

doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-512-519



НОВЫЕ ДАННЫЕ О МЕРЗЛОТНЫХ УСЛОВИЯХ ОСТРОВА ВРАНГЕЛЯ

✉ Демидов Н.Э.¹, Баранюк В.В.², Зайцева Д.К.¹, Морозов А.П.¹, Степанец А.А.¹

¹ФГБУ «ААНИИ», Санкт-Петербург, Россия;

²ФГБУ «Государственный природный заповедник "Остров Врангеля"», Певек, Россия

✉ nikdemidov@mail.ru

С середины 1970-х годов на острове Врангеля происходит рост среднегодовой температуры воздуха. За последние 30 лет величина линейного тренда составила 0,11 °С/год. Значимого изменения в годовой сумме осадков при этом не происходит, но есть тенденция увеличения доли жидких осадков. Температура пород на глубине нулевых амплитуд в скважине, пробуренной рядом с метеоплощадкой МГ-2 Остров Врангеля, составляет около -7,2 °С и незначительно отличается от среднегодовой температуры воздуха. Сезонно-талый слой в 2024 г. по данным измерений положения нулевой изотермы в скважине достиг глубины 77 см. Верхняя часть разреза многолетней мерзлоты характеризуется повышенной льдистостью. Полигонально-жильные структуры на острове представлены в большинстве случаев пятиугольниками со средней длиной стороны 16 – 23 м.

Ключевые слова: *Арктика, остров Врангеля, многолетняя мерзлота, сезонно-талый слой, повторно-жильные структуры*

Введение. В 2024 г. на морской гидрометеорологической станции МГ-2 Остров Врангеля были проведены работы по бурению термометрической скважины Государственной системы фонового мониторинга состояния многолетней мерзлоты, позволившие получить первые данные о режиме мерзлых пород на глубину слоя годовых теплооборотов. Кроме того, для составления более полной картины мерзлотных условий острова выполнены: анализ климатических данных МГ-2 Остров Врангеля, бурение дополнительных скважин для изучения особенностей криогенного строения, фотофиксация криогенных форм рельефа на маршруте от Тундры Академии до пос. Ушаковский и анализ морфометрии повторно-жильных структур на основе космоснимков. Эти работы дополнили существовавшие до этого весьма скудные данные о мерзлоте острова и создали основу для ее дальнейшего мониторинга.

Методы. Бурение и обустройство термометрической скважины на МГ-2 Остров Врангеля выполнено в период с 29 апреля по 24 мая 2024 г. по стандартам Росгидромета [РД 52.17.925-2023] малогабаритной установкой УКБ 12/25 колонковым способом. Данные скважинной термометрии передавались с помощью спутникового передатчика. Одновременно с бурением термометрической скважины проведено бурение двух дополнительных скважин для изучения криогенного строения отложений и снегоходный маршрут в низовья р. Наппа в целях поиска наледных бугров - блистеров. Фотофиксация криогенных форм рельефа сделана в июле 2024 г. по маршрутам от кордонов Пик Тундровый и Нижняя Неизвестная к пос. Ушаковский во время проводимого заповедником «Остров Врангеля» учета гусей (рис. 1).

Морфометрический анализ полигонально-жильных структур (полигонов) выполнен на пяти удаленных друг от друга участках: 1 и 3 - в Южной тундре, 2 – в Тундре Академии, 4 и 5 на Восточном плато (Рис. 1). Для этого использован растровый слой ArcGIS Imagery, который предоставляет доступ к спутниковым данным и аэрофотоснимкам высокого разрешения, как правило, за последние 3-5 лет. В программном обеспечении ArcGIS Pro на выбранных изучаемых участках произведено выделение полигонов и измерение их длин сторон.

Для построения климатических рядов использован массив данных среднесуточной температуры воздуха и количества осадков по МГ-2 Остров Врангеля, полученный из

базы ВНИИГМИ-МЦД с помощью системы АИСОРИ. Расчёт годовых сумм осадков производился путём нахождения сумм осадков за каждый отдельный месяц, а затем суммирования месячных сумм осадков внутри года. Расчёт среднегодовых температур воздуха сделан посредством внутримесячного осреднения, а затем осреднения среднемесячных температур внутри года. Проблема пропусков в данных решалась путём отбрасывания месяцев, где количество пропусков превышало 18 дней. Годы, содержащие хотя бы один пропущенный месяц, отбрасывались.

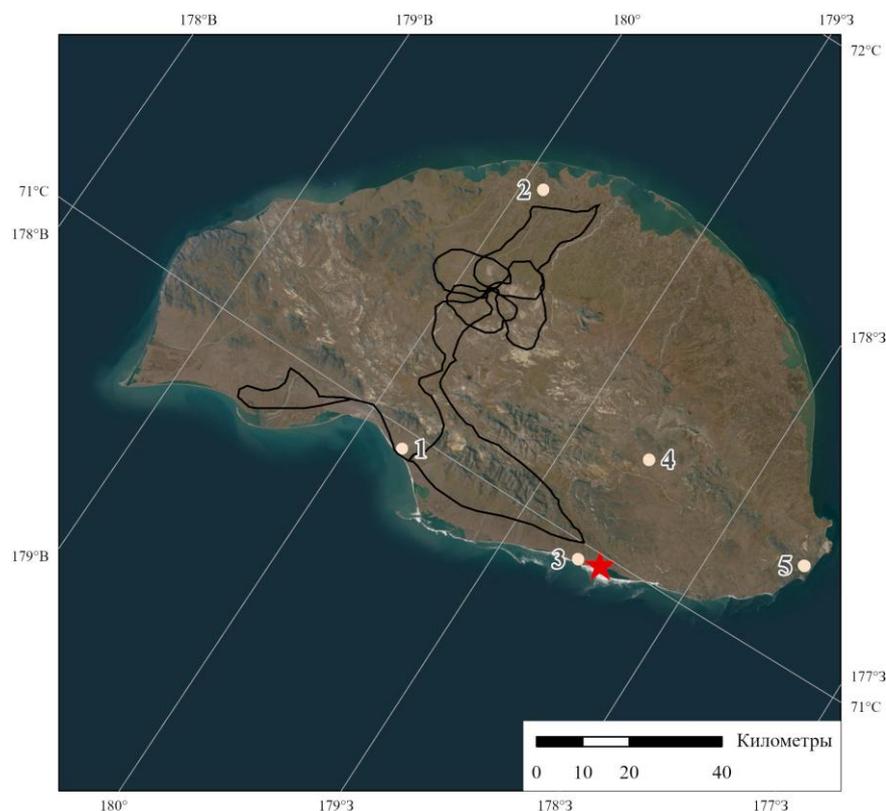


Рис. 1. Карта фактического материка с указанием места расположения МГ-2 Остров Врангеля, участков определения морфометрии повторно-жильных структур по космоснимкам и ниток маршрутных исследований.

Результаты и обсуждение. На рис. 2 показаны графики изменения среднегодовой температуры воздуха и суммы осадков за 1927 – 2022 гг. На протяжении этого периода сумма осадков варьировала примерно от 100 до 200 мм. Направленного изменения суммы осадков за последние 30 лет не наблюдалось. На графике изменения среднегодовой температуры воздуха отчетливо виден эффект Арктического потепления, которое имело место на острове в 1935 – 1950 гг. Следующее, современное, потепление началось с середины 1970-х годов. За последние 30 лет оно носит близкий к линейному характер, величина линейного тренда составляет $0,11\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Нормы среднегодовой температуры и осадков, рассчитанные за 1993 – 2022 гг., составляют: $-9,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 146 мм.

Годового цикла температурных наблюдений в пробуренной скважине еще нет, но судя по характеру термометрических кривых (рис. 3) глубина нулевых амплитуд температуры составляет 19,6 м, а среднегодовая температура на этой отметке $-7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Относительно большая глубина нулевых амплитуд объясняется близким к поверхности залеганием скального основания, обладающего значительной теплопроводностью.

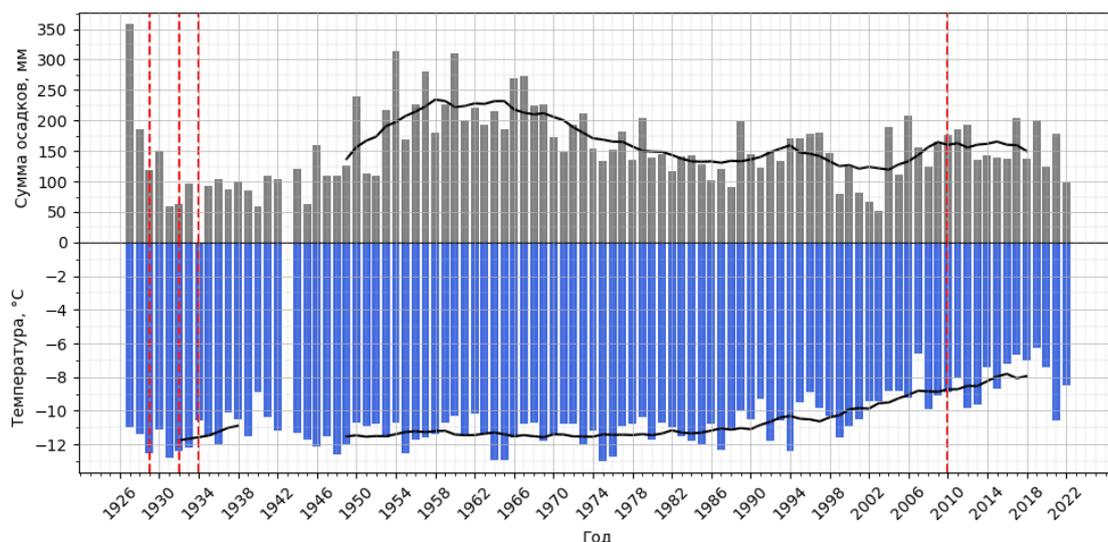


Рис. 2 Изменение среднегодовой температуры воздуха и годовой суммы осадков на МГ-2 Остров Врангеля за период 1927 – 2022 гг. Черными кривыми показаны соответствующие скользящие средние за 10 лет.

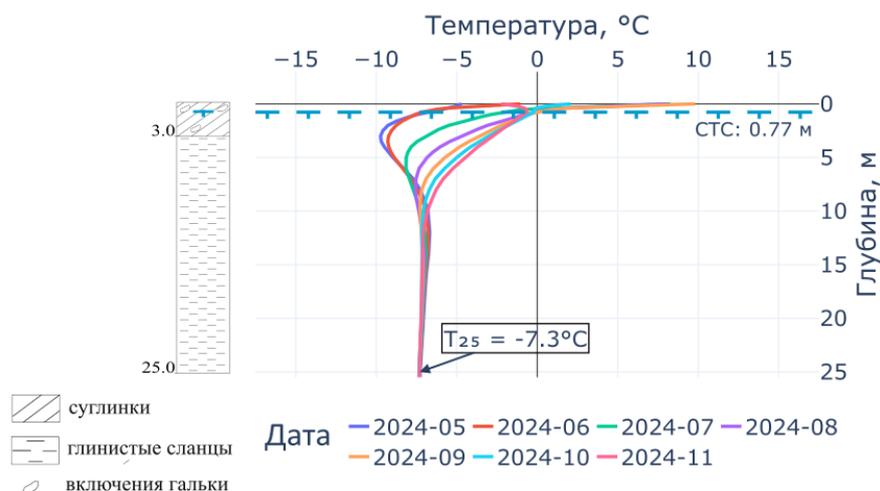


Рис. 3 Литологическая колонка и термометрические кривые по скважине на МГ-2 Остров Врангеля.

К настоящему моменту получены наблюдения за температурой пород за период, полностью охватывающий формирование сезонно-талого слоя (СТС). Как видно на рис. 4 формирование СТС начинается в начале июня. К концу июля глубина оттаивания достигла примерно 70 см и сохранялась практически неизменной до середины сентября. После этого СТС достаточно быстро полностью смерзся сверху и снизу. Максимальная глубина СТС составила 77 см 2.09.2024.

Пробуренные скважины позволяют получить представление о криогенном строении морских террас и песчано-галечных кос, на которых расположены новая и старая метеоплощадки. Термометрическая скважина пробурена на морской террасе. Верхняя часть вскрытого ею разреза была представлена мерзлыми морскими суглинками с включениями гальки с сетчатой, атакситовой и базальной криогенной текстурой, а с глубины 3 м шли трещиноватые глинистые сланцы триаса с прожилками кварца. Две дополнительных скважины пробурены на песчано-галечной косе (рядом с метеоплощадкой старой полярной станции) и на участке выраженного развития полигонально-жилых структур на морской террасе в 6 км западнее поселка

Ушаковский. Первой из них был вскрыт криопэг, а второй – сильнольдистые суглинки с включениями гальки и ледогрунт.

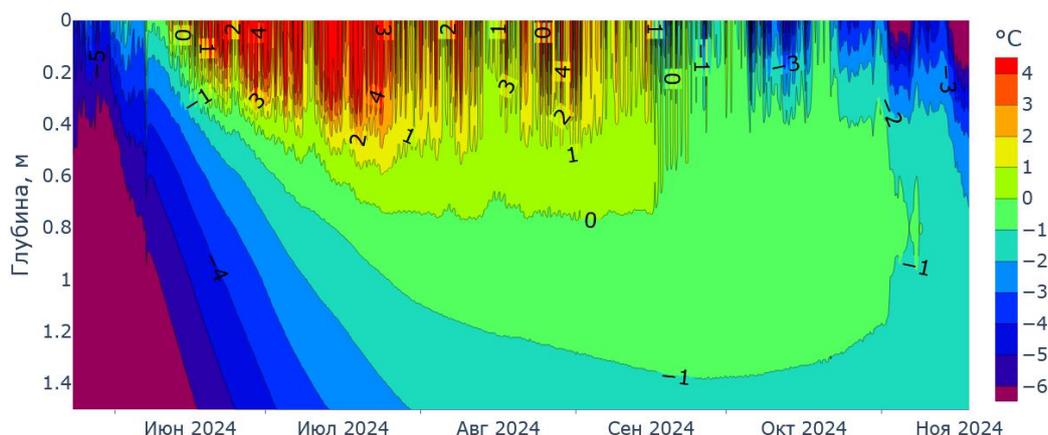


Рис. 4 Термоизоплеты по скважине на МГ-2 Остров Врангеля, демонстрирующие формирование СТС.

В летнем маршруте были зафиксированы следующие криогенные явления: полигонально-жильные структуры, бугры пучения, солифлюкция, туфуры, различные структурные грунты, морозное выпучивание скальных глыб и бивней мамонта, байджарахи и термокарст (рис. 5). В весеннем маршруте в устьевой зоне р. Нашей описаны наледные бугры – блистеры с незамерзающим рассолом. Образование бугров и криопэгов можно объяснить всесторонним промерзанием подруслового талика р. Наша, сопровождающимся криогенным напором и метаморфизацией подземных вод.

Определение морфометрии повторно-жильных структур по космоснимкам проведено на двух участках морских террас: высотой около 30 м над у.м на участке 1 и 40 м над у.м. на участке 3 (Рис. 6). Результаты расчета показали, что средний размер стороны полигона на участке 1 составил 15,7 м (среднее по 71 полигону), на участке 3 - 15,8 м (среднее по 70 полигонам). В целом, на этих участках наблюдается скорее тенденция возникновения полигонов с близкими к средним размерам, чем малых или больших. Схожие значения получены при оценке морфометрии повторно-жильных структур на участке 2, который также находится на морской террасе, но значительно переработанной речной эрозией и термокарстом в Тундре Академии на высоте 10 м над у.м. Средний размер стороны полигона составил здесь 15,5 м (среднее по 88 полигонам). Участок 4 расположен на Восточном плато в предгорье Центральных гор на высоте около 155 м над у.м. Для него характерны полигоны меньших размеров, средняя длина стороны полигона составила 10,8 м (среднее по 100 полигонам). Участок 5 расположен на Восточном плато на высоте около 50 м над у.м. Для этой территории характерны наибольшие размеры полигонов из анализируемых участков. Средняя длина стороны полигонов равна 22,9 м (среднее по 69 полигонам). Присутствуют полигоны с длиной стороны до 42 м. На всех пяти участках наблюдается тяготение полигонов к пятиугольной форме. Отмечается развитие многоугольных полигонов вокруг центра из четырехугольных полигонов.

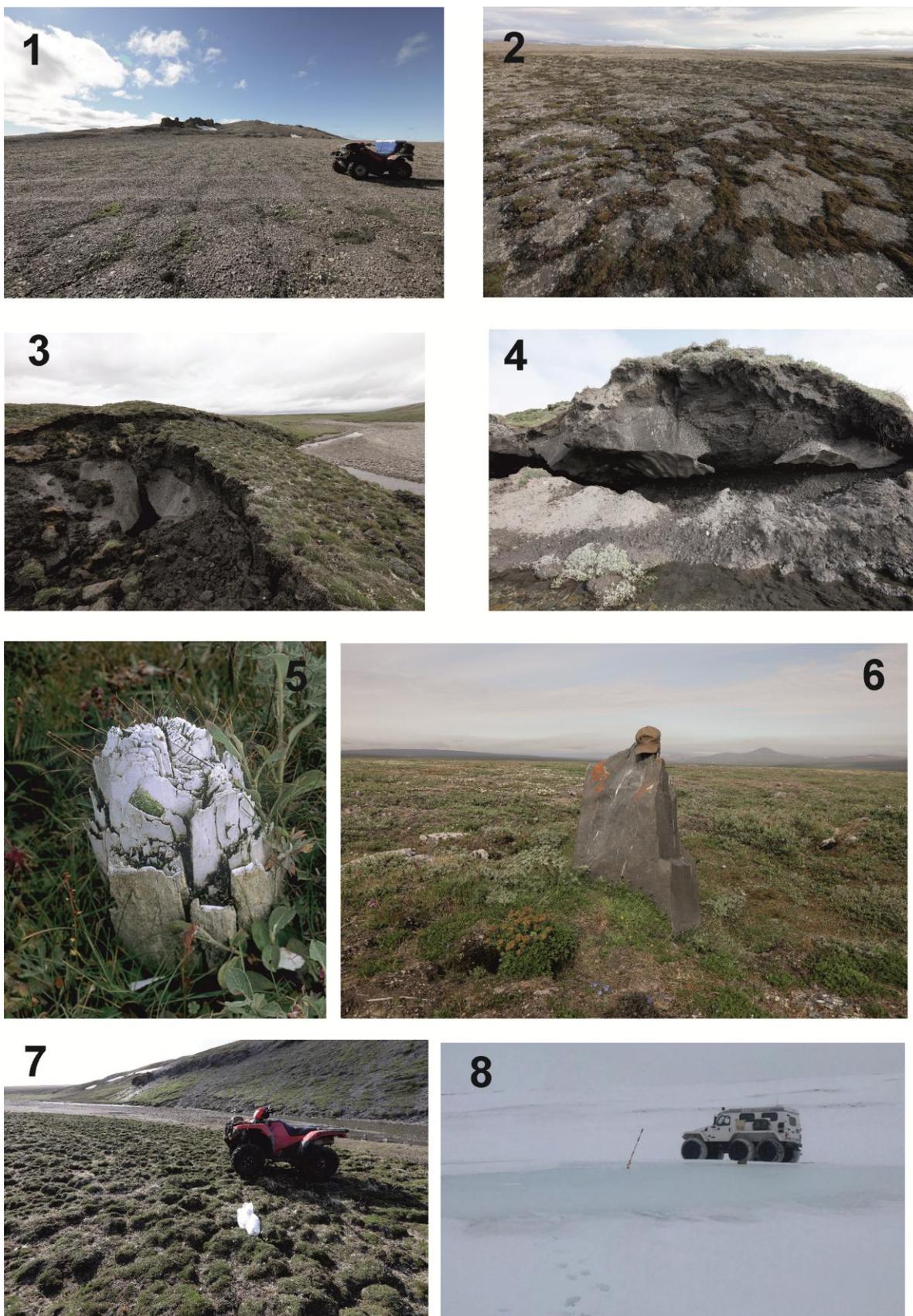


Рис. 5 Криогенные явления, зафиксированные в ходе весенних и летних маршрутов: 1, 2 – структурные грунты (г. Перкаткун, низовья реки Неизвестной), 3, 4 – ледяные ядра бугров пучения (долина р. Леминговая), 5 – выпученный бивень мамонта (долина р. Тундровая), 6 – выпученная глыба (междуречье р. Мамонтова и Тундровая), 7 – туфуры (долина р. Леминговая), 8 – наледный бугор – блистер (р. Наша).

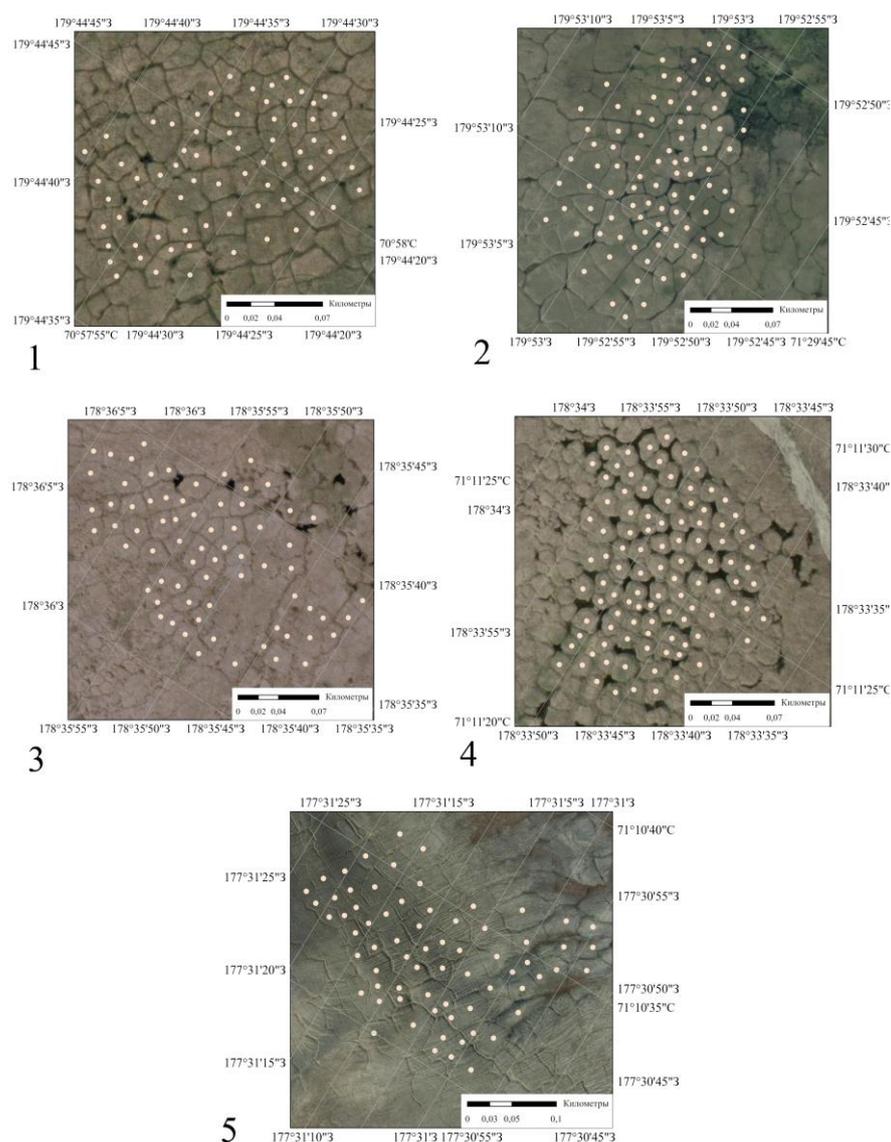


Рис. 6 Участки анализа морфометрии повторно-жильных полигонов: 1 и 3 - Южная тундра, 2 - Тундра Академии, 4 и 5 - Восточное плато.

Сравнительный анализ полученных данных о температуре пород и глубине СТС на о. Врангеля показывает, что мерзлотные условия на острове хоть и отличаются суровостью, но все же определяются более мягким климатом по сравнению с расположенными западнее архипелагами. Так, по нашим данным [Демидов и др., 2023; Демидов и Угрюмов, 2024] на Новосибирских островах, Северной Земле, о. Визе, Земле Франца Иосифа температуры пород на глубине нулевых амплитуд ниже (-11 - -9 °C), как и мощность СТС (30 – 60 см). Смягчающее влияние на климатические и мерзлотные условия острова оказывают теплые потоки из Тихого океана и более низкое широтное положение, сравнивая с архипелагами на западе. В 1938 г. сотрудником комплексной экспедиции Академии Наук С.П. Качуриным проводилась шурфовка и неглубокое бурение в различных районах острова [Качурин, 1952]. По его данным СТС в период 11 августа – 1 сентября 1938 г. достиг глубины от 47 до 78 см. В шурфе в непосредственной близости от места расположения термометрической скважины глубина СТС 18 августа 1938 г. составила 72 см, что практически в точности совпадает с полученными значениями в 2024 г. по данным термометрии. Следует отметить, что работы С.П. Качурина выполнялись в период Арктического потепления. Это обстоятельство может служить объяснением сходства значений СТС в районе нынешней метеоплощадки МГ-2 Остров Врангеля в 1938 и 2024 г. Кроме того, в последние несколько лет наметилось снижение

среднегодовой температуры воздуха на острове. Неизменность годовых сумм осадков за последние 30 лет при этом происходит на фоне увеличения доли жидких осадков и снижения зимних. Снег на острове стал сходить быстрее, появилась тенденция на выпадение в летнее время дождей. Последним теплым годом явился 2019 г. Вероятно, СТС в последние десятилетия до 2019 г. был больше чем зарегистрированный нами в 2024 г.

В ходе многолетних работ, проводимых сотрудниками заповедника “Остров Врангеля” отмечается активизация процессов деградации мерзлых грунтов, которые могут приводить к трансформации биоценозов. Так, увеличение СТС способствует развитию байджарахов. Образующиеся в результате этого бугры быстрее освобождаются летом от снега и прогреваются. Они становятся излюбленным местом для леммингов и гнездования сов. Увеличение СТС и активизация термокарста (например, в районе р. Сомнительная) приводят к поступлению из мерзлоты солей и органики, которые резко ухудшают качество вод. Для о. Врангеля характерна приуроченность отдельных типов растительности к конкретным местообитаниям, связанным с определенными элементами структурных грунтов. Поэтому, изменение водно-теплового режима структурных грунтов будет приводить к изменению рисунка растительности.

Заключение. С середины 1970-х годов на острове Врангеля происходит рост среднегодовой температуры воздуха. За последние 30 лет величина линейного тренда составила 0,11 °С/год. Значимого изменения в годовой сумме осадков при этом не происходит. Температура пород на глубине нулевых амплитуд в скважине, пробуренной рядом с метеоплощадкой МГ-2 Остров Врангеля, составляет около -7,2 °С. СТС в 2024 г. по данным измерений положения нулевой изотермы в скважине достиг глубины 77 см, схожие значения СТС в данной точке острова фиксировались в 1938 г. во время Арктического потепления. Верхняя часть разреза многолетней мерзлоты характеризуется повышенной льдистостью. Полигонально-жильные структуры представлены в большинстве случаев пятиугольниками со средней длиной стороны 16 – 23 м. Выполненные работы дополнили весьма скудные данные о мерзлоте острова и создали основу для ее дальнейшего мониторинга, в том числе с целью изучения трансформации биоценозов заповедника под влиянием меняющегося климата.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» (Соглашение №169-15-2023-001 от 01.03.2023 года Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды).

ЛИТЕРАТУРА

Демидов Н.Э., Гузева А.В., Гунар А.Ю., Угрюмов Ю.В. Новые данные о мерзлоте Земли Франца Иосифа по результатам экспедиционных работ ААНИИ в 2021 – 2023 гг. // Российские полярные исследования. 2023. № 3 (53). С. 28–30.

Демидов Н.Э., Угрюмов Ю.В. Об организации системы мониторинга многолетней мерзлоты высокоширотной Арктики по трансекте арх. Шпицберген – о. Врангеля // Российские полярные исследования. 2024. № 3 (57). С. 6-11.

Качурин С.П. Вечная мерзлота острова Врангеля // Крайний Северо-Восток Союза СССР. М.: Изд-во АН СССР. 1952. Т. 1. Остров Врангеля. С. 49–92.

NEW DATA ON WRANGEL ISLAND PERMAFROST

Demidov N.E.¹, Baranyuk V.V.², Zaytseva D.K.¹, Morozov A.P.¹, Stepanets A.A.¹

¹Arctic and Antarctic research institute, St. Petersburg, Russia

²State nature reserve "Wrangel Island", Chukotka Autonomous Region, Pevek, Russia

Mean annual air temperature has been increasing on the Wrangel Island since the middle 1970s. Mean annual air temperature trend for last 30 years is 0,11 °C/year. Significant change in precipitation is not observed, but there is tendency in increase of proportion of liquid precipitation. Temperature at depth of zero amplitude in borehole on weather station Wrangel Island is near to -7,2 °C and is close to mean annual air temperature. Active layer depth in 2024 according to propagation of 0 °C isotherm in borehole equals to 77 cm. Upper layer of permafrost is characterized by high ice content. Ice-wedge polygons are represented in most cases by pentagons with mean side length 16 – 23 m.

Keywords: *Arctic, Wrangel Island, permafrost, active layer, ice-wedge polygons*

REFERENCES:

Demidov N.E., Guzeva A.V., Gunar A.Yu., Ugrumov Yu.V. (2023). New data on permafrost of Franz Josef Land according to expedition work of AARI in 2021 – 2023 // Russian Polar Research. № 3 (53). P. 28–30. (in Russian).

Demidov N.E., Ugrumov Yu.V. (2024). About organization of permafrost monitoring along high-latitude transect Spitsbergen – Wrangel Island // Russian Polar Research. № 3 (57). P. 6–11. (in Russian).

Kachurin S.P. (1952). Permafrost of Wrangel Island // Far North-East of USSR. V. 1. Moscow: publishers of USSR Academy of Science. P. 49-92. (in Russian).