

Питание приборов осуществлялось от сети полярной станции.

По результатам анализа отраженных импульсов подводного гидролокатора, задержек сигнала в пьезокерамической линейке и записей температурной линейки будут проведены:

1) исследование нарастания ледяного покрова в зависимости от температурного градиента в толще льда, исследование скорости распространения ультразвука на различных дистанциях в толще льда;

2) исследование коэффициентов отражения и прохождения ультразвука от границ «вода-лед» и «лед-воздух»;

3) оценка точности определения толщины ледяного покрова подводным гидролокатором при наблюдении однолетнего и двухлетнего дрейфующего ледяного покрова.

Регистрация подводным гидролокатором «Трезубец» (рис. 26) была начата 16 февраля. Всего получено

416 Гб информации. 22 марта была начата регистрация линейкой акустических датчиков. Всего получено 330 Гб информации. 13 мая была прекращена регистрация гидролокатором и линейкой из-за потенциальной угрозы потери приборов. Произведен демонтаж этих приборов.

Обработка полученных данных будет проводиться по окончании экспедиции совместно со специалистами Института прикладной физики РАН (Нижний Новгород).

К 10 августа, в связи с подходом НЭС «Академик Трешников» для частичной ротации экипажа и научного состава, а также для ремонта ЛСП «Северный полюс», работы на льду были приостановлены. 21 августа ЛСП «Северный полюс» самостоятельно, без помощи НЭС «Академик Трешников» совершила переход к новой льдине. Начался следующий этап работы экспедиции «Северный полюс-41».

*К.В. Фильчук, С.М. Ковалев, Р.Б. Гузенко,  
С.В. Хотченков, А.Н. Павлов, Л.В. Панов,  
Ю.Г. Гаврилов, Р.П. Буйнов (АНИИ)*

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О МЕРЗЛОТЕ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АНИИ В 2021–2023 ГОДАХ

В геокриологическом отношении Земля Франца-Иосифа, благодаря своей труднодоступности, продолжает оставаться одним из наименее изученных регионов АЗРФ, что предопределяет интерес к постановке специализированных мерзлотных исследований на данном архипелаге. В летние сезоны 2021, 2022 и 2023 годов в районе ОГМС им. Э.Т. Кренкеля (80°37'33,4" с. ш., 58°03'27,64" в. д., 21 м над уровнем моря) на острове Хейса (рис. 1) — самой северной метеостанции в Рос-



Рис. 1. Схема о. Хейса с указанием мест бурения скважин

сии — проводились мерзлотные исследования в рамках гранта РНФ «Геокриологические условия архипелагов и прилегающего шельфа западного сектора Евразийской Арктики», а также по теме ВИП ГЗ «Создание государственной системы мониторинга состояния многолетней мерзлоты на базе наблюдательной сети Росгидромета (ГСМ СММ)». В результате этих работ удалось получить данные о мощности и температуре мерзлой толщи, криогенном строении отложений, сезонно-талом слое (СТС), а главное — заложить государственный пункт наблюдения за состоянием многолетней мерзлоты.

Рекогносцировочные работы по выбору точки бурения термометрической скважины и расположения площадки мониторинга СТС были проведены в июле 2021 года в ходе рейса НЭС «Михаил Сомов» и включали выполнение электроразведочного профиля методом зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ) южнее оз. Космическое через морские террасы с выходом на припай (рис. 1, 2). По данным ЗСБ, мощность мерзлых пород в районе намеченной точки бурения скважины на сложенных с поверхности песками террасах составляет порядка 100 м.

В августе 2023 года с борта НЭС «Академик Трешников», совершавшего рейс к ЛСП «Северный полюс», вертолетом в намеченную точку бурения на о. Хейса был доставлен отряд мерзлотоведов с буровой установкой УКБ 12/25. В течение недели отряд провел бурение скважины № 1 глубиной 25 м, в которую была

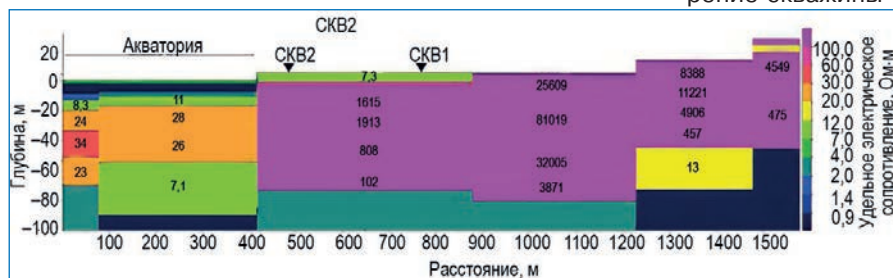


Рис. 2. Геозлектрический разрез через северо-восточную часть о. Хейса

установлена термокоса с автоматическим спутниковым передатчиком данных. Скважина расположена в 350 м от береговой линии на морской террасе высотой около 5 м над уровнем моря (рис. 2). Терраса характеризуется проективным покрытием растительности 15–25 % (мхи, лишайники, полярные маки, злаковые) и разбита повторно-жильными

льдами на полигоны. Пройденные скважиной отложения в основном представлены засоленными мерзлыми песками и суглинками с прослоями песчаника. Среди криотекстур в отложениях преобладает массивная и сетчатая. На глубинах 3,35–4,05 м в серых пылеватых песках и черных илах встречены битые и целые раковины моллюсков длиной до 4 см (рис. 3). Керны после оттаивания и высыхания покрывались налетом соли. Скважина № 2 пробурена на расстоянии 70 м от моря. На глубине 1,8–2,5 м в ней был вскрыт раскол — криопэг с минерализацией 60 г/л.

На рис. 4 представлена температурная кривая по скважине № 1 за 24 августа 2023 года (время выстойки после окончания бурения 8 суток). Для Земли Франца-Иосифа не характерны сильные морозы зимой и высокие температуры летом. Так, в 2022 году, по данным ОГМС им. Э.Т. Кренкеля, абсолютный минимум составил  $-31,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а абсолютный максимум  $8,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , поэтому скважина глубиной 25 м заведомо вышла ниже глубины нулевых амплитуд температуры, а значит, не дожидаясь получения результатов годового цикла наблюдений температуры, можно предварительно оценить среднегодовую температуру грунта. При характерных для о. Хейса температурах воздуха температура грунта на глубине порядка 15 м в течение года практически не меняется. На данной отметке температура грунта составляет около  $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Интерес представляет сравнение этого значения со среднегодовыми температурами пород в обустроенных нами ранее скважинах на архипелагах Шпицберген и Северная Земля. Оказывается, что температура мерзлоты на подошве слоя годовых теплооборотов в скважине на о. Хейса значительно ниже таковой в скважинах на Шпицбергене

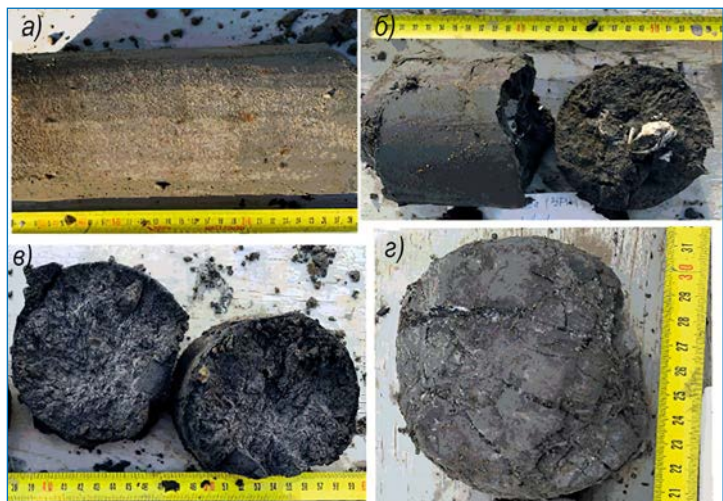
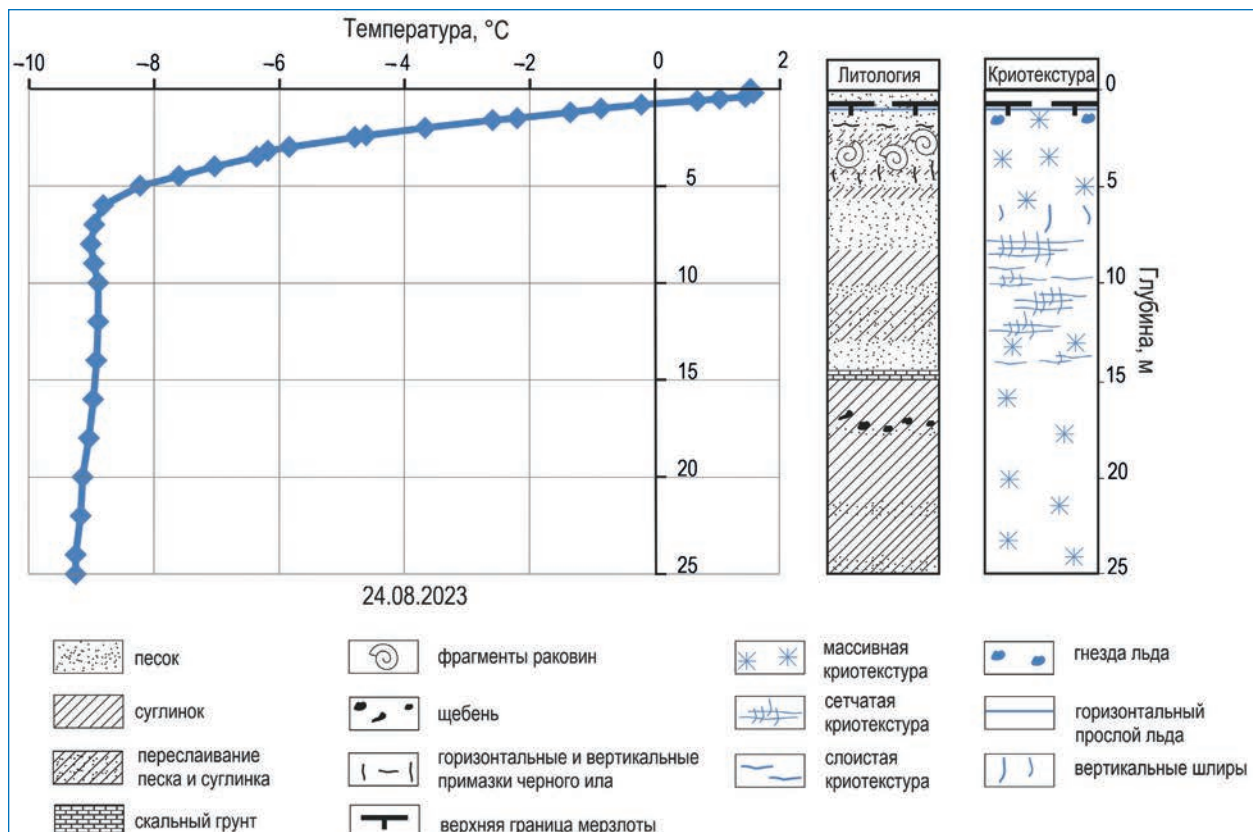


Рис. 3. Керны из скважины № 1: а — песок мелкий с массивной криотекстурой, глубина 0,65–0,90 м; б — песок пылеватый с массивной криотекстурой и раковинами моллюсков, глубина 3,35–3,50 м; в — налет соли в легком суглинке с массивной криотекстурой, глубина 4,25 м; г — сетка из вертикальных шпиров в пылеватом суглинке, глубина 10,2 м

и приближается по суровости к температуре в скважине на о. Большевик. Несоответствие между низкой температурой грунта на подошве слоя годовых теплооборотов и малой мощностью мерзлоты (равновесная мощность мерзлоты при температуре грунта на подошве слоя годовых теплооборотов  $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$  должна была бы превышать 300 м), по-видимому, объясняется недавним по геологическим меркам выходом террасы из-под уровня моря. Интересно, что этот предварительный вывод, полученный благодаря совместной интерпретации данных ЗСБ и термометрии, согласуется с общепринятой точкой зрения о понижении относительного

Рис. 4. Криолитологическая колонка и температурная кривая по скважине № 1





уровня моря на Земле Франца-Иосифа, составившем примерно 15–20 м за последние 5 тыс. лет.

Съем данных с площадки мониторинга СТС, обустроенной рядом с термометрической скважиной № 1, производился в 2021, 2022 и 2023 годах в конце теплого периода с выпадением первого снега. Средняя мощность СТС в 2023 году составила 54 см, что лишь несколькими сантиметрами больше, чем средняя мощность СТС на площадке на о. Большевик, и почти на метр меньше, чем на площадке в Баренцбурге. По данным метеостанции на о. Хейса, только два летних месяца — июль и август — характеризуются положительной среднемесячной температурой. Снег сходит лишь в июле и ложится во второй половине августа — сентябре, что означает крайне короткий период для формирования СТС. К сожалению, метеостанция на о. Хейса ранее не была обеспечена почвенно-вытяжными термометрами, поэтому данных для анализа многолетней динамики СТС не существует. По замерам российско-американской экспедиции на о. Хейса в 2010 году величина СТС составила 34–68 см. Есть и другие отрывочные сведения, например, по наблюдению экспедиции Седова в 1914 году на о. Гукера, расположенном в 100 км западнее о. Хейса, к концу июня почва оттаяла на 33 см, а к концу июля — на 41 см.

Минерализация отобранных в шурфах надмерзлотных вод СТС достигает нескольких грамм на литр, такие высокие показатели являются еще одним свидетельством относительно недавнего выхода острова из-под уровня моря и продолжающегося выноса морских солей из СТС. Промеры СТС щупом вдоль русла ручья Романтиков показали, что мощность подруслового талика не превышает 50 см.

Из криогенных геологических явлений стоит отметить в первую очередь морозобойные трещины на морских террасах, заполненные повторно-жильными льдами, образующими полигоны с длиной сторон до нескольких десятков метров. Полигоны могут иметь форму прямоугольников (рис. 5а) или неправильных пятиугольников с трехлучевым сочленением трещин. Шурфовка над жилами показала, что их верхние концы могут быть как перекрыты слоем мерзлоты, так и находиться непосредственно под СТС. На террасе, где расположена скважина № 1, в шурфе под СТС была зафиксирована жила толщиной около 12 см, состоящая из вертикально-слоистого пузырчатого льда с примесью суглинка (рис. 5б). На относительно высоких террасах, где после выхода из-под моря уже успела сформироваться примитивная почва, распространены трещины, образующие мелкополигональные формы с длиной стороны до нескольких десятков сантиметров (рис. 5в). Структурные грунты в зачаточном состоянии имеют ограниченное распространение (рис. 5г), бугры пучения на о. Хейса обнаружены не были. Маршрут по границе ледника Гидрографов показал, что все талые воды, поступающее с него, формируются за счет таяния льда с поверхности. Ледник повсеместно налегает на мерзлую породу. Выходов подледниковых вод или ледяных пещер зафиксировано не было. Все это говорит в пользу отсутствия у ледника Гидрографов ядра с теплым водонасыщенным льдом и субгляциального талика.

Данные мониторинга СТС и температурного режима мерзлых пород на о. Хейса в составе формируемой Росгидрометом сети мониторинга вечной мерзлоты представляют интерес прежде всего с естественнонаучных позиций, так как это самый северный пункт мо-

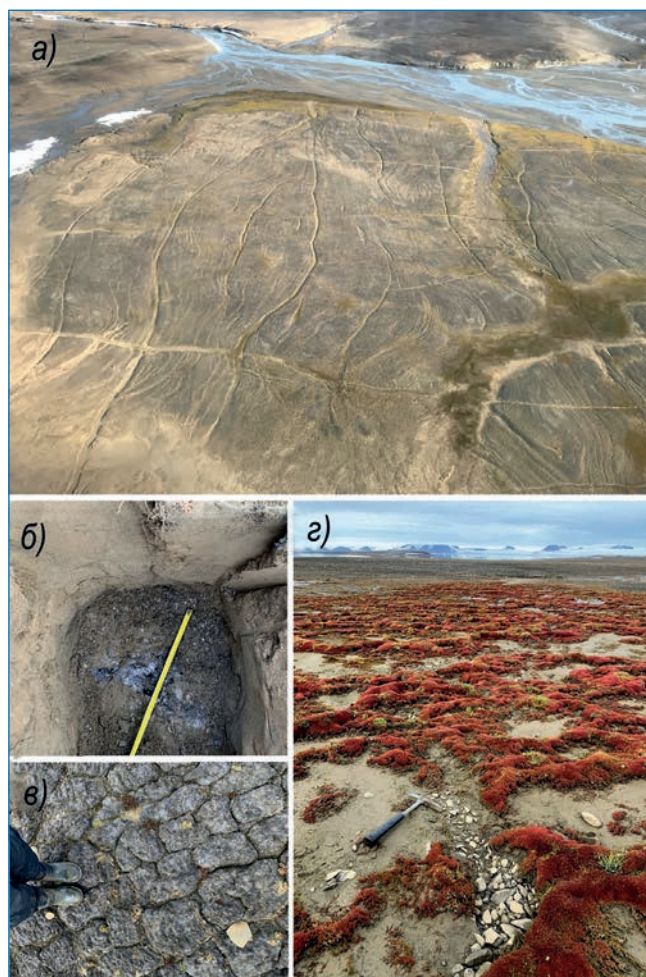


Рис. 5. Криогенные геологические явления: а — морозобойные полигоны с повторно-жильными льдами в долине ручья Морского; б — повторно-жильный лед на террасе рядом со скважиной № 1; в — мелкополигональные формы у восточного подножия гряды Аметистовая; г — пятна-медальоны у восточного подножия гряды Аметистовая

иторинга мерзлоты на евразийском континенте. Если не считать Шпицберген, то это одновременно и самый западный пункт в государственной сети мониторинга многолетней мерзлоты в высокоширотной Арктике. Важно отметить, что пункт мерзлотного мониторинга работает в связке с метеорологическими наблюдениями ОГМС им. Э.Т. Кренкеля и обеспечен климатическим рядом начиная с 1957 года. На расположенных южнее и западнее архипелагах Новая Земля и Шпицберген, где среднегодовая температура воздуха вследствие потепления климата приближается к отметке 0 °С, фиксируются признаки деградации мерзлоты (термокарст, оползни по СТС). Согласно данным с о. Хейса, рост среднегодовой температуры воздуха фиксируется и на Земле Франца-Иосифа, но крайне суровые геокриологические условия будут являться буфером, предотвращающим оттаивание пород в ближайшей перспективе. В этом отношении Земля Франца-Иосифа стоит в одном ряду с ее восточным соседом — архипелагом Северная Земля.

*Н.Э. Демидов (АНИИ),  
А.В. Гузева (АНИИ; ИНОЗ РАН – СПбФИЦ РАН),  
А.Ю. Гунар (МГУ), Ю.В. Угрюмов (АНИИ)*