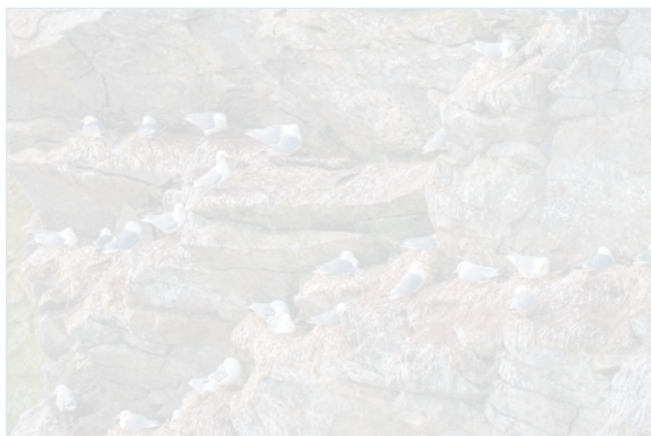




Птичий базар на мысе Желания, архипелаг Новая Земля



М.В. Гаврило отбирает образцы биоматериалов у отловленной птицы

Совместно с РГГМУ зоологическая группа участвовала в учете морского плавающего мусора для сравнительного анализа существующих методик учета макропластика, а М.В. Гаврило выступила соруководителем исследования встречаемости пластика в гнездах птиц.

Стоит подчеркнуть, что с каждым годом программа работ научной группы ААНИИ в рамках экспедиции «Арктический плавучий университет» расширяется и дополняется новыми направлениями исследований, а полученные результаты используются как для выполнения плановых НИР Росгидромета, так и для выполнения научных проектов и важнейших инновационных проектов государственного значения.

Группа ФГБУ «ААНИИ» выражает благодарность всем добровольцам из состава экспедиции, которые помогли при проведении научных работ, инженеру-океанологу Северного УГМС Александру Соломатову за помощь в выполнении работ на океанографических разрезах, начальнику экспедиции А.А. Сабурову и его команде за отличную организацию экспедиции, а также администрации национального парка «Русская Арктика» за предоставление возможности работать на ООПТ, в особенности на мысе Флора и Больших Оранских островах, инспекторам национального парка «Русская Арктика» за обеспечение безопасности наземных работ.

А.В. Весман, Н.К. Алексеева, Я.В. Швед,
Н.Э. Демидов, М.В. Гаврило (ААНИИ).
Фото А.В. Ермолина, Я.В. Шведа

СНЕГОСЕЛЕВЫЕ ЯВЛЕНИЯ НА ОСТРОВЕ БОЛЬШЕВИК НА ТЕРРИТОРИИ ГИДРОЛОГО-КРИОСФЕРНОГО ПОЛИГОНА НИС «ЛЕДОВАЯ БАЗА МЫС БАРАНОВА»

Регулярные наблюдения за элементами водного баланса на гидролого-криосферном полигоне НИС «Ледовая база Мыс Баранова», расположенном на севере острова Большевик архипелага Северная Земля, начали проводить с 2014 года. Ими было охвачено большинство рек северной и восточной экспозиций склонов бассейна перигляциальной области ледника Мушкетова, водосборы которых расположены в разных соотношениях на возвышенной равнине с абсолютными отметками 200–350 м и низменной равнине, полого опускающейся к морю. Большинство водосборов охватывают часть ледника. В верховьях некоторых рек наблюдаются обособленные остаточные ледники и снежники. Водность рек очень неравномерна. В июне, при достижении температурой воздуха положительных значений, талая вода, скапливаясь в понижениях рельефа, пропитывает снежный покров. По мере насыщения снега талые воды стекают в подснежные русла рек и текут поверх льда. В дальнейшем водные потоки, прорезая ледяные русла до коренного ложа, текут в снежно-ледяных берегах. Из-за быстрого стока талых вод при медленном протаивании мерзлых грунтов, препятствующих фильтрации, и небольшим испарением возникает волна половодья. Уровень воды после половодья снижается. К концу короткого арктического лета все реки и ручьи,

расположенные на исследуемом полигоне, значительно мелеют и промерзают до дна¹.

За двенадцатилетний период проведения регулярных наблюдений за элементами водного баланса отмечено увеличение объемов стока с 2019 года за счет таяния ледников и, возможно, деградации многолетней мерзлоты.

Остров Большевик, в рамках районирования селеопасности территории России, входит в полярно-островную область селеопасных проявлений. По классификации климатически обусловленных селей горные массивы архипелага Северная Земля относятся к типу снеговых, с преобладанием селей низкой интенсивности.

Начало визуальных наблюдений прохождения снегоселевого потока в долине реки Останцовой пришлось на 15:30 (+5 мск) 9 июля 2025 года. Группе исследователей, передвигавшихся на колесном вездеходе Трэкол, преградила путь быстро движущаяся масса комковатого переувлажненного снега, высотой от 40 см до полутора метров, охватившая всю дельту реки.

¹ Третьяков М.В., Рачкова А.Н., Штанников А.В., Василевич И.И. Особенности гидрологического режима о-ва Большевик // Исследование природной среды высокоширотной Арктики на НИС «Ледовая база Мыс Баранова». СПб.: ААНИИ, 2021. С. 172–183.



Рис. 1. Вид на снеговодяной поток



Рис. 2. Вид выхода снеговодяного потока в дельту реки Останцовой



Рис. 3. Грязеводяной поток, следующий за снеговодяным в каньоне реки Останцовой

Ширина дельты в точке наблюдения составляла 265 м, максимальная ширина мористой части дельты — 840 м, протяженность дельты по градиенту стока — 610 м. Скорость движения снеговодяной, а на отдельных участках — снегорязевой массы доходила до 1–1,2 м/с. Поток постепенно терял скорость, расплываясь по обширной поверхности дельты.

На рис. 1 показан снеговодяной поток, распространяющийся вниз по дельте реки Останцовой и упирающийся в косу на побережье залива Микояна. Краевая, низкоскоростная часть потока ограничена характерным бортиком из снежной массы и грязи высотой от 15 до 35 см. Скорость движения потока у краевого бортика не превышала 0,2–0,3 м/с.

Наблюдения за материалом потока, проведенные ближе к входу русла в дельту, дали представление о разнообразии влекомых снеговодяных масс (рис. 2). Здесь снежная масса преобладала над грязеводяной суспензией. Комки мокрого снега были больше (до полуметра в диаметре) и не загрязнены взвешенными наносами. Вероятнее всего, время проведения наблюдений и фотофиксация совпали с периодом схода очередной массы снега из разрушенных селом снеговых «плотин» и склоновых надувов, широко распространенных по каньону реки Останцовой до прохождения села.

В двух километрах выше по течению в каньоне в 16:30 местного времени было зафиксировано снижение доли снежных включений в селевом потоке и смена его водогазевым. При этом некоторая доля снежных комьев еще присутствовала на поверхности селевых масс, в виде языков и отдельных островков. На рисунке 3 хорошо видны мелкие остаточные формы снега: от мокрых комков (диаметр 15–25 см) до крупных отторженцев плотного снега (диаметр 2–3 метра). Скорость водогазеводного потока была значительно выше скорости снеговодного и достигала на спрямленных участках каньона 2,5 м/с. Постепенно, на протяжении часа, доля взвешенных наносов в селевом потоке стала снижаться. На водяных валах и «бочках» появились пенные гребни, не характерные для грязеводяных селевых масс.

Дальнейшая информация о развитии селепроявлений на гидролого-криосферном полигоне осуществлялась по данным дистанционного зондирования с последующей верификацией с помощью полевых наблюдений.

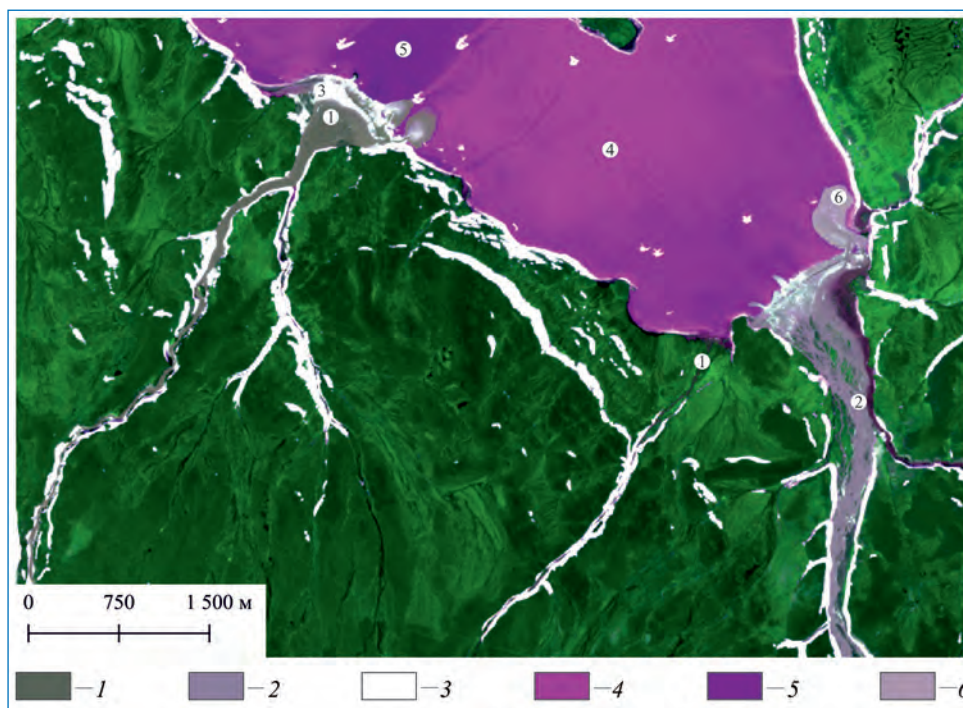


Рис. 4. Результаты дешифрирования спутникового снимка Sentinel-2:

1 — поверхность селевых масс; 2 — поверхность речных вод, загрязненных взвешенными наносами; 3 — поверхность снеговодяных масс; 4 — поверхность морского льда; 5 — поверхность морского льда, перекрытая прозрачными водами, профильтрованными через отложения морской косы; 6 — поверхность морского льда, перекрытая мутными речными водами

Для уточнения характеристик динамики и продолжительности селевого потока на реке Останцовой, а также для выявления возможных селевых явлений на других реках гидролого-криосферного полигона был применен анализ серии мультиспектральных снимков спутниковой группировки Sentinel-2.

Разделение русел с признаками снегогрязевых и снеговодяных потоков и русел с высоким содержанием взвешенных наносов проводилось по данным снимка 9 июля 2025 года (на дату схода селя на реке Остан-

цовой), синтезированным на основе каналов видимой и ближней инфракрасной зон спектра. По спектральным характеристикам проведено разделение участков русел, занятых селевыми водогрязевыми массами, снеговодяной суспензией, речными водами, замутненными взвешенными наносами, водами различной мутности, перекрывающими поверхность льдов припая (рис. 4).

Результаты дешифрирования спутникового снимка от 9 июля 2025 года позволили установить развитие селевых процессов в долинах реки Останцовой и ручья

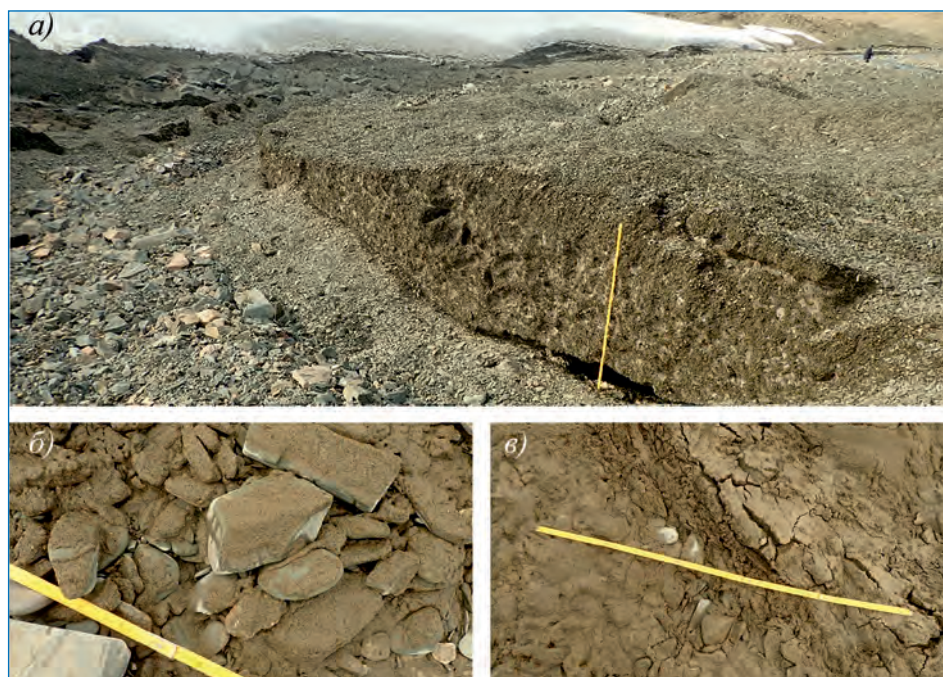


Рис. 5. Отложения грязеводяных и снего-грязеводяных потоков:

а) — отложения снегогрязевого потока, прорезанные потоками последовавшего половодья, в верховьях ручья без названия; б) — отложения грязеводяного потока в долине реки Останцовой; в) — отложения снего-грязеводяного потока в долине реки Останцовой

без названия (в центральной части кадра). Воды рек Черной и Новой (в правой, восточной части кадра) характеризуются повышенным содержанием взвешенных наносов, что обычно для рек полугорного типа в период половодья, но признаков распространения селевых отложений в их долинах не выявлено. Предположение, выдвинутое в результате интерпретации материалов спутниковой съемки, о наличии признаков селя в долине ручья без названия позднее подтверждено полевыми методами. Через неделю после наблюдения селя на реке Останцовой, после нормализации режима водотоков, проведено обследование долины ручья без названия. В его верхнем течении у гидрологического пункта наблюдений (ГПН) ручей без названия — Исток описаны свежие снеготрясые толщ, содержащие щепнистый материал (рис. 5а).

На основе информации серии спутниковых снимков первой половины июля 2025 года проведен мониторинг снеготаяния на леднике Мушкетова и на элементах водосборов рек с выявленной селевой активностью. Были проанализированы космические изображения за следующие даты: 5 июня, 7 июня, 8 июня, 9 июня, 10 июня и 11 июня. На представленных на рис. 6 разновременных спутниковых изображениях выявляются основные фазы снеготаяния на скальном массиве приподнятой равнины, являющейся основанием ледника Мушкетова.

Изображения от 5, 7 и 8 июля иллюстрируют динамику резкого снижения площади снежного покрова в результате снеготаяния на выположенных склонах северной и северо-восточной экспозиции: в тех местах, где снежный покров средней глубины в 30–40 см для 2025 года удерживался в течение всего предшествующего периода.

Результатом этого процесса явилось то, что ниже подножья ледника на удивление быстро, по сравнению с предшествующими теплыми днями, произошло таяние снега. На 8 июля были выявлены лишь участки снега повышенной толщины (от 50 до 250 см), приуроченные к крутым склонам и обрывам долин водотоков.

На большей площади поверхности ледника Мушкетова до 9 июля снежный покров не претерпевал существенных изменений. К 8 июля отмечено формирование

единичных крупных каналов стока и подпрудных водоемов площадью от 10 000 до 50 000 м². Также установлено развитие площадей внутриснежных водонасыщенных зон. И подпрудные водоемы, и перенасыщенные водой участки снежного покрова до 8 июля включительно были расположены на периферических частях ледника Мушкетова и прилегающих к нему малых ледников. Результаты дешифрирования спутниковых данных подтверждаются визуальными наблюдениями ледника Мушкетова, проведенными в процессе полевых маршрутов. Согласно им, 5 июля на снежной поверхности ледника наблюдалось развитие глубоких каньоноподобных врезов, цвет которых говорил о достижении талыми водами локального базиса эрозии — поверхности ледника. Таких объектов на северном макросклоне ледника Мушкетова было выявлено немного.

На спутниковом изображении от 9 июля спектральные характеристики снежного покрова меняются на всей площади ледника Мушкетова и прилегающих к нему более мелких ледников, за исключением наиболее возвышенной части центрального купола. Интерпретация спектральных сигналов позволяет говорить о стремительном разрушении снежного покрова сетью ложбин стока талых вод. На отдельных участках интенсивное таяние привело к оползанию талых масс снега по подстилающему их влажному льду, что зафиксировано визуальным осмотром в процессе полевых маршрутов 9 и 10 июля. Геоинформационный анализ космического снимка от 9 июля показал, что 92 % снежного покрова ледника Мушкетова и малых ледников его обрамления было растоплено и перешло в талый сток (рис. 6).

Сопоставление обводненности долин рек снежного и ледниково-снегового питания, проведенное по спутниковым снимкам 8–9 июля, отчетливо показывает пик половодья именно в руслах последних.

Сопоставление разновременных спутниковых изображений позволяет выявлять появление снеговодяных масс в долинах и дельтах рек, что может служить косвенным признаком развития селей снеговодяного типа. Наибольшие площади перемещенного селевыми потоками снега — 165 000 м² — выявлены в дельте реки Останцовой. Площадь снеговых масс, вынесенных по-

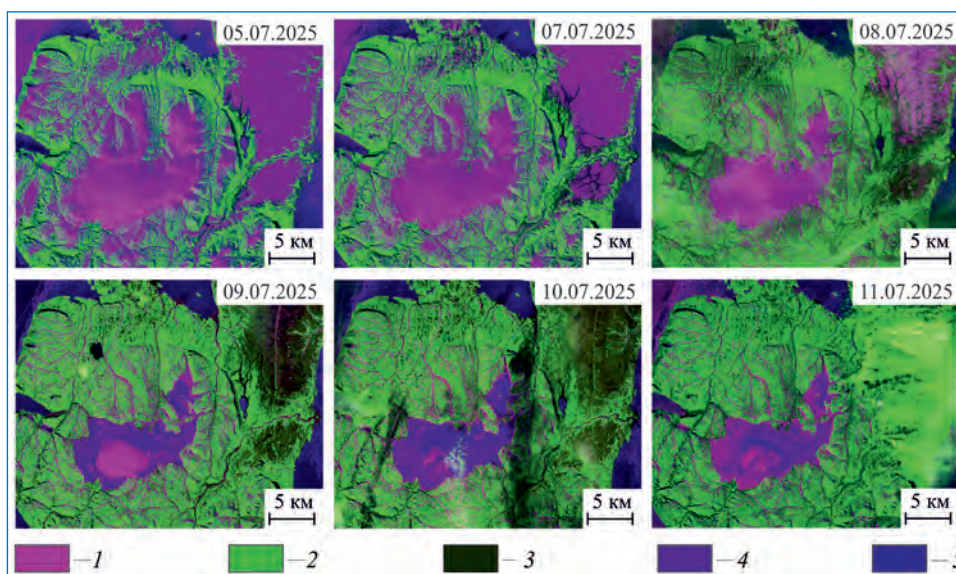


Рис. 6. Временной ряд спутниковых снимков Sentinel-2.

1 — поверхности, покрытые снегом; 2 — поверхности скальных выходов и минеральных грунтов, освободившиеся от снега; 3 — поверхности скальных выходов и минеральных грунтов, на которых идет процесс снеготаяния; 4 — переувлажненный талый снег на поверхности ледника; 5 — влажный лед, лишенный снежного покрова

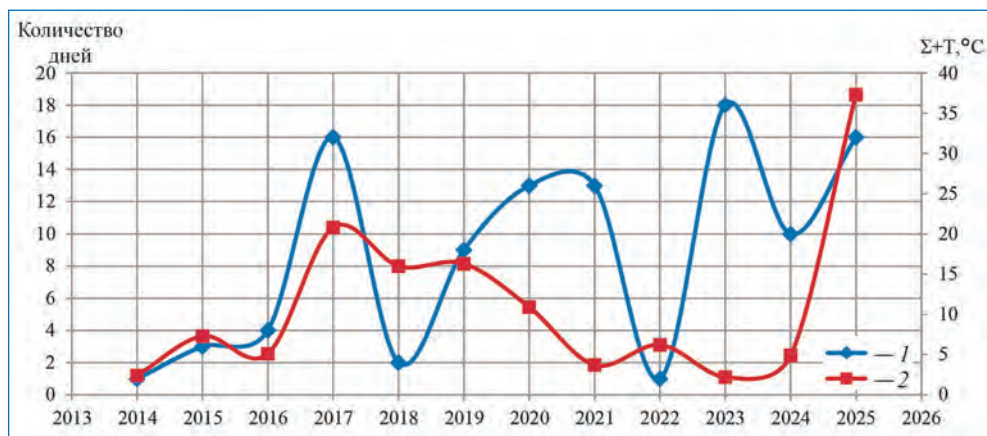


Рис. 7. График метеорологических характеристик по годам.

1 — продолжительность оттепелей, кол-во дней; 2 — сумма положительных температур за первую декаду начала теплого периода, °C

токами вод рек Новой и Черной, на которых признаков снегоселей в нижнем течении по снимкам не отмечено, не превышает 20 000 м², что может говорить о локальном переносе снега с надувов, расположенных по бортам долин этих рек в их нижнем течении.

По данным спутникового мониторинга, к 10 июля снеговой покров всей поверхности ледника был полностью разрушен снеготаянием. На эту дату вода в реках ледниково-снегового питания продолжала оставаться мутной, но признаков прохождения новых грязеводяных и снеговодяных масс зафиксировано не было. К 11 июля объемы талого стока с поверхности ледника Мушкетова стали иссякать, реки стали входить в русла, а их воды стали значительно прозрачнее.

Через неделю, после схода селей, были проведены полевые работы по фиксации признаков и последствий их прохождения по долинам реки Останцовой и ручья без названия. В долинах реки Останцовой и ручья без названия выявлены свежие отложения снего-грязеводяных и грязеводяных потоков (рис. 5а, б, в).

Одним из необычных последствий стало повреждение репера на ГПН ручей без названия — Исток селевыми массами. Сразу после уступа, на котором установлен репер, ниже по течению обнаружена толща снегового материала, содержащая значительное количество щебня местных пород (рис. 5а). Через три недели после образования отложений снегоселя в верховьях ручья без названия эти отложения еще сохранялись, хотя мощность их снизилась в полтора раза (с 1,7 м до 1,1 м), что говорит о значительной доле содержащегося в них снега.

Исходя из того, что селевые потоки формируются в период снеготаяния, при оттепелях с резким подъемом температуры воздуха (см.: Перов В.Ф. Селеведение. М.: Географический факультет МГУ, 2012. 272 с.), был проведен анализ метеорологических условий, при которых образовались снеговые сели в 2025 году. Для этого были использованы данные стандартных метеорологических наблюдений (ТМС) НИС «Ледовая база Мыс Баранова» за периоды май–июль 2014–2025 годов.

Для получения количественной характеристики продолжительности оттепелей был подсчитан период с количеством дней, когда наблюдались положительные температуры воздуха внутри суток, при среднесуточной отрицательной температуре. Период оттепелей определяет начало снеготаяния и водонасыщение снежного покрова, а также начало формирования стока. Подъем температур отражен в сумме среднесуточных положительных температур за первую декаду теплого периода,

который начинается, когда устанавливается среднесуточная положительная температура воздуха, и характеризует интенсивность снеготаяния и водоотдачу из снега, начало стока. Из рис. 7 видно, что высокие значения этих двух метеорологических характеристик в 2017 и 2025 годах являются наряду с другими факторами причиной формирования снегоселей, что требует дальнейшего теоретического обоснования и анализа данных.

В июне 2025 года на территории гидролого-криосферного полигона, на реке Останцовой и ручье без названия, зафиксированы и описаны уникальные для данной территории сходы снеговодяных, снегогрязевых и водогрязевых селевых масс.

Селевые явления были обусловлены продолжительными оттепелями, которые, в свою очередь, обеспечили водонасыщение снежного покрова и резкий подъем среднесуточных температур воздуха, что вызвало интенсивное снеготаяние и водоотдачу, в том числе на леднике Мушкетова.

Интенсивность селевых потоков и характер отложений сильно менялись в зависимости от площади водосбора, приходящейся на тающий ледник, гранулометрического состава захваченных отложений, ширины долины и объемов снежных наносов и «снежных плотин» в ней.

Выявлен импульсный характер селевых явлений на реке Останцовой и ручье без названия. Он выражался в ритмическом повторении смен снеговодяных потоков — грязе-снеговодяными и грязеводяными.

Исследований, проведенных в летний сезон 2025 года, явно недостаточно для полноценной характеристики селевых явлений на гидролого-криосферном полигоне. Необходимо провести работу по анализу существующих данных и спутниковой информации и рассмотреть условия, формирующие снегосели в условиях островной Арктики, на основе чего внести работы по данному направлению в планы сезонных полевых работ на НИС «Ледовая база Мыс Баранова» в последующие годы.

Авторы глубоко признательны руководству НИС «Ледовая база Мыс Баранова» и коллективу механиков за помощь и поддержку в проведении исследований селепроявлений на реках острова Большевик в 2025 году.

Д.В. Добрынин (ААНИИ, Университет «Дубна»),

А.Н. Рачкова (ААНИИ), И.С. Ёжиков (ААНИИ),

О.В. Сухова (Университет «Дубна»).

Фото Д.В. Добрынина