ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И РАБОТ НА НИС «ЛЕДОВАЯ БАЗА МЫС БАРАНОВА» В 2023/24 ГОДУ

В период 15–18 сентября 2024 года произошла очередная смена персонала Научно-исследовательского стационара (НИС) «Ледовая база Мыс Баранова». Стационар располагается на побережье северо-западной оконечности о. Большевик (арх. Северная Земля) вблизи мыса Баранова. В этой части острова берег омывается водами пролива Шокальского, соединяющего моря Карское и Лаптевых. На годичную вахту заступила двенадцатая с 2013 года смена ученых и специалистов разнообразного профиля в области наук о Земле, а также технических специалистов, ответственных за поддержание в рабочем состоянии жилой, энергетической, телекоммуникационной и транспортной инфраструктуры стационара.

Смена персонала и материально-техническое обеспечение стационара на предстоящий год осуществлены с борта НЭС «Академик Федоров» с привлечением вертолета Ми-8 МТВ а/к «КрасАвиа». На стационар доставлены 104 т генерального груза, включая 20 т продуктов питания, 250 т дизельного зимнего топлива и 60 т авиационного топлива ТС-1. Численность персонала стационара в зимний сезон 2024/25 года насчитывает 24 специалиста.

Комплекс работ на стационаре в период 2023–2024 годов выполнялся согласно плану НИТР НИУ Росгидромета на 2024 год в соответствии с проектом 5.1 «Развитие моделей, методов и технологий мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы, океана, морского ледяного покрова, ледников и вечной мерзлоты (криосферы), процессов взаимодействия льда с природными объектами и инженерными сооружениями для Арктики и технологий гидрометеорологического обеспечения потребителей (2020–2024 гг.)». В соответствии с программой работ выполнен годовой цикл наблюдений и исследований в области метеорологии, аэрологии, геофизики, океанографии и ледоведения. Проведены работы по развитию инфраструктуры и по поддержанию в надлежащем состоянии взлетно-посадочной полосы (ВПП) «Мыс Баранова», введенной в строй весной 2023 года.

Выполнены программы стандартных метеорологических и актинометрических наблюдений, включая наблюдения радиационного баланса в рамках программы Базовая сеть радиационных наблюдений. Специальные метеорологические наблюдения велись по двенадцати тематическим направлениям в сотрудничестве ААНИИ с НИУ Росгидромета и РАН. Программа аэрологических наблюдений, предписывающая одноразовое ежесуточное температурно-ветровое зондирование, выполнена в полном объеме. Произведен запуск 335 аэрологических зондов при средней высоте зондирования 30,1 км и максимальной — 36,8 км.

Выполнен комплекс океанологических наблюдений в пр. Шокальского — ежесуточные зондирования и серии измерений на фиксированных горизонтах температуры и солености; серии измерений скорости течений и уровня моря. Получены новые данные, дополняющие существующие представления о режиме течений в пр. Шокальского. Получены данные об актуальном термохалинном состоянии вод в проливе.

В рамках магнитометрических исследований продолжена регистрация временной изменчивости модуля и трех компонент индукции магнитного поля Земли. Велись спектральные наблюдения УФ-радиации и риометрические наблюдения. Продолжались работы в рамках исследования условий распространения радиоволн декаметрового диапазона и параметров ионосферы методом наклонного радиозондирования.

Продолжены наблюдения за состоянием морского льда в пр. Шокальского, включающие цикл морфометрических наблюдений на основном полигоне и в дополнительных характерных местах; выполнены испытания прочности ровного припайного льда при помощи индентора и образцов льда с помощью гидравлического пресса, работы по изучению прочности льда на изгиб. Продолжены наблюдения за сейсмичностью региона, обусловленной землетрясениями и локальными микросейсмами от динамики льдов, посредством установленного на месте выхода коренных пород сейсмометра CME 4111-LT. Продолжались наблюдения за колебаниями грунта побережья сейсмометром CMG-6TD.

Особенности метеорологических и ледовых условий в районе стационара в годовом цикле 2023/24 кратко характеризуются следующим.

Средняя за 2024 год температура воздуха (уровень 2 м) на метеоплощадке стационара составила –11,2 °С и за десятилетний период наблюдений (с 2013 года) демонстрирует устойчивый рост на полтора градуса. Экстремальные температуры воздуха не выходили за пределы ранее зафиксированных значений и составили для минимальной температуры минимум –37,1 °С (в январе), что близко к экстремальному значению за весь период наблюдений (–41,3 °С), и для максимальной температуры +12,8 °С, при том что абсолютный максимум +17,8 °С за весь период наблюдений был отмечен в августе 2020 года.

В 2024 году в июле отмечен максимум значения температуры подстилающей поверхности за весь период наблюдений — +27,0 °С. Минимальные значения –39 °С были отмечены в 2014, 2018, 2021, 2023 годах. В 2024 году минимум составил –37 °С (январь). Средняя температура подстилающей поверхности за весь период наблюдений составила –11,2 °С.

Годовой ход количества общей и нижней облачности в районе НИС имеет минимум в зимние и максимум в летние месяцы. Как правило, отмечается рост общего балла облачности от марта к октябрю и уменьшение значений балла нижней облачности от апреля к декабрю. В 2024 году средние месячные значения облачности были близки к норме. Отмечается значимый рост балла облачности за 11-летний период на 0,2 общей и 0,3 нижней облачности соответственно.

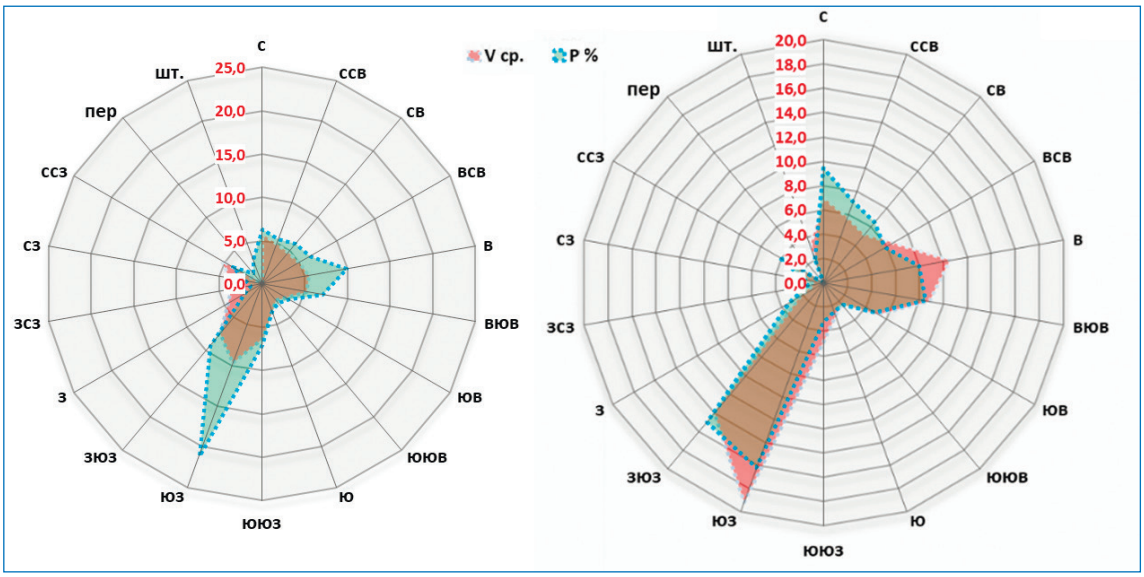


Рис. 1. Роза ветров за 11-летний период наблюдений 2013–2024 годов (слева) и за 2024 год (справа)

На лепестковой диаграмме, представленной на рис. 1 (роза ветров), отмечается бимодальный характер распределения направления и скорости ветра. Оба параметра демонстрируют максимальные значения для ветров юго-западного (ЮЗ) и восточного направления (В-ВЮВ). Сопоставление розы ветров за 2024 год и розы ветров, построенной по осредненным данным за период 2013–2024 годов, показывает смещение «моды» направлений к ЗЮЗ и ВЮВ, примерно на один румб «вправо».

В июне 2024 года отмечен абсолютный максимум суммы осадков (за месяц) за весь период наблюдений. Он составил 80,8 мм. Максимальное суточное значение составило 36,1 мм. Многолетний ход годовых сумм осадков приведен на рис. 2. По сумме осадков период с июня по сентябрь принят как теплый.

В 2024 году максимальная высота снежного покрова в районе метеоплощадки отмечена в мае и составила 34 см. Заметим, что абсолютный максимум высоты снежного покрова зарегистрирован в мае 2022 года (83 см). В июле, августе и сентябре снежный покров практически отсутствовал.

В районе проведения ледовых наблюдений полного очищения поверхности моря ото льда в течение летнего периода последние 10 лет не наблюдается. Для сравнения условий ледовых периодов используется понятие климатической зимы — промежутка времени между датами «осеннего» (устойчивый переход из области положительных в область отрицательных) и «весеннего» (устойчивый переход из области отрицательных в область положительных значений) переходов температур воздуха. Для зимы 2023/24 года начало климатической зимы приходится на 11 сентября 2023 года, завершение — на 24 июня 2024 года. При этом собственно ледовый период в 2023 году начался 1 октября (дата первого осеннего появления начальных форм льда, образовавшихся в процессе естественного замерзания морской воды в районе стационара) и продолжался до 5 октября 2024 года (6 октября 2024 года зафиксировано новое осеннее ледообразование, означающее начало следующего ледового периода). Первое появление начальных форм льда осенью 2023 года было зафиксировано при наличии небольшого (около 1 балла) количества дрейфующего льда.

Длительность климатической зимы 2023/24 года составила 287 суток. Общая сумма градусо-дней мороза (СГДМ) за период с 11 сентября 2023 года по 24 июня 2024 года составила (минус) 4261,2 °С. Распределение по месяцам СГДМ за последние три года приведено на рис. 3.

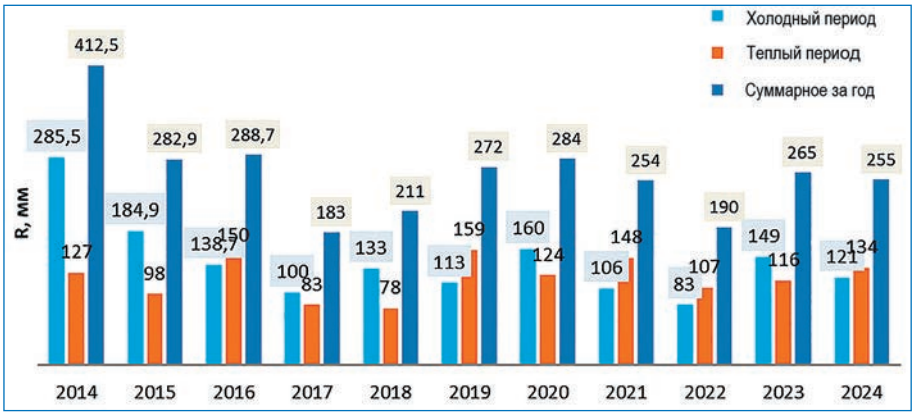
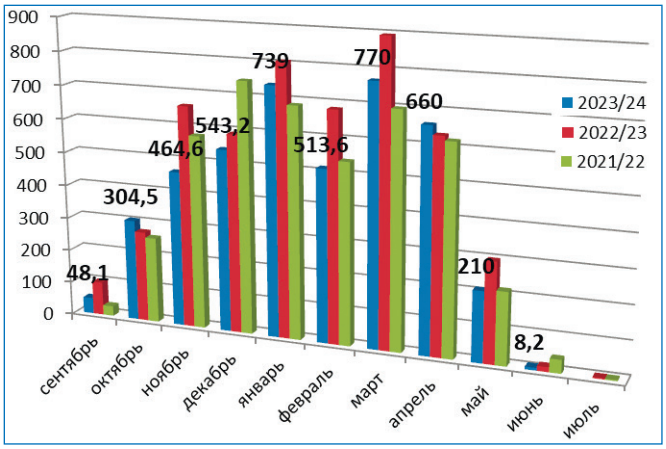


Рис. 2. Многолетний ход годовых сумм осадков (*R*, мм) в период 2014–2024 годов, суммарно за год и в отдельности за теплый и холодный периоды

Рис. 3. Распределение СГДМ в период климатических зим 2021–2024 годов



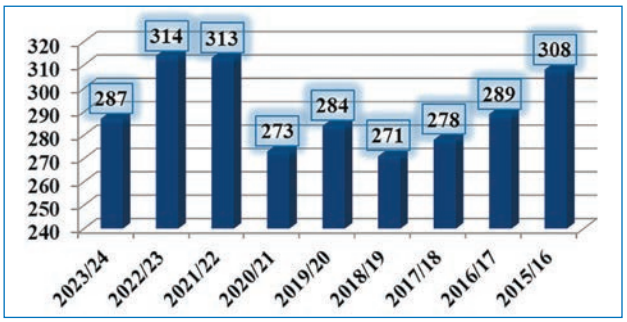


Рис. 4. Продолжительность климатических зим в период 2015–2024 годов

Отметим, что за последние три года климатическая зима 2023/24 года была самой короткой и теплой. Однако в ряду последних 10 лет (с 2015 года) протяженность и морозность зимы в отчетный период была близкой к среднестатистической (рис. 4).

Сезонные отряды экспедиции «Север-2024» выполняли работы на стационаре в период с 15 апреля по 3 декабря 2024 года. Доставка участников экспедиции на стационар осуществлялась авиационными средствами. На участке маршрута п. Хатанга — стационар (и обратно) состоялось 2 чартерных рейса Ан-26. Использовалась также доставка специалистов на стационар попутными рейсами вертолетов в составе туристических и производственных групп сторонних организаций. В экспедиции приняли участие 14 специалистов.

В ходе сезонной экспедиции выполнены наблюдения и исследования в области гидрологии водных объектов суши, гляциологии, палеогеографии, геокриологии, а также гидрохимические исследования и топографо-геодезические работы.

В рамках исследований гидрологии суши выполнялись наблюдения за снегозалеганием и водозапасом в снеге на водосборах рек региона. Проведены гидрометрические наблюдения и работы на гидрологических постах четырех рек. Период сезонного стока в 2024 году характеризовался повышенной продолжительностью стока и средними характеристиками гидрологического режима.

Исследования, выполненные в районе НИС, позволили получить гидрохимические характеристики на гидрометрических створах обследованных водоемов. Выполнен отбор проб воды из озер и рек, а также на литорали пр. Шокальского с последующим анализом в лаборатории стационара. Произведена оценка санитарно-химического состояния использующихся источников питьевой воды в сформировавшихся условиях питьевого водоснабжения стационара.

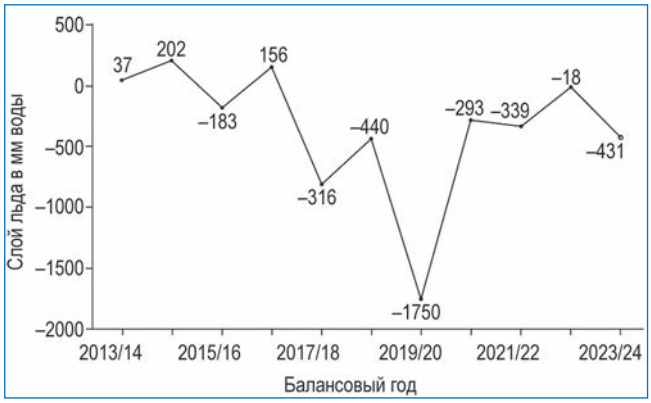
Топографо-геодезические работы включали в себя наземные съемки рельефа и обследования подстилающей поверхности с использованием БПЛА мультироторного типа. Результаты работ использованы океанологами, ледоисследователями, гидрологами суши, гляцио-геоморфологической группой. Выполнены планово-высотные привязки ледомерно-скоростных вех на ледниках Семенова-Тян-Шанского и Мушкетова, а также автоматических регистраторов уровня воды в реках и море. Определены высотные отметки уровня воды в озере Спартаковское. Данные топографо-геодезических промеров использованы в работах по разметке на инфраструктурных объектах стационара и при дооборудовании аэронавигационного комплекса ВПП «Мыс Баранова».

Рис. 5. Схема положения изучаемых ледников и размещения мерзлотных полигонов на архипелаге Северная Земля: 1 — ледник Мушкетова, 2 — ледник Семенова-Тян-Шанского, 3 — ледник Вавилова

Гляциологические и мерзлотные исследования, проводимые на станции с 2014 года, показали состояние гляциосферы архипелага Северная Земля за последнее десятилетие. В настоящее время наблюдения ведутся на двух ледниках о. Большевик: Мушкетова и Семенова-Тян-Шанского. Сравнение получаемых данных производится с ледником Вавилова, расположенным на о. Октябрьской Революции, где гляциологический стационар ААНИИ действовал с 1974 по 1989 год (рис. 5).

Баланс массы низко расположенного (до 560 м) ледника Мушкетова в целом отрицательный, но его ход в течение последнего десятилетия отличается колебательным характером (рис. 6) и подтверждает цикличный ход гляциологических процессов, выявленных предшествовавшими исследованиями (Большиянов Д.Ю., Соколов В.Т., Ежиков И.С., Булатов Р.К., Рачкова А.Н., Федоров Г.Б., Парамзин А.С. Условия питания и изменчивость ледников архипелага Северная Земля по результатам наблюдений 2014–2015 гг. // Лед и снег. 2016. Т. 56. № 3. С. 358–368). Высота ледника с 2015 по 2024 год уменьшилась на величину до 2 м.

Рис. 6. Удельный баланс массы ледника Мушкетова в 2014–2024 годах



Для ледника Семенова-Тян-Шанского (высота 735 м) пока не удалось определить баланс массы в связи с труднодоступностью ледника в конце летнего периода и пока не установленной мощностью снежно-фирновой толщи. С помощью спутникового геодезического оборудования прослежена динамика изменений высоты ледника в последнее десятилетие. Она характеризуется наращиванием высоты ледника в 2016–2019 годах в пределах 2 м и уменьшением высоты ледника до 3 м в 2020–2024 годах.

Сравнение температурных кривых верхней толщи ледников Вавилова и Мушкетова через сорокалетие показывает, что температурный режим даже верхних 10 метров ледников не изменился с 1978 по 2022 год. На глубине затухания сезонных колебаний температур их значения лежат в пределах –10,5... –11,5 °С. В толще ледника Вавилова эта глубина на 5 м больше и температура примерно на один градус ниже по сравнению с ледником Мушкетова. Более высокая температура ледника Мушкетова на глубине затухания сезонных ее колебаний объясняется меньшей на 140 м высотой ледника Мушкетова по сравнению с ледником Вавилова.

Сравнения температур льда показали, что никаких значительных сдвигов в термическом режиме ледников Северной Земли в последние годы и десятилетия нет, несмотря на незначительное повышение температур воздуха, что теоретически доказано тогда же — более 30 лет назад. Ледники покровного типа имеют инерцию термического состояния, и температуры льда могут измениться лишь при наличии тенденций в изменении температур воздуха, действующих в течение десятков и сотен лет после заметных изменений температур воздуха, т. к. масштабы температурных процессов для ледника Вавилова составляют сотни и тысячи лет (Клементьев О.Л., Николаев В.И., Потапенко В.Ю., Саватюгин Л.М. Внутреннее строение и термодинамическое состояние ледников Северной Земли // Материалы гляциологических исследований. 1992. № 73. С. 103–109).

Быстрое выдвижение ледниковой лопасти в 2013–2017 годах из ледникового купола Вавилова в залив Панфиловцев является не свидетельством деградации ледника, а следствием периодически происходящих разгрузок избыточной массы ледника, накапливающейся в течение десятилетий (Большиянов Д.Ю., Соколов В.Т., Ежиков И.С., Булатов Р.К., Рачкова А.Н., Федоров Г.Б., Парамзин А.С. Условия питания и изменчивость ледников архипелага Северная Земля по результатам наблюдений 2014–2015 гг. // Лед и снег. 2016. Т. 56. № 3. С. 358–368).

Мерзлотные наблюдения проводятся на полигоне стационара. Если сравнить данные по полигону на НИС «Ледовая база Мыс Баранова» за период 2016–2023 годов с данными мерзлотного профиля 1975 года в районе оз. Фиордовое о. Октябрьской Революции (рис. 7), то отмечаются несколько большие величины протаивания (на 10–20 см) на первом в теплые годы периода измерений по сравнению со вторым. В холодные годы (2016, 2023) толщина деятельного слоя грунта была равна или чуть меньше, чем в теплом 1975 году. Это означает, что сравнимые по широте и ландшафтам профиль 1975 года и полигон 2016–2023 годов показывают некоторое увеличение глубины протаивания грунта (на несколько сантиметров) в настоящее время по сравнению с 1975 годом. К тому же следует учитывать высоту полигона станции и профиля у оз. Фиордовое, который был выше современного станционного полигона на 140 м, что

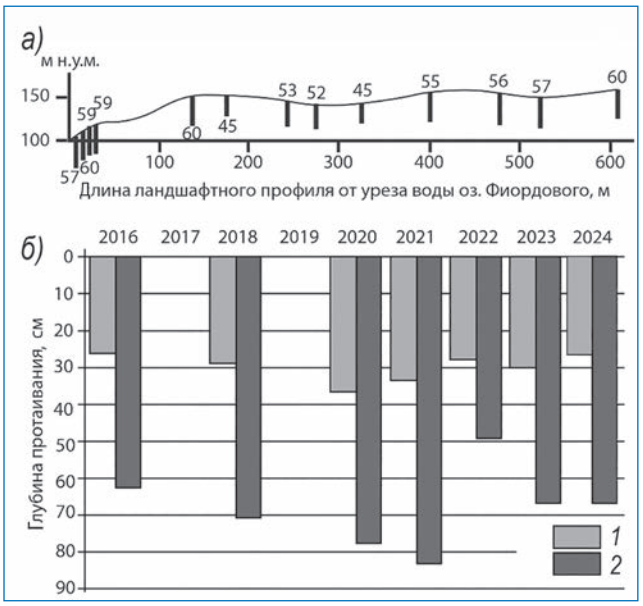


Рис. 7. Глубина протаивания многолетнемерзлых пород (см) на архипелаге Северная Земля в конце периода оттаивания (конец августа): *а* — на профиле у озера Фиордовое в 1975 году; *б* — на мерзлотном полигоне «Ледовая база Мыс Баранова» в 2016–2024 годах. Условные обозначения: *1* — средняя глубина протаивания по полигону, *2* — максимальная глубина протаивания на полигоне

определяло более низкие температуры грунта и меньшую глубину его протаивания на профиле у озера по сравнению с прибрежным полигоном на НИС «Ледовая база Мыс Баранова». Конечно, данные по профилю одного года и данные полигона за несколько лет слабо сравнимы, т. к. протаивание грунта заметно изменяется от года к году и есть разница между прямоугольным полигоном и профилем, но все же измерения по профилю 1975 года во множестве точек можно грубо сравнивать с современными измерениями на полигоне. Тем более что других материалов из прошлого для сравнения нет.

Обобщая гляциологические и геокриологические данные, можно утверждать следующее:

1. Гляциосфера архипелага Северная Земля в последние десятилетия находится в квазистабильном состоянии.

2. Низкие ледники имеют слабую тенденцию к сокращению, высокие более стабильны, высота ледников за период наблюдений (2014–2024) уменьшилась на 2–3 м;

3. Температурный режим даже верхних 10 метров толщи ледников не изменился с 1978 по 2022 год.

4. Глубина летнего протаивания многолетнемерзлых грунтов циклически колеблется, имеет лишь слабую тенденцию к увеличению, но является стабильной в многолетнем плане.

В рамках совершенствования производственной и жилой инфраструктуры и энергетического комплекса НИС в течение года выполнен большой комплекс работ. В частности, завершен первый этап строительства нового ангара (50,0 × 10,6 × 5,2 метра) для хранения и технического обслуживания транспортных средств — возведен стеновой несущий корпус на подготовленном фундаменте.

В течение года непрерывно осуществлялись работы по поддержанию ВПП «Мыс Баранова» в рабочем состоянии (рис. 8). Обеспечено обслуживание полетов воздушных судов, вертолетов Ми-8 МТВ в рамках опе-

Рис. 8. Ан-26Б-100 а/к «КрасАвиа» производит дозаправку топливом на ВПП «Мыс Баранова». Апрель 2024 года

раций ООО «Барнео». ВПП обеспечена современным светосигнальным и радионавигационным оборудованием, что позволяет ей работать в ночных условиях. В 2024 году выполнен прием 10 бортов самолетов (Ан-26, Ан-24, Ан-72) и 3 вертолетов (Ми-8, Ми-8Т и Ми-8АМТ). Впервые 30 ноября 2024 года принят Ан-26 в период полярной ночи. В летний сезон 2024 года рядом с аэродромом возведен теплый модуль для пассажиров, ожидающих прибытия воздушных судов.

С 2024 года на стационаре базируется вертолет Ми-8 с экипажем (5 человек), осуществляющим дежурство в формате 24/7 с целью обеспечения полетов в системе поисково-спасательной службы Росавиации Красноярской зоны авиационно-космического поиска и спасения.

На НИС функционирует пункт ФСГС АО «Роскартография» (две станции спутниковой коррекции приема-передачи координат) в рамках обеспечения и применения национальной системы ГЛОНАСС.

В настоящее время стационар может обеспечить проживание до 35 человек единовременно. Общее расширение функционала стационара усиливает его роль в области научной экспедиционной логистики в Арктике.

Д.Ю. Большиянов, С.Б. Лесенков, А.А. Речнов, С.А. Семенов, В.Е. Соколова, В.Т. Соколов (ААНИИ). Фото А.С. Парамзина (ААНИИ)