном полигоне была достигнута в середине июня 2023 года и составляла 174 см. Максимальная абсолютная толщина — 185 см. Взлом припая в проливе Шокальского произошел в середине последней декады июня, а вынос припая из пролива состоялся к 16 июля. Первое полное очищение пролива ото льда отмечено 14 августа.

Проведены углубленные исследования морского льда в проливе Шокальского, которые, помимо морфометрических наблюдений на ледовом полигоне, включали в себя также наблюдения за вертикальным распределением характеристик прочности льда с применением скважинного зонд-индентора, испытания прочности образцов льда (получаемых из отобранных кернов) с помощью гидравлического пресса, работы по изучению прочности льда на изгиб. Инструментальные наблюдения за динамикой льда велись при использовании автономной системы на базе регистратора «Байкал-7HR» с сейсмометром СМЕ-4111-ЛТ, установленной в специальном бункере на льду, а также на месте выхода коренных пород на территории станции.

Совместно с ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова» УрО РАН на стационаре с 2016 года функционирует пункт сейсмических наблюдений с целью получения наиболее полной информации о сейсмичности данного региона. Наблюдения ведутся за сейсмическими событиями, обусловленными землетрясениями и локальными микросейсмами от динамики льдов, посредством сейсмометра СМЕ 4111-ЛТ. Наблюдения за колебаниями грунта побережья ведутся с применением сейсмометра СМГ-6ТD. Данные наблюдений передаются непосредственно в ФИЦКИА УрО РАН. Отчетность о выделенных землетрясениях представляется в виде ежедекадного бюллетеня сейсмической станции «Северная Земля» (SVZ), ежемесячного сейсмического каталога Архангельской сети и карт, построенных на его основе.

В рамках программы океанографических наблюдений с установлением достаточно прочного припая был продолжен мониторинг термохалинной структуры воды в двух точках, удаленных от берега на 2 и 5 км, начатый еще в 2014 году. В этих же точках получены серии наблюдений над течениями во всей водной толще с применением акустических доплеровских профилографов WHS 300 и WH LS 75. Выполнены океанографические разрезы в заливе Микояна и заливе Ахматова. Получена серия наблюдений длительностью более года за уровнем моря на берегу в районе стационара.

Данные наблюдений над течениями, полученные в 2023 году, подтверждают выводы, сделанные по более обширному массиву данных 2022 года. Течения в проливе Шокальского имеют реверсивный характер в двух аспектах: приливо-отливные течения при доминировании волн лунного полусуточного прилива M_2 , а также нерегулярные изменения направления течения вдоль оси пролива на противоположное в масштабах времени порядка 10 суток. Во втором случае суммарный перенос вод в отдельные промежутки времени может быть направлен как из Карского моря в море Лаптевых, так и наоборот. Наиболее вероятной причиной перестройки течений являются бароградиентные течения, обусловленные изменениями зонального градиента атмосферного давления в районе архипелага. Смена направления течения сопровождается усилением вертикального сдвига скорости течения, ведет к развитию турбулентности, к трансформации термохалинной структуры и в конечном счете к интенсификации процессов вертикального обмена теплом и свойствами. В последующем предстоит установить, в какой мере обнаруженное локальное явление значимо в процессе взаимодействия атмосферы и океана и насколько общий характер оно имеет в зоне арктических архипелагов.

В годовом цикле на стационаре ведутся геофизические наблюдения и исследования. В состав наблюдений по геомагнетизму входят: измерения трех компонент магнитного поля Земли (МПЗ), модуля индукции полного вектора МПЗ, абсолютные измерения. Выполнялись спектральные наблюдения солнечной УФ-радиации, риометрические наблюдения. В автоматическом режиме выполнялось трансферное зондирование ионосферы, а также исследование условий распространения радиоволн декаметрового диапазона и параметров ионосферы методом наклонного радиозондирования. Данные наблюдений в оперативном режиме поступали в Полярный геофизический центр АНИИ.

На стационаре функционирует одна из станций наблюдений программно-аппаратным комплексом высо-

коорбитальной радиотомографии (ПАК ВОРТ). Станция «Ледовая база Мыс Баранова» работает на постоянной основе в составе сети ВОРТ, управляемой ФГБУ «Институт прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова». Станция участвует в ежечасных круглосуточных реконструкциях структуры ионосферы Земли методом радиотомографии. Данный метод предусматривает трансionoсферное зондирование сигналами спутников ГЛОНАСС и GPS на двух частотах, выделение диспергирующей составляющей изменения задержек сигнала на луче «спутник-приемник» и составление объемных 3D-карт ионосферы над территорией России. Ионосферные наблюдения проводятся с целью мониторинга и получения оперативных данных о состоянии ионосферы Земли, межпланетного и околоземного космического пространства. Задачами наблюдений на НИС «Ледовая база Мыс Баранова» являются: непрерывная регистрация изменений состояния ионосферы; измерение абсолютных значений полного электронного содержания, степени изменчивости полного электронного содержания, амплитудных и фазовых сцинтилляций. Станция «Ледовая база Мыс Баранова» имеет критически важное значение для мониторинга геофизических условий в районе Северного Ледовитого океана, являясь уникальной по своему расположению в данном районе и не имеет заменяющих станций. Ближайшие к ней станции сети ВОРТ — «Диксон» и «Тикси» находятся на удалении более 800 и 1000 км соответственно.

Объем наблюдений и исследований в районе стационара традиционно возрастает в весенне-летне-осенний период в рамках экспедиции «Север» с прибытием на НИС сезонных научных отрядов. В ходе сезонной экспедиции (05.04–06.12.2023) выполнены наблюдения и исследования в области гидрологии водных объектов суши, гляциологии, геокриологии, а также топографо-геодезические работы.

В части изучения гидрологических процессов и выявления гидрологических особенностей пресноводных систем архипелага Северная Земля решались задачи получения количественных характеристик и соотношений элементов водного баланса водосборов и отдельных участков местности, а также выделения закономерностей в изменении этих соотношений в зависимости от гидрометеорологических и физико-географических условий. Указанные задачи решались путем выполнения:

- ежедекадных снегомерных съемок на шести снегомерных площадках и съемок на реперных профилях водосбора р. Мушкетова;
- комплекса гидрометрических работ на пяти створах четырех рек и оз. Твердое и Спартаковское;
- геокриологического мониторинга по семи мерзлотмерам типа АМ-21 в районе стационара и в створе гидрологического поста наблюдений р. Мушкетова;
- комплекса метеонаблюдений с применением АМК НОВО на водосборе р. Базовая восточной экспозиции в период с 28 апреля по 18 октября 2023 года.

Гидрологические условия в сезон 2023 года характеризовались следующим. Водозапас в снеге на начало теплого периода на водосборе реки Мушкетова составил 213 мм, что выше среднего (186 мм) на 15 % за семь лет наблюдений. Теплый период имел продолжительность 88 дней, что соответствует среднему (86 дней) за 10 лет наблюдений. Внутри теплого периода отмечено увеличение дней с отрицательной среднесуточной температурой на четыре дня. Число дней со средней положительной среднесуточной температурой — 68, что на

два дня меньше среднего за семь лет значения. Период сезонного стока характеризовался продолжительностью периода стока характеристиками гидрологического режима выше среднего. Сумма положительных температур теплого периода по данным АМК НОВО составила 297,3 °C ($T_{\text{макс.}} = 20,3 \text{ °C}$), что значительно выше, чем по данным стандартных метеорологических наблюдений в районе стационара (89,7 °C). Указанный факт свидетельствует о существенном воздействии локальных особенностей рельефа на формирование погодных характеристик отдельных территорий в окрестности стационара.

Цель гляциологических исследований на острове Большевик — комплексное изучение оледенения острова и многолетнемерзлых грунтов. В полевой сезон 2023 года выполнялись снегомерные наблюдения на гляциологическом полигоне им. Л.С. Говорухи (ледник Мушкетова), съем данных с термодатчиков, заглубленных на глубину до 10 м, обновление снегомерных вех на гляциологическом полигоне взамен вытаявших или засыпанных снегом и наблюдения за наполнением оз. Спартаковское талой водой с окружающих его ледников.

Весенняя снегосъемка позволила подсчитать баланс массы ледника Мушкетова за 2021/22 балансовый год, который составил минус 339 мм в водном эквиваленте, т. е. нарастание льда не отмечается. Баланс массы на 2022/23 балансовый год на данный момент носит ориентировочный характер и будет уточнен в 2024 году, однако по предварительным данным отмечена зона накопления на леднике — впервые с 2018 года.

Топографические работы в наполняющемся ледниково-подпрудном оз. Спартаковское позволили измерить уровень воды, достигший осенью 2023 года отметки 52 м, притом, что максимальный уровень в 108 м был зафиксирован в 2021 году.

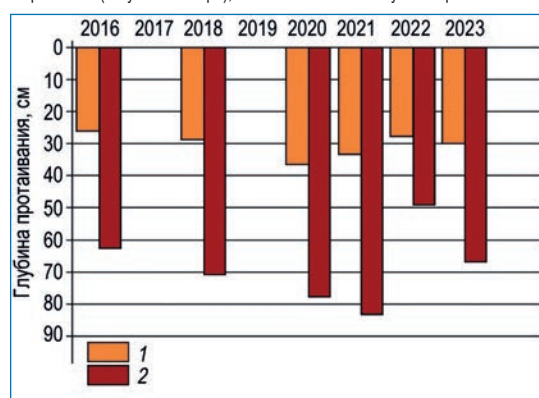
Топографо-геодезические работы проводились как в рамках топографического обеспечения научных отрядов, так и аналогичного обеспечения общестроительных работ на стационаре, включая получение геодезических данных, необходимых для аэронавигационного паспорта введенной в строй весной 2023 года взлетно-посадочной полосы (ВПП) «Мыс Баранова».

В рамках геокриологических исследований проводились измерения глубины протаивания грунта на мерзлотном полигоне, имеющем форму квадрата со стороной 10 м (121 точка измерения), вблизи стационара. На рис. 6 представлены сведения о глубине протаивания на полигоне по данным наблюдений с 2016 года.

На НИС «Ледовая база Мыс Баранова» с октября 2022 года функционирует пункт ФАГС (фундаментальная

Рис. 6. Глубины протаивания грунта на мерзлотном полигоне НИС.

1 — средняя глубина протаивания грунта на полигоне в момент его максимального развития (август–сентябрь), 2 — максимальная глубина протаивания



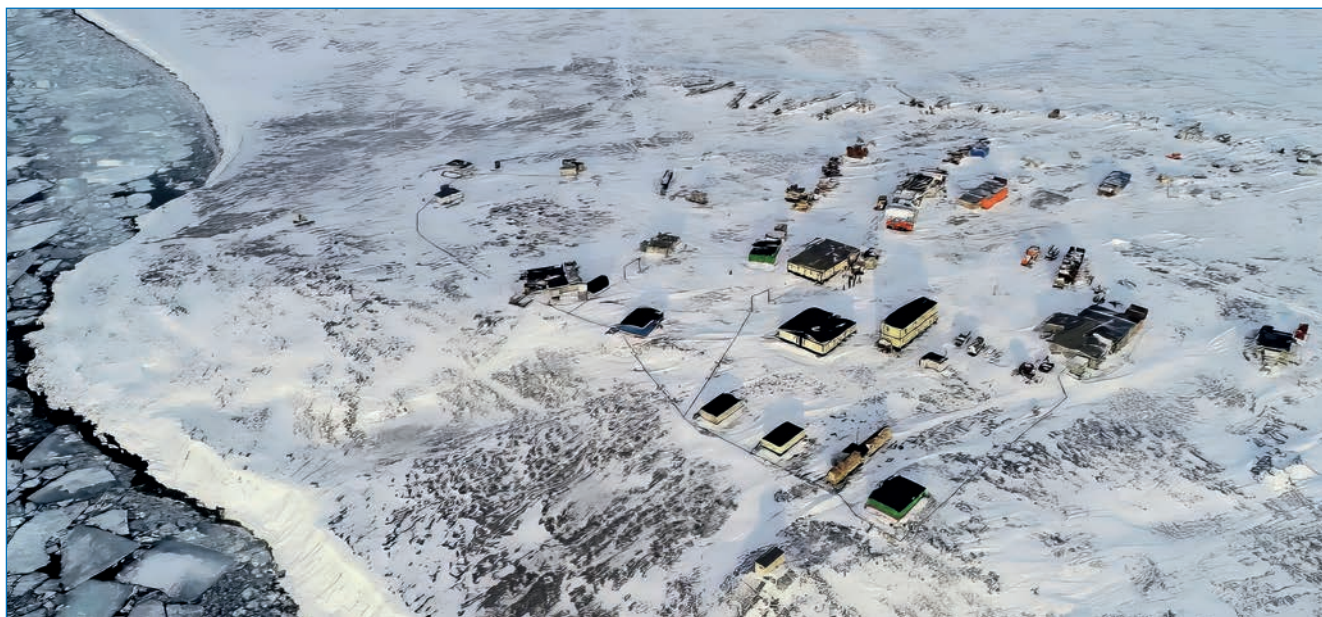


Рис. 7. Общий вид НИС «Ледовая база Мыс Баранова». Лето 2023 года

астрономо-геодезическая сеть) в рамках реализации проекта «Цифровая экономика Российской Федерации». Целью данного проекта является повышение точности определения координат на территории Российской Федерации и обеспечение эффективного применения ГЛОНАСС в системе геодезического и навигационного обеспечения. АО «Роскартография» выполняет работы по созданию в государственных интересах 26 новых геодезических пунктов наивысшей точности, в том числе один пункт — в зоне оперативного управления ФГБУ «ААНИИ». Пункт предназначен для непрерывных спутниковых измерений и передачи их в центр ФГБУ «Центр геодезии, картографии и пространственных данных».

На стационаре продолжают работы по совершенствованию научной и жилой инфраструктуры. В 2023 году введен в эксплуатацию новый модульный дом, способный принять до 10 человек персонала. Начаты работы по строительству ангара для техники (сделан фундамент). Выполнен ряд ремонтных работ в жилых и хозяйственно-бытовых строениях. Общий вид стационара по состоянию на лето 2023 года представлен на рис. 7.

В 2023 году на НИС «Ледовая база Мыс Баранова» завершено строительство снежно-ледовой ВПП и состоялся ввод ее в эксплуатацию. 7 апреля 2023 года подписан Акт на первый технический рейс, комиссия

Рис. 8. Ан-72 на ВПП «Мыс Баранова». 9 апреля 2023 года



признала годной к эксплуатации посадочную площадку «Мыс Баранова» (позывной «Берлога»). Этому событию предшествовали работы по монтажу отдельной приводной радиостанции на основе приводного радиомаяка АРМ-150, по энергоснабжению систем ВПП, подготовке помещения КДП (контрольно-диспетчерский пункт) и монтажу светосигнального оборудования ВПП. 9 апреля состоялся первый технический рейс самолета Ан-72, который дал начало последующим полетам самолетов Ан-72 и Ан-74 на ледовую базу «Барнео» через посадочную полосу «Мыс Баранова», посредством которой была выполнена ротация персонала дрейфующей станции СП-41 и доставка грузов на НЭС «Северный полюс» (рис. 8).

Смена персонала и доставка материально-технического снабжения на стационар были обеспечены НЭС «Академик Трёшников» в период 8–10 октября 2022 года. Часть грузовых операций выполнена с помощью вертолета Ка-32С АО НПК «ПАНХ». На станцию были доставлены до 850 тонн генерального груза, включая груз с временной полевой базы «Хастыр», 250 тонн дизельного зимнего топлива и 195 тонн авиационного топлива.

В заключение можно с удовлетворением отметить, что за десять лет со дня основания научно-исследовательский стационар «Ледовая база Мыс Баранова» существенно укрепил свой научно-технологический, инфраструктурный, технический, транспортный, телекоммуникационный потенциал; а за счет введения в строй снежно-ледовой ВПП принципиально улучшил транспортную связность с центрами снабжения и логистики. Эти обстоятельства в совокупности усиливают роль стационара в общей распределенной наблюдательной сети ААНИИ Росгидромета и создают благоприятные предпосылки к расширению состава наблюдений и исследований.

*С.Б. Лесенков, В.Т. Соколов, В.Е. Соколова,
Л.А. Старцев, А.А. Речнов (ААНИИ).
Фото А.С. Парамзина (ААНИИ)*