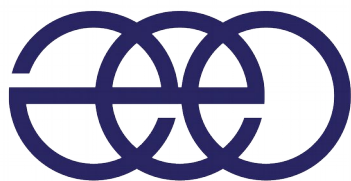
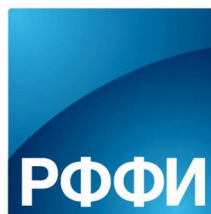


ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ

Российской академии наук



основан в 1918 году



РОССИЙСКИЙ
ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

**Тезисы докладов
всероссийской научной конференции
«Взаимодействие элементов природной среды в высокоширотных
условиях»**

г. Сочи

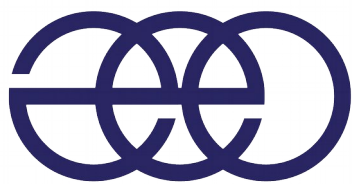
25–28 сентября 2019 года

Под редакцией В.М. Котлякова и А.Я. Муравьева

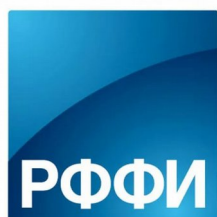
ISBN 978-5-89658-062-1

ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ

Российской академии наук



основан в 1918 году



РОССИЙСКИЙ
ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

**Мероприятие проводится
Институтом географии РАН
при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных
исследований (проект № 19-05-20118)**

Авторский указатель приведён на с. 93–95.

Сайт конференции: polar2019.igras.ru

Научная программа всероссийской конференции
«Взаимодействие элементов природной среды в высокоширотных условиях»

г. Сочи, 25–28 сентября 2019 года

Подчеркнуты фамилии докладчиков

25 сентября

8:00–13:00	Регистрация участников конференции в гостинице «Маринс Парк Отель»
9:00–9:30	Открытие конференции. Президент Гляциологической ассоциации академик В.М. Котляков
Российские исследования полярных территорий	
9:30–9:50	<u>Котляков В.М.</u> Роль России и Советского Союза в исследованиях Антарктического материка
9:50–10:10	<u>Григорьев М.Н.</u> , Максимов Г.Т. Оценка темпов разрушения арктических берегов, объёмов терригенного материала и органического углерода, поступающего в арктический бассейн
10:10–10:30	<u>Анисимов О.А.</u> , Лавров С.А., Жирков А.Ф., Каверин Д.А. Модельная ассимиляция и реанализ геокриологических данных: постановка задачи и валидация модели для восточной Сибири и европейского севера
10:30–10:50	<u>Галанин А.А.</u> , Викулова Н.О. Проблемы возраста и стратиграфии нижнепалеолитической стоянки Диринг (Центральная Якутия)
10:50–11:20	<i>Перерыв на кофе</i>
11:20–11:40	<u>Пижанкова Е.И.</u> , Гаврилов А.В., Кучейко А.А. Геоморфологические процессы на мелководьях арктических морей
12:00–12:20	<u>Лебедева Л.С.</u> , Тарбеева А.М., Шамов В.В., Ефремов В.С., Павлова Н.А., Бажин К.И., Христофоров И.И. Пятилетние исследования на водосборе р. Шестаковки, Центральная Якутия: итоги и перспективы
12:20–12:40	<u>Чернов Р.А.</u> , Муравьев А.Я., Кидяева В.А. Природная катастрофа озера Спартаковское на о. Большевик (Северная Земля)
12:40–13:00	<u>Козачек А.В.</u> , Екайкин А.А., Стеен-Ларсен Х.К., Ландэ А. Изотопный состав водяного пара над поверхностью Южного океана как источник данных для палеоклиматических реконструкций в Антарктиде

13:00–15:00	<i>Перерыв на обед</i>
	<p style="text-align: center;">Стендовые доклады</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Арутюнян Н.В., Тумской В.Е., <u>Лисицына О.М.</u>, Белова Н.Г., Облогов Г.Е. Журнал "Криосфера Земли" - история и перспективы развития 2. <u>Георгиади А.Г.</u> Долговременные фазы пониженной/повышенной водности Северной Двины в XIX-XXI веках 3. <u>Грицук И.И.</u>, Масликова О.Я., Ионов Д.Н., Дебольский В.К. Лабораторные эксперименты по изучению размыва русла на повороте. Методика проведения 4. <u>Дебольская Е.И.</u>, Иванов А.В. Оценка влияния термоэрозии на русловые деформации рек криолитозоны 5. <u>Коваленко Н.В.</u>, Петраков Д.А., Коваленко М.А. Моделирование снежных лавин Арктических регионов с использованием больших данных 6. <u>Лазарев А.В.</u>, Турчанинова А.С., Марченко Е.С., Сократов С.А., Селиверстов Ю.Г., Петраков Д.А. Расчет лавинного питания горных ледников (на примере Тянь-Шаня) 7. <u>Лаппо Е.Г.</u>, Сыроечковский Е.Е., Гаврило М.В., Розенфельд С.Б., Расс Р. Рост влияния хищничества белого медведя на птиц в связи с изменением летней ледовитости в высокоширотной Российской Арктике 8. Соромотин А.В., <u>Бродт Л.В.</u>, Ramona J. Neim Постпирогенные сукцессии растительного покрова в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород 9. <u>Устинова Е.В.</u>, Дроздов Д.С., Пономарева О.Е., Гравис А.Г., Бердников Н.М., Москаленко Н.Г., Лешневская Е.Ф., Бочкарёв Ю.В., Губарьков А.А. Итоги и перспективы исследований на Надымском геофизиологическом стационаре (островная криолитозона) 10. <u>Факашук Н.Ю.</u>, Хомутов А.В., Дворников Ю.А., Бабкин Е.М. Изменение химического состава твердых атмосферных осадков в зимний период на центральном Ямале 11. <u>Чернов Р.А.</u>, Сидорова О.Р. О пространственной изменчивости поверхностной абляции горных ледников Западного Шпицбергена 12. <u>Чихачев К.Б.</u>, Липенков В.Я., Шибаяев Ю.А., Екайкин А.А., Lefebvre E. Теплоперенос в верхнем слое снежного покрова Центральной Антарктиды по данным измерений температуры с высоким временным разрешением

	13. <u>Чеховских А.М.</u> , Лаврентьев И.И., Кутузов С.С., Петраков Д.А. Исследование ледника Хёгвальбреен (южная Норвегия) по данным радиозондирования
Ледники и ледниковые покровы	
15:00–15:20	<u>Большаинов Д.Ю.</u> , Ёжиков И.С., Парамзин А.С., Соколов В.Т. Современное состояние ледников архипелага Северная Земля
15:20–15:40	<u>Глазовский А.Ф.</u> , Бушуева И.С., Носенко Г.А. Развитие подвижки ледника Вавилова, Северная Земля – последние данные
15:40–16:00	<u>Носенко Г.А.</u> , Муравьев А.Я., Иванов М.Н., Синицкий А.И., Кобелев В.О., Никитин С.А. Реакция ледников Полярного Урала на современные изменения климата
16:00–16:20	<u>Хромова Т.Е.</u> , Никитин С.А., Муравьев А.Я. Изменения ледников в горных районах субарктики в XX-XXI веке. Горы Черского и хребет Орулган
16:20–16:40	<u>Лаврентьев И.И.</u> , А.Ф. Глазовский А.Ф., Сальман А.Л. Толщина льда и айсберговый сток выводных ледников Новой Земли по данным радиолокационного зондирования
16:40–17:00	<u>Ананичева М.Д.</u> , Белозеров Е.В., Пакин Г.Ю. Малые формы оледенения: Чукотка, Колымы, Верхнеангарский хребет, новые данные
17:00–17:20	<u>Найденко А.А.</u> , Кутузов С.С., Петраков Д.А. Изменение высоты поверхности и объема долинных ледников западной части северного склона Центрального Кавказа (бассейны р. Баксан, Чегем и Черек)
17:20–17:40	<u>Успенская Е.И.</u> , Ананичева М.Д., Коваленко Н.В. Малые ледники плато Путорана и п-ва Чукотка – общие черты и различия
17:40–18:00	<u>Башкова Е.И.</u> , Турчанинова А.С., Петраков Д.А. Роль снежных лавин в восстановлении ледника Колка (Центральный Кавказ)

26 сентября

Жизнь и хозяйственная деятельность людей в полярных районах	
9:00–9:20	<u>Суханова А.А.</u> , Попов С.В., Поляков С.П. Проведение георадарных исследований для обеспечения безопасности воздушных транспортных операций в районах Антарктиды
9:20–9:40	<u>Гребенец В.И.</u> , Стрелецкая И.Д., Кизяков А.И. Арктические регионы: криогенные процессы и устойчивость инфраструктуры
9:40–10:00	<u>Кукушкин С.Ю.</u> , Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Арестова И.Ю. Радиальная и латеральная миграция металлов в почвах

	районов нефтегазодобычи севера Западной Сибири
10:00–10:20	<u>Сыромятников И.И.</u> , Кириллин А.Р., Лыткин В.М., Железняк М.Н. Проблемы эксплуатации линейных инженерных сооружений на высокольдистых породах Центральной Якутии
10:20–10:40	<u>Юров Ф.Д.</u> , Марченко Н.А. Лазерное сканирование как метод мониторинга деформаций линейных объектов в криолитозоне
10:40–11:10	<i>Перерыв на кофе</i>
11:10–11:30	<u>Бадина С.В.</u> Оценка воздействия изменения климата на здания, сооружения и инфраструктуру в регионах Российской Арктики
11:30–11:50	<u>Блейхер Д.О.</u> Природные особенности Белого и Баренцева морей в организации безопасного мореплавания
11:50–12:10	<u>Ильин Г.В.</u> , Усягина И.С., Максимовская Т.М. Радиоэкологические исследования фронтальной зоны Баренцева моря
12:10–12:30	<u>Боронина А.С.</u> , Четверова А.А., Пряхина Г.В., Попов С.В. О прорывах озёр в районах российских антарктических станций и полевых баз
12:30–12:50	<u>Пикалёва А.А.</u> , Надёжина Е.Д., Стернзат А.В., Школьник И.М. Исследование эволюции вечной мерзлоты на территории России с помощью высокоразрешающей системы моделей
12:50–14:40	<i>Перерыв на обед</i>
	<p style="text-align: center;"><i>Стендовые доклады</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Бабкина Е.А.</u>, Хомутов А.В. Динамика глубины протаивания и температуры верхней части многолетнемерзлых пород в северо-восточной части Пур-Тазовского междуречья 2. <u>Бажин К.И.</u>, Лыткин В.М. Применение метода электротомографии при изучении внутреннего строения каменных глетчеров в высокоширотных условиях 3. <u>Белова Н.Г.</u>, Маслаков А.А., Баранская А.В., Романенко Ф.А. Метан в пластовых льдах Восточной Чукотки 4. <u>Винокурова Т.А.</u>, Пермяков П.П. Численная идентификация граничного условия на поверхности мерзлых грунтов 5. <u>Гребенец В.И.</u>, Толманов В.А., Федин В.А. Формирование специфического режима снежных отложений в условиях городской застройки и его воздействие на инфраструктуру 6. <u>Керимов А.Г.</u>, Гребенец В.И. Проблемы надежности и долговечности зданий и объектов инфраструктуры в Арктической зоне

	<p>7. <u>Комова Н.Н.</u>, Маслаков А.А., Юров Ф.Д., Краев Г.Н. Тепловой режим лёдника в пос. Лорино, Чукотский АО</p> <p>8. <u>Максимов Г.Т.</u>, Григорьев М.Н., Якимов А.А., Андреева В.В. Особенности формирования многолетнемерзлых пород и таликовых зон под протоками в дельте р. Лены</p> <p>9. <u>Масликова О.Я.</u>, Дебольский В.К., Грицук И.И. Исследование поведения мерзлого грунта, слагающего русла рек криолитозоны, на закруглении</p> <p>10. Мельников В.П., Дашинамаев З.Б., Иванов К.С., <u>Галлямов Д.Р.</u> Инновационное конструктивное решение для устройства дренажных сооружений в районах вечной мерзлоты</p> <p>11. <u>Письменюк А.А.</u>, Стрелецкая И.Д., Гусев Е.А. Криогенное строение четвертичных отложений берегов Гыданского полуострова</p> <p>12. <u>Семенов В.П.</u>, Кириллин А.Р., Огонеров В.В. Мерзлотно-гидрогеологические условия Восточного Верхоянья</p> <p>13. <u>Стрелецкий Д.А.</u>, Гребенец В.И. Оценка взаимодействия техногенных систем и вечномерзлых оснований</p> <p>14. <u>Третьяков И.Н.</u>, Зепалов Ф.Н. Количественное моделирование температурного режима в основании железной дороги при различных климатических сценариях и неравномерном снегонакоплении</p> <p>15. <u>Хомутов А.В.</u>, Хайруллин Р.Р., Бабкин Е.М., Бабкина Е.А., Тихонравова Я.В. Оценка степени деградации полигонально-жильных льдов торфяников в северо-восточной части Пур-Тазовского междуречья</p>
	Подземные льды
14:40–15:00	<u>Васильев А.А.</u> , Гравис А.Г., Дроздов Д.С., Малкова Г.В., Облогов Г.Е., Пономарева О.Е. Новые данные о деградации континентальной и субаквальной криолитозоны западного сектора Российской Арктики при изменении климата
15:00–15:20	<u>Слагода Е.А.</u> , Тихонравова Я.В., Бутаков В.И., Опокина О.Л. Проблемы полевых исследований пластовых льдов в разрезах многолетнемерзлой толщи м. Марре-Сале Западного Ямала (итоги 2008-2019 гг.)
15:20–15:40	<u>Лыткин В.М.</u> , Бажин К.И. Каменные глетчеры хребта Улахан-Чистай
15:40–16:00	<u>Малкова Г.В.</u> , Садуртдинов М.Р., Скворцов А.Г., Судакова М.С., Царев А.М. Оценка современного состояния островной мерзлоты в дельте Печоры по данным геокриологического и геофизического мониторинга
16:00–16:20	<u>Бажин К.И.</u> , Лебедева Л.С., Христофоров И.И., Данилов К.П., Огонеров В.В., Ефремов В.С., Баишев Н.Е. Изучение сезонной динамики надмерзлотных таликов Центральной Якутии методом электротомографии

16:20–16:40	<u>Королева Е.С.</u> , Тихонравова Я.В., Слагода Е.А. Гранулометрический состав, как показатель природных условий накопления и промерзания четвертичных отложений в низовьях р. Гыда
16:40–17:00	<u>Хайруллин Р.Р.</u> , Хомутов А.В., Дворников Ю.А., Бабкин Е.М., Бабкина Е.А. Анализ изменения торфяника в северо-восточной части Пур-Тазовского междуречья по дистанционным и наземным данным мониторинга
17:00–17:20	<u>Мисайлов И.Е.</u> Геотемпературное поле и мощность криогенной толщи в пределах Анабаро- Хатангской седловины
17:20–17:40	<u>Тихонравова Я.В.</u> Структурно-текстурные признаки фронтального роста полигонально-жильных льдов

27 сентября

Климат, ландшафты и растительность полярных регионов	
9:00–9:20	<u>Шаповалова К.О.</u> , Жильцова Е.Л. Моделирование динамики арктической растительности на основе современных статистических методов
9:20–9:40	<u>Сысолятин Р.Г.</u> , Сериков С.И., Железняк М.Н., Рожина М.С. Температурный режим воздуха и пород в горных районах Северо-Восточной Сибири
9:40–10:00	<u>Сосновский А.В.</u> , Осокин Н.И. Влияние мохового покрова на термический режим грунта по данным измерений на Зап. Шпицбергене
10:00–10:20	<u>Максютова Е.В.</u> Суровость современных температурно-ветровых условий в Сибирском Заполярье
10:20–10:40	<u>Тарбеева А.М.</u> Распространение, морфология и динамика русел и гидрологические процессы на малых четковидных реках криолитозоны
10:40–11:10	<i>Перерыв на кофе</i>
Исследования в Арктике и криолитозоне	
11:10–11:30	<u>Маслаков А.А.</u> , Шабанова Н.Н., Комова Н.Н. Изменение ледовитости Берингова моря как фактор отступления берегов
11:30–11:50	<u>Попов С.В.</u> , Соболева О.Б., Киселёв А.В., Масолов В.Н. Подлёдный рельеф прибрежной части Антарктиды в секторе 60° в.д. – 95° в.д. по отечественным данным, полученным в период 31 САЭ – 64 РАЭ (1985 – 2018 гг.)

11:50–12:10	<u>Турчанинова А.С.</u> , Селиверстов Ю.Г., Сократов С.А., Глазовская Т.Г. Влияние снежных лавин на инфраструктуру в Арктике в условиях меняющегося климата
12:10–12:30	<u>Данзанова М.В.</u> , Павлова Н.А., Огонеров В.В. Надмерзлотные соленые воды на территории г. Якутска, их особенности формирования и режима
12:30–12:50	<u>Павлова Н.А.</u> , Федорова С.В. Особенности распределения фтора в подмерзлотных водах Центральной Якутии
12:50–14:50	<i>Перерыв на обед</i>
	Стеновые доклады
	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Бондарев С.А.</u>, Петраков Д.А. Каталог ледниковых озёр Центрального Кавказа по состоянию на 2017-2018 гг. 2. <u>Викулина М.А.</u> Изменение лавинного риска в Хибинах за последние 10 лет 3. <u>Кириллин А.Р.</u> Особенности снегонакопления и параметры снежного покрова на Эльконском горсте 4. <u>Нестерова Н.Б.</u>, Хайруллин Р.Р., Хомутов А.В. Изучение распространения термоцирков в Ямало-Гыданской части Карской субширотной трансекты 5. <u>Облогов Г.Е.</u>, Васильев А.А., Стрелецкая И.Д., Задорожная Н.А. Содержанию метана в четвертичных отложениях и подземных льдах геокриологического стационара Марре-Сале (Западный Ямал) 6. <u>Толманов В.А.</u> Методология создания единой системы мониторинга криогенных процессов 7. <u>Федин В.А.</u>, Облогов Г.Е., Стрелецкая И.Д. Метан как индикатор геокриологических процессов
	Исследования полярных регионов
14:50–15:10	<u>Пряхина Г.В.</u> , Попов С.В., Четверова А.А., Боронина А.С. Формирование каналов стока при прорывах озер оазисов холмы Ларсеманн (Восточная Антарктида, район российской станции Прогресс)
15:10–15:30	<u>Яковлева М.О.</u> , Рогов В.В., Курбанов Р.Н. Опыт применения метода оптически стимулированной люминесценции для датирования отложений криолитозоны
15:30–15:50	<u>Жирков А.Ф.</u> Влияние количества жидких атмосферных осадков на температурный режим грунтов Центральной Якутии
15:50–16:10	<u>Епифанов В.П.</u> Акустическая и электромагнитная эмиссия как количественная мера деформации и разрушения пресноводного льда

16:10–16:30	<u>Огонеров В.В.</u> , Павлова Н.А., Данзанова М.В. Режим подземных вод и их роль в формировании температурного поля намывных грунтов на территории г. Якутска
16:30–16:50	<u>Федорова С.В.</u> , Павлова Н.А. Литий в подмерзлотных водах г. Якутска
16:50–17:10	<u>Баишев Н.Е.</u> Исследование посттехногенных наледей по космоснимкам вдоль федеральной автодороги А-360 «Лена»
17:10–18:00	Подведение итогов и закрытие конференции.

28 сентября – экскурсия (для желающих)

Роль России и Советского Союза в исследованиях Антарктического материка

Котляков В.М.

Институт географии РАН, Москва

В январе 1820 г. Русская экспедиция под командованием Ф.Ф. Беллинсгаузена и М.П. Лазарева впервые увидела берег Антарктиды. Это было главное географическое открытие после заявления полувековой давности, сделанного Дж. Куком, о том, что люди вряд ли когда-либо пробьются на юг и увидят, что скрывает Южный океан. В XIX и XX вв. интерес к Антарктическому материка не ослабевал: к Антарктиде свои экспедиции направили Великобритания, Франция, Норвегия, Австралия, Германия, Япония, США. Однако русских имён в этом списке не было. Правда, в связи с подготовкой ко Второму полярному году (1932–1933 гг.) в СССР обсуждалась идея организации советской полярной станции в Антарктиде, но все силы страны были брошены на освоение арктических территорий. Однако после завершения второй мировой войны находившийся тогда на подъёме и имевший непререкаемый авторитет Советский Союз вновь обратился к этой территории. В согласии с Соединёнными Штатами было принято решение «заморозить» претензии семи стран на владения в Антарктиде и превратить эту часть земного шара в регион не противостояния государств, а их сотрудничества на благо науки.

В докладе рассказывается о первых годах советских исследований в Антарктиде в период Международного геофизического года (1957–1958 гг.), о создании первого советского Атласа Антарктики (1966 г.) и об изучении российскими специалистами проблемы баланса массы Антарктического ледникового покрова. В настоящее время эта проблема ещё далека от своего решения, однако наблюдения с космических аппаратов позволяют высказать предположение о вкладе Антарктического ледникового покрова в современные изменения уровня Мирового океана.

Обширные исследования в южно-полярной области Земли в период МГГ вызвали предположение о современном росте массы льда в Восточной Антарктиде. Однако в Западной Антарктиде и на Антарктическом полуострове в наше время, наоборот, происходит усиленное таяние льда, нивелирующее повышенный приход массы льда в Центральной Антарктиде. Поэтому в целом в современную эпоху глобального потепления масса льда в Антарктиде, по-видимому, снижается, несмотря на продолжающийся рост Восточно-антарктического ледникового покрова. В результате уровень Мирового океана повышается за счёт стаивания ледникового покрова Антарктиды не более чем на 0,1 мм в год. По сравнению с масштабами Антарктического ледникового покрова его вклад в повышение уровня моря незначителен. Главная причина этого заключается в том, что в Восточной Антарктиде накопление массы со значительной долей вероятности преобладает над расходом льда.

Работа выполнена в рамках Государственного задания № 0148-2019-0004 (AAAA-A19-119022190172-5) «Оледенение и сопутствующие природные процессы при изменениях климата».

Оценка темпов разрушения арктических берегов и объёмов терригенного материала, поступающих в арктический бассейн

Григорьев М.Н., Максимов Г.Т.

Институт мерзлотоведения СО РАН, Якутск

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск

В пределах береговой зоны исследуемых морей активно протекают такие экзогенные процессы, как абразия, овражная эрозия, выветривание, эоловые, суффозия, склоновые процессы (солифлюкция, дефлюкция, десерпция, курумообразование, крип) и другие. Криогенные процессы (термоабразия, термоэрозия, термокарст, термоденудация и др.) придают рельефообразованию в этой зоне столь существенное ускорение и своеобразие, что о них можно говорить как о ведущем комплексе деструктивных береговых процессов. В ходе исследований последних лет была количественно обоснована роль криогенных процессов в разрушении морских берегов Восточной Сибири. Оценена средняя многолетняя скорость отступления береговой линии этих морей (0,83 м в год) и определены темпы разрушения всех их береговых сегментов. Выявлено, что площадь теряемой суши, в основном за счет отступления льдистых берегов, составляет от 10 до 11 км² в год. Было установлено, что за период с 1951 по 2019 гг., пик скоростей термоабразии и термоденудации морских берегов исследуемого региона пришелся на 2007-2012 гг., в принципе, совпадающем с наиболее теплым климатическим этапом в этих районах. Установлен отклик береговой эрозии на современное потепление в Арктике, выразившийся в усилении термической абразии (только для берегов с высоким содержанием подземных льдов) примерно в полтора раза. Сделан прогноз развития термоабразии и термоденудации морских берегов на XXI столетие. Для определения средней скорости береговой эрозии и массы берегового материала, поступающего на шельф, была разработана методика, базирующаяся на детальном сегментировании побережий морей Лаптевых и Восточно-Сибирского, описании и расчете их основных морфологических, геолого-геокриологических и динамических параметров.

Выяснено, что эрозия морских берегов Восточной Сибири выносит на шельф более 150 млн. тонн в год, в том числе около 4 млн. тонн органического углерода, больше половины всего потока берегового материала (и углерода), поступающего в весь Северный Ледовитый океан. При этом арктический береговой вынос существенно превышает твердый сток рек.

Имеющее место повышение скоростей разрушения арктических берегов в последние 15 лет связано с повышением температур воздуха в арктическом регионе, увеличением мощности сезонно-талого слоя на береговых склонах, а также с тем, что при сокращении площади паковых льдов в Арктике в теплый период года наблюдается существенное усиление штормовой активности.

При проведении этих исследований были использованы средства по грантам РФФИ № 18-45-140057 и № 18-05-70091.

Модельная ассимиляция и реанализ геокриологических данных: постановка задачи и валидация модели для восточной Сибири и европейского севера

Анисимов О.А.¹, Лавров С.А.¹, Жирков А.Ф.², Каверин Д.А.³

¹Государственный гидрологический институт, 199053 С.Петербург, 2-ая Линия В.О., 23
Тел.: (812) 323-35-17, факс (812) 323-10-28, oleg@oa7661.spb.edu

²Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 677010, Якутск, ул. Мерзлотная,
36. Тел. +7(411)239-08-79, zhirkov_af@mail.ru

³Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 167982, Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28
+7(908)7157400, dkav@mail.ru

До недавнего времени криолитозона рассматривалась преимущественно вне контекста изменения климата. Между тем, в глобально меняющемся мире сформировался общественный запрос на информацию о том, как меняются инженерные, экосистемные, био-геохимические и гидрологические функции криолитозоны в зависимости от климатических условий. По мере накопления данных наблюдений с неизбежностью возникает задача их обобщения. Она состоит в том, чтобы провести анализ почвенных, надпочвенных (снег, растительность), топографических, климатических и иных влияющих факторов, сопоставить их с точечными мерзлотными измерениями и построить пространственно-временной континуум двух главных параметров ММГ, - среднегодовой температуры и мощности СТС для всей криолитозоны.

Для решения этой задачи был применен реанализ, который представляет собой двушаговой процесс. На первом шаге, называемом ассимиляцией данных, проводится валидация модели многолетнемерзлых грунтов по всем имеющимся для фиксированного интервала времени измерениям. На втором шаге проводится собственно реанализ, т.е. по откалиброванной модели рассчитываются температура и мощность сезонно-талого слоя в узлах сетки, охватывающей всю криолитозону, при этом учитываются все главные влияющие факторы. В данной работе представлены результаты модельной ассимиляции данных наблюдений в Восточной Сибири и на севере Европейского территории России.

Исследование проводится при поддержке РФФИ, проект 18-05-60005 государственного гидрологического института.

Проблемы возраста и стратиграфии нижнепалеолитической стоянки Диринг (Центральная Якутия)

Галанин А.А., Викулова Н.О.

*Институт мерзлотоведения им. П.И.Мельникова СО РАН, Якутск, agalanin@gmail.com
Московский государственный университет, Москва*

Нижнепалеолитическая стоянка Диринг была обнаружена в 1982 г. в 140 км к югу от г. Якутска вблизи кровли 120-метровой (Тустахской) цокольной террасы на правом берегу р. Лены. В 1980-1990 гг. стоянка была детально исследована Ю.А.Мочановым (1992). Было обнаружено множество обломков гальки и валунов преимущественно кварцитового состава, морфология которых, по мнению исследователей, сходна с Олдувейской галечной (чопперной) культурой (Восточная Африка) возрастом 1,8 млн. лет.

В пределах археологического раскопа основная часть мощности (около 100 м от уреза р. Лены) террасы сложена среднекембрийскими известковистыми породами. Выше залегает пачка (0,5 м) базальных охристых галечников с единичными валунами, прослоями песка, гравия и легкого суглинка. Венчается разрез горизонтально и перекрестно-слоистыми отбеленными кварцевыми песками и супесями с примесью единичного гравия, гальки, гумусовых горизонтов. Мощность верхней пачки резко сокращается до 1-1,5 к бровке террасы, вблизи которой культурный слой практически выходит на дневную поверхность.

Насыщенный артефактами культурный слой приурочен к подошве верхней пачки. Первоначально их возраст был сопоставлен с утвержденным на 1980 г. геологическим возрастом (2-3 млн. лет) подстилающего аллювия. В 1999 г. группой исследователей (Waters et al, 1999) было получено несколько ОСЛ-датировок, показавших, что возраст галечников составляет около 300 тыс. лет, а перекрывающих супесей – 250 тыс. лет.

В июне 2019 г. на стоянке Диринг проведены дополнительные криостратиграфические исследования, включающие ОСЛ-датирование, геофизическое зондирование методами георадиолокации и электротомографии. Были установлены множественные древние криогенные деформации, существенно нарушающие стратификацию стоянки. В ходе интенсивной криотурбации происходило интенсивное дробление и выпучивание обломков на дневную поверхность на участках восходящей криогенной конвекции. На поверхности обломки подвергались интенсивной ветровой (эоловой) огранке и полировке. Работы выполняются при поддержке РФФИ-РС(Я) № 18-45-140012.

Геоморфологические процессы на мелководьях арктических морей

Пижанкова Е.И.¹, Гаврилов А.В.¹, Кучейко А.А.²

¹ *Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова*

² *Компания «РИСКСАТ»*

На протяжении последних веков (XV-XX) острова в арктических морях, сложенные льдистыми отложениями размывались, а расположенные на их месте банки и мелководья углублялись.

Однако в конце XX - начале XXI вв. на месте банок фиксируется образование островов. Это связано со следующими обстоятельствами. Алевриты, преимущественно слагавшие ледовый комплекс, удаляются волнением и течениями, а песчаные и более грубые частицы остаются, образуя некий пьедестал. Он имеет возможность наращиваться как за счет ледовых, так и гидродинамических процессов. Воздействие ледовых процессов выражается в том, что под действием прижимных ветров припайные льды с примерзшим к их дну грунтом продвигаются вверх по подводному склону, оставляя после стаивания эти грунты на дне. Они с течением времени образуют как подводные формы в виде баров, так и низменные острова. За счет гидродинамических процессов происходит наращивание подводных форм вследствие увеличившегося объема протаявших осадков в связи с современным потеплением. Среди островов много кольцеобразных форм, образование которых мы связываем со стамухами. В шторма торосистые льды могут вспарывать дно на глубину 3 м и более. Захороненные осадками стамухи рано или поздно протаивают, образуя лагуны или озера в пределах островов. С участием стамух образовался, по-видимому, и обнаруженный в 2013 г. остров Яя на Васильевской банке. На дистанционных материалах фиксируется также ряд других образований на мелководьях в море Лаптевых.

В 50-х годах XX в. на впервые составлявшихся топографических картах СССР м-бов 1:1000 000 и крупнее обозначены многие мелкие острова: Наносный, Песчаный, Аэросъемки, Самолета, Затопляемый, Осушной в море Лаптевых, Уединения, Воронина, Свердруп, Носок, острова Сергея Кирова и др. в Карском море. На дистанционных материалах видно, что некоторые из них окружены кольцами баров, вокруг других в летний период подолгу остаются припайные льды и стамухи. Таким образом подводные формы защищают острова от размыва.

В условиях современного потепления и удлинения безледного периода вновь образованные острова в ряде случаев (при отсутствии подводных баров) характеризуются достаточно высокой динамичностью. При этом дисперсный материал переносится с размываемых западных берегов на подветренные восточные, где наращиваются молодые аккумулятивные формы.

Пятилетние исследования на водосборе р. Шестаковки, Центральная Якутия: итоги и перспективы

**Лебедева Л.С.¹, Тарбеева А.М.², Шапов В.В.^{3,1}, Ефремов В.С.¹, Павлова Н.А.¹,
Бажин К.И.¹, Христофоров И.И.¹**

¹Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, ²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, ³Тихоокеанский институт географии ДВО РАН

Многолетние междисциплинарные полевые исследования в зоне мерзлоты России проводятся лишь на единичных малых водосборах. Основной целью организации исследовательских работ на водосборе р. Шестаковки около г. Якутска было решение нескольких взаимосвязанных задач гидрологии, гидрогеологии, мерзлотоведения и русловедения: 1) оценка компонентов водного баланса малого водосбора и отдельных стокоформирующих комплексов, 2) исследование распространения, сезонной и межгодовой динамики и условий существования надмерзлотных таликов в сплошной криолитозоне, 3) анализ источников питания малой реки в различные фазы водного режима, включая вклад подземных вод таликов, 4) изучение четковидной формы русла и взаимосвязи русловых процессов с геологическим строением, гидрологическими и мерзлотно-гидрогеологическими условиями речной долины и водосбора. Был организован автоматизированный мониторинг за метеорологическими параметрами, температурой грунта, уровнями воды рек, озер и водоносных таликов на водосборе р. Шестаковки. Регулярно проводятся измерения расходов воды на двух замыкающих створах и отбор проб осадков, рек, озер и водоносных таликов для анализа химического и изотопного состава воды. Используются методы геофизики (георадиолокация и электротомография), трассерной гидрологии, выполняется бурение и оборудование термометрических и гидрогеологических скважин. Было выяснено, что 1) примерно на 20% водосбора р. Шестаковки существуют надмерзлотные грунтово-фильтрационные водоносные талики радиационно-теплового типа мощностью до 20 м, приуроченные к редким сосновым лесам на хорошо дренируемых склонах, сложенных песчаными отложениями. Температура водонасыщенных пород у подошвы талика близка к нулевым значениям в течение всего года, 2) сток р. Шестаковки реагирует на метеорологическое воздействие с задержкой и имеет наибольший коэффициент корреляции (КК) с осадками не за текущий временной интервал, а за сумму текущего и нескольких предыдущих. Так, максимальный КК годового стока (0.63) наблюдается с суммой осадков за текущий и два предшествующих года, наибольший КК речного стока за месяц летнего периода (0,57-0,75) – с осадками за текущий и предшествующий месяцы, суточного стока (КК 0.52-0.53) – с суммой осадков за 14-18 предшествующих дней, 3) среднемноголетний слой стока сосновых и лиственнично-березовых лесов составляет 50 и 15 мм/год. На озерах и марях наблюдаются потери стока, оцененные в -172 и -12 мм соответственно. Значения испарения составляют 180, 220, 400 и 240 мм/год соответственно, 4) половодье р. Шестаковки формируется преимущественно за счет поверхностного стока на марях и в лиственнично-березовых лесах, а сток летнего сезона – за счет надмерзлотных вод сезонно-талого слоя и таликов в сосновых лесах, 5) процесс формирования четковидной формы русла р. Шестаковки находится в активной фазе, при этом термокарст не играет существенной роли в связи с низкой льдистостью подстилающих пород. Остаются открытыми вопросы о происхождении, распространении и эволюции субэральных водоносных таликов на региональном масштабе в условиях сплошной криолитозоны Центральной Якутии, о механизмах формирования четковидной формы русел в условиях низкой льдистости подстилающих пород и отсутствия термокарста, а также о репрезентативности выявленных процессов формирования речного стока для средних и крупных речных бассейнов региона.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 17-05-00926, 17-05-01287, 17-05-00217 и 18-05-60036).

Природная катастрофа озера Спартаковское на о. Большевик (Северная Земля)

Чернов Р. А.¹, Муравьев А.Я.¹, Кидяева В.А.²

1 – Институт географии РАН, Москва

2 – МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

Озеро Спартаковское является крупным ледниково-подпрудным озером, расположенным на о. Большевик (архипелаг Северная Земля). Озеро образовано ледовой плотиной – выводным ледником купола Семенова-Тянь-Шанского, который спускается в морской фьорд Спартак в северном направлении.

Питание озера осуществляется в летний период, за счет таяния снежного покрова на территории бассейна и таяния льда на поверхности ледниковых куполов, малых ледников и снежников. На северо-востоке в котловину озера впадает протяженный и узкий залив, который в верховье соединен с долиной р. Базовая. Высота точки перелива в долину реки составляет около 123 м, что определяет максимальный уровень озера Спартаковское. На основе обработки данных космических снимков Sentinel-2 и ЦМР Arctic DEM v3.0 была определена площадь водосборного бассейна озера, составляющая $167 \pm 1,1$ км², в том числе площадь занятая ледниками и многолетними снежниками, равная $73,6 \pm 1,45$ км². Уровень ледниковой плотины, замыкающей озера, в северной части составлял около 135 м (2016 год). Летом 2016 года уровень озера достиг максимального значения и его площадь составила $6,63 \pm 0,42$ км².

Между 25 и 27 августа 2016 года произошел спуск озера через ледовую плотину. Озерная котловина была усеяна айсбергами и обломками льда, уровень озера упал до отметки около 20 м. На основе данных дистанционного зондирования Земли 2016–2017 гг. был определён объём воды в озере, составивший $404,3 \pm 18,3$ млн. м³. Таким образом, максимальный уровень озера является достаточным для всплытия фронтальной части плотины за счет гидростатического давления воды. Всплытие плотины обеспечило выход воды в морской залив с большим напором так как уровень озера более чем 100 метров превышает уровень моря. Процесс, по-видимому, носил лавинообразный характер в связи с развитием канала стока. Модельные оценки среднего расхода воды в период спуска озера дают величину не менее 4600 м³/с. Предыдущий спуск озера предположительно произошел в конце тёплого сезона 2006 году, когда уровень воды в нем достиг максимума. То есть наполнение озёрной котловины водой происходило в течение 10 лет. С учётом оценок ежегодного таяния в водосборном бассейне озера позволяют прогнозировать следующий спуск озера Спартаковское на 2024–2025 гг.

Исследование проводилось в рамках Государственного задания № 0148-2019-0004 (АААА-А19-119022190172-5) «Оледенение и сопутствующие природные процессы при изменениях климата». Анализ водозапаса сезонного снежного покрова осуществлялся при поддержке гранта РФФИ № 18-05-60067 Арктика.

Изотопный состав водяного пара над поверхностью Южного океана как источник данных для палеоклиматических реконструкций в Антарктиде

Козачек А.В.¹, Екайкин А.А.^{1,2}, Стеен-Ларсен Х.К.³, Ландэ А.⁴

*1. Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, Россия*

*2. Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия*

3. Центр льда и климата, Университет Копенгагена, Копенгаген, Дания

4. Лаборатория наук о климате и окружающей среде, Сакле, Франция

В докладе представлен анализ результатов непрерывных измерений изотопного состава водяного пара над поверхностью Южного океана во время Антарктической кругосветной экспедиции АСЕ (2016-17 гг).

Дана сравнительная характеристика нескольких типов оборудования для измерения изотопного состава водяного пара. Во время экспедиции было использовано три типа приборов одновременно, что позволило получить более достоверные данные

В результате анализа полученных данных были выявлены закономерности формирования изотопного состава водяного пара в зависимости от температуры поверхности океана и влажности воздуха.

Полученные данные включены в модель формирования изотопного состава ледяных кернов и модели циркуляции атмосферы, что позволило уточнить количественные реконструкции изменения температуры воздуха в Антарктиде.

Полевые работы выполнялись при финансовой поддержке Федеральной политехнической школы Лозанны, компании Ferring Pharmaceuticals и фонда АСЕ. Анализ данных выполняется при финансовой поддержке РФФИ (грант 18-05-16001 НЦНИЛ_a).

Научный журнал «Криосфера Земли»: история и перспективы
Арутюнян Н.В.¹, Тумской В.Е.², Лисицына О.М.², Белова Н.Г.^{1,3}, Облогов Г.Е.¹

¹ *Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН*

² *Геологический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*

³ *Географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*

Журнал «Криосфера Земли» выпускается с 1997 г., с 2014 г. также издаётся английская версия в виде электронного журнала. В настоящее время является ведущим журналом России в области геокриологии и одним из основных журналов, в которых рассматриваются практически все аспекты изучения криосферы Земли и других планет.

В журнале публикуются оригинальные статьи теоретического и методического характера по вопросам криосферы Земли: новые данные о строении различных областей криосферы, сведения о структуре и характеристиках криогенных образований, их эволюции, проблемы криогенеза, описываются методы и результаты моделирования компонентов криосферы, рассматриваются вопросы методологии изучения криосферы Земли и других планет. Журнал индексируется в международной базе данных Scopus.

Соучредителями журнала являются Институт криосферы Земли СО РАН (г. Тюмень), Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (Якутск), Сибирское отделение РАН (Новосибирск).

Архив статей и более подробная информация о журнале доступны на сайте издательства ГЕО <http://izdatgeo.ru>, а также на новом сайте журнала <http://earthcryosphere.ru>. Сайт журнала постепенно заполняется полными pdf-версиями статей начиная с 1997 года.

Задачи дальнейшего развития журнала: улучшение качества отбора, рецензирования и редактирования статей; сокращение сроков публикации статей; индексирование журнала в базе данных Web of Science Core Collection; расширение состава соучредителей, поиск эффективных способов распространения журнала, в т.ч. за рубежом; модернизация информационно-аналитической поддержки журнала.

**Долговременные фазы пониженной/повышенной водности
Северной Двины в XIX-XXI веках**
Георгиади А.Г.
Институт географии РАН, Москва

Многолетние изменения годового и сезонного стока рек характеризуются периодами (фазами) его пониженных (ФНС) и повышенных (ФВС) значений (относительно среднего многолетнего значения, рассчитанного для всего периода наблюдений) разной продолжительности. Среди них удается выявить долговременные контрастные фазы продолжительностью 10-15 и более лет. Они наблюдаются на фоне соответствующих изменений климата.

Методология исследований

Подход к анализу долговременных фаз многолетних изменений годового и сезонного стока, обусловленных изменениями климата, основан на анализе рядов условно-естественного стока с использованием разностно-интегральных кривых и критериев статистической однородности средних значений стока, а также на оценке характеристик выявленных фаз контрастной водности.

Временная граница смены долговременных фаз повышенных/пониженных значений стока, определялся на основе выявления минимальных и максимальных значений координат разностно-интегральных кривых в комбинации с критерием Стьюдента. Долговременным фазам повышенной водности соответствует однонаправленная многолетняя тенденция увеличения ординат разностно-интегральной кривой, а фазам пониженной водности – уменьшения ее ординат. На фоне таких длительных тенденций наблюдаются более короткопериодные изменения стока.

Долговременные фазы многолетних изменений условно-естественного годового и сезонного стока

С начала инструментального периода наблюдалась фаза повышенного стока годового и летне-осеннего стока. Для стока половодья ей предшествовала относительно короткая фаза повышенного стока, а для зимнего стока фазы квазистабильного (когда средний сток был близок к среднемноголетнему значению, рассчитанному для всего периода наблюдений) и повышенного стока. За периодом повышенного стока в 1930-е годы последовал период пониженного стока. Для зимнего стока он был наиболее продолжительным. С 1977 г. сток зимнего периода характеризовался пониженными значениями. Для стока половодья и годового стока с 1930-х годов наблюдались менее продолжительные контрастные фазы, последовательно сменявшие одна другую.

Продолжительность фаз

Продолжительность контрастных фаз варьирует для стока половодья в пределах 13-32 лет, летне-осеннего стока 14-49 лет, зимнего стока 14-41 года, а для годового стока 16-49 лет. Для стока половодья, зимнего и летне-осеннего стока наибольшая продолжительность контрастных фаз практически не отличается между собой. И только ФВС годового стока длилась заметно дольше, чем ФНС.

Различия в стоке контрастных фаз

Разница среднемноголетнего стока между долговременными фазами его повышенных и пониженных значений (относительно значений характерных для фаз пониженного стока) составляет для годового стока 20 %, стока половодья 16 %, зимнего стока 31 %, а летне-осеннего стока 49 %.

Исследования были поддержаны РФФИ гранты 17-05-00948, 18-05-60240.

Моделирование снежных лавин Арктических регионов с использованием больших данных

Коваленко Н.В., Петраков Д.А., Коваленко М.А.

Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва

Сложившаяся практика определения числовых параметров снежных лавин при решении инженерных задач в освоении горных территорий представляет собой ряд последовательных вычислений их основных характеристик (максимально возможного объема, глубины снежного потока, скорости движения и дальности пути, давления на препятствие и пр.), в основе которых заложен ряд осредненных для всего лавиносбора величин. В основном, это высота снежного покрова в зоне зарождения заданной обеспеченности, угол наклона склона. Т.е. весь ряд вычислений сводится к одной (реже нескольким) назначенной оператором ситуации, которая далеко не всегда соответствует реальному положению вещей в пределах исследуемого лавиносбора.

Нам представляется, что такой подход приводит к значительному искажению вычисляемых параметров снежных лавин. Что, в свою очередь, является причиной существенного увеличения стоимости реализации проектных решений, или, наоборот, недооценки рисков, ведущей к катастрофическим последствиям и миллионным показателям ущерба при освоении горных территорий Севера.

Наш проект представляет собой систему, работающую с большими данными, построенную по принципу нейросети, самообучающейся по мере накопления информации по различным проектам в общем облаке. Неоспоримым преимуществом модели является то, что в расчетах учитывается сразу вся совокупность факторов различного генезиса и масштаба в полной статистической совокупности, влияющих на параметры лавин в пределах рассматриваемого лавиносбора.

Данный подход позволяет исключить из расчетов значительную часть неопределенностей и допусков, неизбежно возникающих при классическом варианте расчётов.

Разработанная методика позволяет производить лавинные расчеты с учетом локальных особенностей снегонакопления и переноса, мезо- и микроформ рельефа (его вмещающей способности и вариаций углов наклона на пути лавины), микроклиматических условий, неравномерно распределенных по площади бассейна. При этом итоговые расчеты параметров моделируемых лавин производятся в рамках принятой в научном мире и нормативно утвержденной расчетной концепции. Модуль вывода результатов расчетов, позволяет оценить и сопоставить значения расчетных величин полученные с применением различных методик.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 18-05-60080_Арктика).

Расчет лавинного питания горных ледников (на примере Тянь-Шаня)

Лазарев А.В., Турчанинова А.С., Марченко Е.С., Сократов С.А.,

Селиверстов Ю.Г., Петраков Д.А.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Определение лавинного питания ледников до сих пор является нерешенной проблемой при оценке баланса массы ледников, решение которой имеет научное и прикладное значение в области оценки колебаний ледников, их реакции на климат, формирования речного стока. В работе апробирована новая автоматизированная методика расчета лавинного питания горных ледников, основанная на анализе рельефа (ЦМР) и данных метеорологических наблюдений с использованием методов геоинформационного картографирования, программирования и математического моделирования, которая может быть использована при недостатке данных прямых наблюдений. Применение методики позволило количественно оценить долю лавинного питания в зимнем балансе массы трёх ледников Внутреннего Тянь-Шаня без проведения детальных снегомерных наблюдений в зонах лавинной аккумуляции. В основу расчета доли лавинного питания в зимнем балансе массы положены данные о: зимнем балансе массы ледников; расчетных вероятных суммарных объемах лавинного снега, вынесенного на ледники. Установлено, что доля лавинного питания в зимнем балансе массы среднего по снежности года на исследуемых ледниках составляет: Западный Суек — 7,4%; №354 — 2,2%; Карабаткак — 10,8%. Впервые реконструированы поля лавинной аккумуляции в крупном масштабе на трёх ледниках без проведения снегомерных съемок. Установлено, что для исследованных ледников значения лавинной аккумуляции сопоставимы с погрешностями вычисления зимнего баланса массы. Анализ морфометрии рельефа в районах исследуемых ледников позволил установить закономерное возрастание доли лавинного питания по мере роста отношения площади лавиноактивных склонов к площади исследуемых ледников.

Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ № 18-35-00419 «Исследование вклада снежных лавин в питание ледников при недостатке данных прямых наблюдений».

Итоги и перспективы исследований на Надымском геокриологическом стационаре (островная криолитозона)

Устинова Е.В.^{1,2,3}, Дроздов Д.С.^{2,4,5}, Пономарева О.Е.^{4,5}, Гравис А.Г.^{4,5}, Бердников Н.М.⁴, Москаленко Н.Г.⁴, Лешневская Е.Ф.³, Бочкарёв Ю.В.⁴, Губарьков А.А.³

1. Тюменский научный центр СО РАН

2. Тюменский государственный университет

3. Тюменский индустриальный университет

4. Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН

5. Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе

Мониторинговые наблюдения на территории стационара были начаты в северотаежной подзоне в бассейне реки Надым в 1971 году. Их итоги подведены в 3-х монографиях- 1999, 2006, 2012 г. За последние годы накоплены новые данные о состоянии и процессах, происходящих в островной криолитозоне, под влиянием естественной динамики развития ландшафтов, изменении климата, хозяйственной деятельности. Реакция криогенных ландшафтов южных районов криолитозоны на названные выше изменения значительно отличается от реакции, наблюдаемой на более северных территориях.

Мощность слоя годовых колебаний температуры ММП в зоне островной криолитозоны пока остаётся прежней и составляет 10 м. Лишь на участках формирования несливающейся мерзлоты она сократилась до 4-5 м.

Температура ММП на подошве слоя годовых колебаний в основных мерзлотных ландшафтах поднялась со значений $-2...-1^{\circ}\text{C}$, зафиксированных в 1970-х годах до значений близких к 0°C . Обычно это примерно $-0,5^{\circ}\text{C}$; в заболоченных ложбинах стока – даже до $-0,01^{\circ}\text{C}$.

В слое годовых колебаний температура ММП также стала расти, что обусловило увеличение мощности СТС. На отдельных участках плоских торфяников и бугров пучения мощность СТС достигла 2 м и сезонная мерзлота перестала сливаться с многолетней. Отметки поверхности плоских торфяников и бугров пучения стали медленно понижаться вследствие тепловой осадки. Скорость осадки пока невелика, не превышает нескольких миллиметров, поскольку процесс оттаивания не затронул ещё высокольдистые породы, залегающие на глубинах 4-8 м. Значительные деформации и осадки отмечены лишь на склонах бугров пучения, перекрытых маломощным торфяным покровом.

Под влиянием роста температур воздуха и трансформации мерзлоты меняется и растительный покров стационара. В естественных условиях в силу саморазвития ландшафта фации переходят в более сложные системы.

Таким образом, в зоне островной мерзлоты наблюдается трансформация криогенных ландшафтов и медленное сокращение их площади, что пока не привело к серьезным проблемам при их хозяйственном использовании, поскольку пока не затронуты высокольдистые горизонты ММП.

В связи с тем, что изменение климата и обусловленное климатом преобразование криогенных ландшафтов видимо будет продолжаться, представляется актуальным продолжить мониторинг и найти ответы на следующие 4 основных вопроса.

1. Как долго слой ММП с температурами близкими к нулевым может сохраняться и в какой мере этому может способствовать увеличение скорости торфонакопления, обусловленное повышением температур воздуха и увеличением длительности периода с положительными температурами?
2. Как быстро будет расширяться площадь участков с мерзлотой несливающегося типа?

3. Как будет происходить перестройка поверхностного и подземного стока, вызванная изменением криогенного водоупора?
4. Какие риски для инженерных сооружений несут эти изменения мерзлоты?

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-17-00102, гранта Губернской академии Тюм. области, проекта TSP (Thermal State of Permafrost, National Science Foundation, NSF (ARC-0632400, ARC-0520578), проекта CALM (Circumpolar Active Layer Monitoring, грант NSF OPP-9732051 и OPP-0225603), проекта LCLUC и гранта РФФИ № [18-55-11005 АФ_Г](#), субсидия Минобрнауки № 14.587.21.0048(RFMEFI58718X0048).

Изменение химического состава твердых атмосферных осадков в зимний период на центральном Ямале

Факашук Н.Ю.^{1,2}, Хомутов А.В.^{1,2}, Дворников Ю.А.^{1,2}, Бабкин Е.М.^{1,2}

¹Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия

²Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

Одним из ведущих факторов формирования химического состава поверхностных вод центрального Ямала является химический состав атмосферных осадков. Метеорные воды наименее изучены и отличаются широкой вариабельностью химического состава в течение года. Большая часть атмосферных осадков на изучаемой территории выпадает в виде снега. Его продолжительное залегание позволяет получить данные о химическом составе различных снегопадов в течение конкретного временного отрезка. Результаты исследования химического состава снежного покрова в различных горизонтах в 2019 г. показали изменение химического состава атмосферных осадков в течение зимы. В катионном составе преобладают ионы кальция в период конец октября – ноябрь. Большую часть времени воздушные массы в это время продвигались по территории материков и покрытого льдом Северного Ледовитого океана (СЛО). В декабре и январе среди катионов преобладают ионы калия и натрия. Траектории воздушных масс этого временного отрезка проходили по акваториям СЛО покрытых паковым льдом. В химическом составе атмосферных осадков марта и апреля доминируют катионы натрия и кальция. Мартовские траектории проходят большей частью времени по акваториям, покрытым льдом. В апрельском снеге резко возрастает общая минерализация. Особенно ярко это увеличение заметно для ионов хлора и натрия. В апреле воздушная масса с осадками проходила значительную часть пути по территории северной Атлантики, не покрытой льдами в это время года. Следует вывод о значительном влиянии открытой морской поверхности на химический состав атмосферных осадков исследуемого региона. Полученные данные о химическом составе атмосферных осадков подтверждают вывод об их значительной изменчивости в различные периоды зимнего сезона. Химический состав атмосферных осадков напрямую зависит от территории формирования воздушной массы. Экспедиция организована при поддержке НП «Российский центр освоения Арктики». Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-05-60222.

О пространственной изменчивости поверхностной абляции горных ледников Западного Шпицбергена

Чернов Р.А.¹, Сидорова О.Р.²

¹ — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки *Институт географии Российской академии наук, Москва, e-mail: rob31@mail.ru*

² — Государственный научный центр “*Арктический и антарктический научно-исследовательский институт*”, Санкт-Петербург

По данным обработки космических снимков горные ледники Западного Шпицбергена сократились в среднем на 50% в сравнении с картами 1936-1938 гг. Значительные темпы сокращения их площади обусловлены потеплением климата на этой территории, выраженным, прежде всего, повышением летних температур воздуха и увеличением продолжительности сезона таяния. Тем не менее, величина сокращения площади горных ледников имеет широкий диапазон изменений в зависимости от их размеров и пространственной ориентации. Поэтому, несмотря на общий температурный фон, реакция каждого ледника оказывается различной, что подтверждают инструментальные измерения поверхностной абляции.

Регулярные гляциологические наблюдения на ледниках в бассейне залива Грэнфьорд (Западный Шпицберген), которые проводятся сотрудниками Институтом географии РАН и ААНИИ, выявили значительные различия в величине поверхностной абляции, даже при сравнении соседних ледников. Измерения поверхностной абляции на ледниках Альдегонда, Западный и Восточный Грэнфьорд показали, что ее пространственная изменчивость может различаться вдвое даже на одинаковых высотных уровнях. Наибольшие различия обнаруживаются в верхних зонах ледников, а наименьшие – характерны для нижних зон ледников на их языках. Очевидно, эти различия определяются пространственным положением высотных зон ледников - их экспозицией, уклоном поверхности, скальным обрамлением.

Наиболее крупный ледник – Западный Грэнфьорд имеет северо-восточную экспозицию и площадь 16,6² км (по состоянию на 2018 г), ледник Восточный Грэнфьорд имеет северную экспозицию и площадь равную 6,7 км², ледник Альдегонда имеет восточную экспозицию и площадь 5,4 км². Максимальные значения удельной абляции отмечены на леднике Альдегонда – наименьшем из рассматриваемых ледников, ее среднее значение за три года (2016-2018 гг.) было равно 1947 мм в.э. На ледниках Восточный и Западный Грэнфьорд значения удельной абляции были несколько меньше, 1512 и 1385 мм в.э., соответственно. В годы с преимущественно пасмурной погодой в летний период (2016 и 2018 гг.) различия в величине поверхностной абляции на разных ледниках оказались наименьшими, так как преобладает адвективный тип таяния, которое определено температурой воздуха. В 2017 году большое количество солнечных дней в летний период определило интенсивное таяние на ледниках в верхних зонах, что выявило различия удельной абляции на ледниках, имеющих разную пространственную ориентацию.

Теплоперенос в верхнем слое снежного покрова Центральной Антарктиды по данным измерений температуры с высоким временным разрешением

Чихачев К.Б., Липенков В.Я., Шibaев Ю.А., Екайкин А.А., Lefebvre E.

Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург

Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле

Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble, France

В течение 7.5 лет на станции Восток производились измерения температуры верхнего 10-метрового слоя снежной толщи в автоматическом режиме с высоким временным разрешением. На основе полученных данных проведен анализ проникновения сезонных колебаний температуры и установлена зависимость относительной теплопроводности снега от его пористости. Аналогичный анализ выполнен для схожих измерений, проведенных в 1995-1997 годах на японской антарктической станции Купол Фуджи. Полученное значение теплопроводности снега для Купола Фуджи заметно меньше, чем для станции Восток, несмотря на схожие климатические условия на поверхности. Это позволяет предположить, что структурные характеристики снега оказывают определяющее значение на кондуктивную теплопроводность снега в холодной рекристаллизационной зоне льдообразования, а также что снежный покров в районах станции Восток и Купола Фуджи имеет различную структуру. Работы выполняются по гранту РФФИ 18-55-16002 НЦНИЛ_а.

Исследование ледника Хёгвальбреен (южная Норвегия) по данным радиозондирования

Чеховских А.М.¹, Лаврентьев И.И.², Кутузов С.С.², Петраков Д.А.¹

¹ *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва*

² *Институт географии РАН, Москва*

Оледенение Скандинавии является крупнейшим по площади в Европе. На Скандинавском полуострове насчитывается 2668 ледников [1] общей площадью примерно 3000 км² [2], при этом большая их часть - около 95% от общего количества и 90% от площади - находится в Норвегии [3].

Радиолокационный метод исследования объектов криосферы зарекомендовал себя как один из самых доступных и простых способов получения данных о физических параметрах ледовой толщи, строении и структуре ледников. Целью исследования, проведенного сотрудниками ИГ РАН и МГУ имени М.В.Ломоносова, является изучение структуры и измерение мощности ледника Хёгвальбреен (Høegvågfbreen) по данным радаросъемки, выполненной радиолокатором ВИРЛ-6.

Ледник находится в южном кластере оледенения Норвегии вблизи плато Ютунхеймен, его площадь - около 1,2 км², он имеет северо-восточную экспозицию и среднюю крутизну поверхности 13°.

Радиолокационные измерения ледника производились по продольным и поперечным профилям, общая длина которых составила 7 км. По полученным данным построена карта толщины ледника и карта подледного рельефа, согласно которой максимальные значения толщины ледника (106 м) приурочены к обширной котловине под ледником.

В ходе анализа радарограмм выявлена аномалия рассеяния электромагнитного излучения, в результате чего сделан вывод о двухслойном строении ледника. Холодный лед располагается ближе к поверхности ледника, и по отношению к толщине теплого льда он преобладает лишь в языковой части ледника.

На основе данных о толщине льда и площадном распределении теплого и холодного льда рассчитан объём ледника. Общий объём льда равен 0,043 км³, а соотношение объёмов изотермического и отрицательнотемпературного льда составляет 2:1 в пользу первого.

Результаты исследования подтверждают универсальность радиолокационных данных и указывают на возможность существования политермических ледников в приокеанических условиях.

Источники и литература

1. <http://www.glims.org/RGI/> - 'The Randolph Glacier Inventory : a globally complete inventory of glaciers.' Дата обращения 10.03.2019.
2. Global Glacier Change Bulletin No. 2 (2014-2015). / Zemp, M., Nussbaumer, S. U., Gärtner-Roer, I., Huber, J., Machguth, H., Paul, F., Hoelzle, M., World Glacier Monitoring Service, Zurich, Switzerland, 2017, p. 244. doi: 10.5904/wgms-fog-2017-10.
3. Andreassen, L. M., Winsvold, S. H., Paul, F., Hausberg, J. E. Inventory of norwegian glaciers. Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE), Oslo, Norway, 2012, Report no. 38., p. 236.

Современное состояние ледников архипелага Северная Земля

Большаянов Д.Ю., Ёжиков И.С., Парамзин А.С., Соколов В.Т.

ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» г. Санкт-Петербург, ул. Беринга д. 38, электронный адрес bolshiyarov@ari.ru

Рабочая гипотеза о криогидрологическом отеплении толщи льда, как причине подвижки ледниковой лопасти ледника Вавилова на о. Октябрьской Революции [Бушуева и др., 2018], не подтверждается фактами о его термодинамическом состоянии. В настоящее время температура ледников от минус 8 до минус 12 градусов [Большаянов, Макеев, 1995]. Температуры льда и воздуха у поверхности значительно ниже в течение 6-7 месяцев в году. Попадающая в трещины вода при таких температурах замерзает и не может проникнуть глубоко в толщу ледника. Многолетние изменения поверхностной температуры воздуха по данным прибрежных станций незначительны и не способны вызвать существенных изменений в температурном режиме ледниковых куполов, имеющих большую инерцию в реагировании на изменения внешней среды. Талые воды ледников в период абляции стекают к подножию или замерзают на его поверхности уже в сентябре. Внутриледниковых вод до сих пор в североземельских ледниках не обнаружено в связи с их низкими температурами.

Другая гипотеза подвижки лопасти ледника Вавилова – накопление массы ледника и выдвигание в сторону наименьшего сопротивления, имеет под собой больше фактов. В настоящее время по данным наблюдений на ледниках Мушкетова и Семёнова-Тян-Шанского на о. Большевик, ледники, имеющие высоту сравнимую с ледником Вавилова (600-700 м) активно накапливают массу в вершинной части, особенно на южных и западных склонах. Эта закономерность была подмечена и на леднике Вавилова во время окончания работы гляциологического стационара АНИИ «Купол Вавилова» в 1989-1990 г.г. Ледник, примёрзший к ложу по периметру и не имеющий возможности движения в краевых частях со скоростями более чем первые метры в год, реализовал напряжение в зоне наименьшего сопротивления – в подлёдной долине и на выходе в море. Медленно накапливавшиеся напряжения в течение десятков лет реализовались быстрым продвижением лопасти до 11 км в море при её всплытии или при встрече с податливыми донными отложениями залива Панфиловцев.

При объяснении фактов быстрого продвижения ледниковых лопастей следует рассматривать не только термические условия, которые практически не изменились для ледников Северной Земли, но и динамические, связанные с накоплением ледниками массы. Отмеченный рост ледников Северной Земли на южных и западных склонах в ближайшее время должен привести к подвижкам соответствующих выводных лопастей, как на крупнейшем леднике Академии Наук, так и на меньших ледниках, например, леднике Семёнова –Тян-Шанского, выдвигающего лопасть во фиорд Тельмана.

Литература

Большаянов, Д.Ю., Макеев В.М. Архипелаг Северная Земля. Ледники, история развития природной среды. СПб: Гидрометеоздат. 1995. 217 с.

Бушуева И.С., Глазовский А.Ф., Носенко Г.А. Развитие подвижки в западной части ледникового купола Вавилова на Северной Земле в 1963-2017 г.г. // Лёд и снег. 2018. Т.58. С. 293-306.

Развитие подвижки ледника Вавилова, Северная Земля – последние данные

Глазовский А.Ф.*, Бушуева И.С., Носенко Г.А.

Институт географии РАН, Москва

*glazovsky@igras.ru

В докладе представлены последние сведения о развитии крупной подвижки в западном бассейне ледникового купола Вавилова на Северной Земле, полученных на основе анализа космических изображений, данных воздушной радиолокации и всех имеющихся опубликованных данных.

Ледниковый купол Вавилова (79,30° N, 95,47° E) расположен на острове Октябрьской революции архипелага Северная Земля. В Каталоге ледников СССР купол Вавилова показан как один ледник общей площадью 1816,8 км². В данном исследовании речь идет о западной области этого купола, которая, примерно совпадает с ледниковым бассейном G094974E79307N площадью 354,648 км², выделенным в каталоге RGI. Уточненная нами площадь этого ледосбора составляла 309,2 км² в 2007 г.

Анализ космических изображений (, начиная с 1963 по настоящее время: Corona, Landsat 1, 5, 7, 8, Terra (Aster), Sentinel-1 и Sentinel-2), позволил проследить, как в течение всего этого периода развивалась подвижка в этом бассейне, оценить темпы, стадии и динамику выдвигания выводной части ледникового бассейна в прилегающую акваторию Карского моря. По данным анализа серии изображений оценены скорости продвижения ледникового фронта, поверхностные скорости течения ледника.

Полученные данные о подвижке ледника Вавилова сравниваются с данными о развитии подвижки ледникового бассейна Восточного ледникового поля на Северо-Восточной Земле арх. Шпицберген.

Работа подготовлена по теме Государственного задания № 0148-2019-0004 (АААА-А19-119022190172-5) и при поддержке гранта РФФИ № 18-05-60109.

Реакция ледников Полярного Урала на современные изменения климата

Носенко Г.А.^{1*}, Муравьев А.Я.¹, Иванов М.Н.², Сеницкий А.И.³,
Кобелев В.О.³, Никитин С.А.¹

¹Институт географии РАН, Москва, Россия

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», Салехард, Россия

[*nosenko@igras.ru](mailto:nosenko@igras.ru)

Мониторинг баланса массы ледников во всем мире в основном сосредоточен на средних и крупных ледниках и поэтому понимание процессов, происходящих с ледниками на грани исчезновения, остается неполным. Исследования ледников Полярного Урала, начатые в середине прошлого века, являются в этом отношении уникальным дополнением. Они имеют самый длинный ряд наблюдений среди ледников горных районов материковой части России в полярных широтах. В работе представлены новые результаты количественной оценки изменений размеров и баланса массы ледников этого региона. Для оценки геодезического баланса массы ледника ИГАН были использованы данные фотогеодезических съемок 1963 г., наземных DGPS-съемок 2008 и 2018 годов, а также фрагмент цифровой модели рельефа (ЦМР) Arctic DEM v3.0 ледника ИГАН 2016 года. С использованием этих данных были созданы ЦМР его поверхности по состоянию на 1963, 2008 и 2018 гг. и рассчитаны изменения объема ледника в период с 1963 по 2018 год, за который ледник потерял 19,7 млн. м³ льда, из них на последнее десятилетие пришлось 3,2 млн. м³. Среднее понижение высоты поверхности составило 18,9±3,2 м, а максимальное 53,5±1,0 м. Удельный баланс в период 1963–2008 гг. был –317±59 мм/год, а в период 2008–2018 –336±61 мм/год. Оценка изменения размеров 30 ледников Полярного Урала, по космическим снимкам Sentinel-2 показала, что в период 2000–2018 гг. ледники потеряли 2,02 км² (около 28%) площади. По сравнению с предыдущим периодом 1953–2000 гг., среднегодовая скорость сокращения их площади увеличилась вдвое и составила 0,112 км²/год (1,54%/год). Величина сокращения отдельных ледников неодинакова. В пределах выборки из 30 ледников она меняется от 7,1% (ледник Терентьева) до 61,1% (ледник Олений). Анализ изменений температуры и осадков в период 2000–2018 гг. позволяет сделать вывод, что причиной ускоренного в эти годы сокращения ледников Полярного Урала является увеличение летней температуры воздуха с начала 21-го века на 1,5 °С, к которому в последнее десятилетие добавилось уменьшение зимних осадков.

Исследования изменений размеров ледников по материалам спутниковых съемок проводились при поддержке гранта РФФИ № 18-05-60067 Арктика. Оценка геодезического баланса ледника ИГАН проводилась при поддержке гранта РФФИ №17-55-80107-БРИКС-а. Логистическое обеспечение экспедиционных работ осуществлялось при поддержке НП «Российский Центр освоения Арктики», г. Салехард. ЦМР ArcticDEM предоставлена Полярным геопространственным центром в рамках заказов NSF OPP 1043681, 1559691 и 1542736, а данные с космического аппарата Sentinel-2 были предоставлены Европейским космическим агентством. Материалы о температуре и осадках на район исследований получены с использованием Climate Reanalyzer (<http://cci-reanalyzer.org>), Институт изменения климата, Университет Мэна, США.

Изменения ледников в горных районах субарктики в XX-XXI веке.

Горы Черского и хребет Орулган

Хромова Т.Е., Никитин С.А., Муравьев А.Я.

Институт географии РАН, Москва

Происходящее в настоящее время сокращение размеров ледников привлекает всеобщее внимание, так как приводит к изменению ландшафтов в ледниковой зоне и к повышению риска природных опасностей и стихийных бедствий, связанных с таянием ледников. Эти процессы затрагивают, в том числе и субарктические районы. На территории России в субарктических широтах располагаются 10 ледниковых систем. Это Хибины, Урал, плато Путорана, горы Бырранга, хребты Орулган, Черского, горы Сунтар-Хаята, Корякское, Чукотское и Колымское нагорье. Детальные сведения о состоянии ледников в этих системах на вторую половину XX века приводятся в Каталоге ледников СССР (1965–1982) и в Атласе снежно-ледовых ресурсов мира (1997). Сведения о текущих изменениях ледников, как правило, получены по данным дистанционного зондирования. До недавнего времени были доступны космические снимки среднего разрешения (ASTER, Landsat), что ограничивало возможности анализа состояния ледников в этих районах и отражалось на точности полученных результатов. Сейчас свободно распространяемые снимки высокого разрешения (Sentinel-2) существенно расширяют возможности для анализа состояния небольших по размеру ледников.

В докладе представлены результаты оценки изменений ледников в горах Черского и хребта Орулган в XX и XXI веке, с использованием в том числе космических снимков, полученных со спутников Sentinel-2 в 2017 и 2018 гг. За период в 47 лет (1970–1917 гг.) оледенение гор Черского сократило свою площадь на 42,2 %. За этот же период исчез 51 ледник. Площадь ледников хребта Орулган за 48 лет сократилось на 47 %, 14 ледников исчезли.

В докладе использованы результаты, полученные в рамках темы № 0148-2019-0004 плана научно исследовательских работ Институт географии РАН, проекта, поддержанного Русским географическим обществом (№ 05/2018/РГО-РФФИ) и РФФИ (№ 18-05-60067).

Толщина льда и айсберговый сток выводных ледников Новой Земли по данным радиолокационного зондирования

Лаврентьев И.И.¹, Глазовский А.Ф.¹, Сальман А.Л.²

¹*Институт географии РАН, Москва*

²*ООО «ЭС-ПАС»*

lavrentiev@igras.ru

Знания фронтальной абляции, или айсбергового стока приливных ледников Новой Земли весьма ограничены, хотя это важная составляющая баланса их массы должна учитываться при оценке айсберговой опасности при разведке и транспортировке морских углеводородов.

Область нашего интереса - Карская сторона архипелага Новая Земля, где недавно радиолокационным методом были исследованы 3 крупных выводных ледника - Розе, Рождественского и Вершинского с целью получения данных об их айсберговом стоке. Данные о толщине льда были получены в 2014-2016 гг. в ходе воздушной радиолокационной съёмки на частоте 20 МГц. Поверхностные скорости ледников были получены по данным повторных спутниковых изображений TerraSAR-X за 2017-2018 гг. и непрерывных записей с GPS-маяков, установленных на этих ледниках. Данные ArcticDEM о высоте ледниковой поверхности ледников в сочетании с данными о толщине льда использовались для составления карт рельефа подлёдного ложа ледников.

Полученная информация использовалась для оценки потоков льда через поперечные сечения у концов ледников, фронтальной абляции и потенциального айсбергового стока. Данные о поверхностной скорости движения льда, полученные различными методами из разных источников, хорошо согласуются и показывают заметную сезонную картину на леднике Вершинского.

Площадь потенциальной зоны отёла (часть площади ледника с рельефом ложа ниже уровня моря) достигает 91,3 км² на леднике Вершинского, 54,3 км² на леднике Розе и 24,7 км² на леднике Рождественского. Учитывая размеры тех фронтальных частей ледников Розе и Вершинского, которые близки к всплыванию, максимальные горизонтальные размеры потенциальных айсбергов могут достигать 50-500 м при толщине 60-130 м.

Средняя толщина льда на фронтах исследованных ледников составляет 95 метров. Максимальная скорость движения льда во фронтальной части ледника Вершинского достигает 350-390 м/год. Скорость фронтальной абляции трех изученных ледников за 2017-2018 гг. оценивается в 229,5 млн. м³/год.

Работа подготовлена в рамках грантов РФФИ № 18-05-60109 и 18-05-6007.

Малые формы оледенения – Чукотка, Колыма и Верхнеангарский хребет

Ананичева М.Д.¹, Белозеров Е.В.², Пакин Г.Ю.¹

¹ Институт географии РАН

² Географический факультет МГУ им Ломоносова

В докладе рассматривается состояние современных ледников Чукотского и Колымского нагорий по космическим снимкам и собственным полевым наблюдениям. Эти ледники относятся к малым формам оледенения. Их площади определены для периодов от начала 1980-х до 2005 г. и до 2017 г. по различным космическим снимкам и данным каталога исследователя этих ледников - Р.В Седова. Наибольшее сокращение претерпели ледники бассейна левого берега р. Амгуэма, Залива Креста и бухты Лаврентия. Также приведены расчеты объемов ледников двумя способами и выведены степенные формулы расчета объемов по площади для двух нагорий.

Обсуждаются условия существования этих ледниковых форм на основании данных об изменении климата, а также других параметров.

В работе представлены результаты новых исследований ледников Верхнеангарского хребта, которые были обнаружены в 2017-18 гг. Верхнеангарская ледниковая группа объединяет ледниковые образования морфологического типа – кары, по размеру они относятся также к малым формам оледенения. В ходе полевых исследований 2017-2018 гг. обнаружено четыре ледниковых образования, которые измерены и описаны, а также несколько многолетних снежников и каменных глетчеров. Существование ледников на высотах 1800-2000 м значительно ниже снеговой линии обеспечивают, помимо форм ледникового рельефа, подлежащий многолетнемерзлый грунт и достаточное количество твердых осадков: преобладают метелевый и лавинный тип питания.

Изменение высоты поверхности и объема долинных ледников западной части северного склона Центрального Кавказа (бассейны р. Баксан, Чегем и Черек)

Найденко А.А.¹, Кутузов С.С.², Петраков Д.А.¹

1. Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, naydenkosasha@gmail.com.

2. Институт географии Российской Академии Наук

С научной и практической точек зрения важно знать количество и изменения во времени запасов воды в горных ледниках, поскольку сокращение их площади и объёма вызывает в настоящее время дополнительное повышение уровня Мирового океана на $0,41 \pm 0,08$ мм/год [1,2].

Изменение объема ледника за год или более продолжительный период – показатель, непосредственно зависящий от климата. На отдельных ледниках изменение объема можно определить путем прямых гляциологических измерений баланса массы. Проведение масс-балансовых наблюдений на больших по площади ледниках сопряжено с множеством проблем, главными из которых являются большие ошибки, возникающие из-за неравномерности охвата ледника сетью измерений. Прямые масс-балансовые наблюдения проводятся только на двух сравнительно небольших ледниках – Джанкуате и Гарабаши [5].

Дистанционные расчеты изменения объема ледников данного региона начали проводиться относительно недавно. На настоящий момент времени подобные работы были выполнены для 4 ледников бассейна р. Черек Безенгийский и сложно-долинных ледников бассейна р. Черек [3,4].

Кавказ – крупнейший ледниковый регион в России. Основные ледовые ресурсы которого сосредоточены именно в его Центральной части. Важно знать, как изменяется объем не только «репрезентативных ледников», но и всех остальных для полного понимания картины, происходящей в данном регионе.

Данная работа является первой частью расчетов изменения высоты поверхности и объемов ледников всего Центрального Кавказа.

Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ №18-05-00520 и №18-05-00838.

Литературные источники:

4. Meier M.F., Dyurgerov M.B., Rick U.K., O'Neel S., Pfeffer W.T., Anderson R.S., Anderson S.P., Glazovsky A.F. Glaciers dominate eustatic sea level rise in the 21st century // Science. 2007. V. 317. № 5841. P. 1064–1067.

5. Кутузов С.С. Изменение ледников внутреннего Тянь-Шаня за последние 150 лет. Москва – 2009.

6. Найденко А.А. Изменение объема ледников Безенги и Мижирги (Центральный Кавказ) за последние 60 лет. Москва – 2017.

7. Найденко А.А. Сложно-долинные ледники бассейна р. Черек: объем и его изменения за последние 60 лет (Кавказ). Москва – 2018.

8. www.wgms.ch.

Малые ледники плато Путорана и п-ва Чукотка – общие черты и различия

Успенская Е.И., Ананичева М.Д., Коваленко Н.В.

Географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, г. Москва

Институт географии РАН, Отдел гляциологии

В Субарктике малые ледники распространены в Хибинах, на Урале, плато Путорана, в горах Бырранга, в северной части Верхоянского хребта, на Чукотском нагорье, располагаясь на абсолютных высотах от 400 до 1400 м. Они существуют обычно ниже климатической снеговой линии, а их особенности определяются, главным образом, орочлиматическими факторами. Плато Путорана и Чукотское нагорье были и остаются одними из слабоизученных районов Земли.

Климатические различия двух регионов заключаются в разных влияниях влагонесущих воздушных масс (прорывы влияния Атлантики на Путорана, и Тихого океана - на Чукотку), влияние же Арктики, выражающееся в низкой температуре воздуха – примерно одинаковое. Характерной особенностью климатических условий обоих регионов являются сильные ветра, средняя скорость которых равна 5-7 м/с, а максимальная 20-40 м/с на Чукотке - «Южак». На открытых местах происходит интенсивный метелевый перенос снега в длинный зимний период, и это способствует аккумуляции снежных масс в определенных формах рельефа и образованию ледников и снежников.

Основными формами рельефа плато Путорана являются многочисленные приподнятые блоки по линиям раскола массива – хребты с плоскими каменистыми водоразделами (плато, столовые горы), разделенные межгорными широкими понижениями, молодыми эрозионными и ледниковыми долинами. Для Чукотского нагорья также характерны плоские вершины гор, наиболее высокие гряды и хребты несут ледниковые формы – цирки, кары, сквозные долины, зубчатые гребни. Каров на Чукотке значительно больше, чем в горах Путорана. Ориентировка каров подчинена господствующим ветрам: роза ветров зеркально отражается в экспозиции каров.

Ледники, как Чукотки, так и Путорана, представляют собой пример малого оледенения, обязанного своим существованием большой концентрации снега, переносимого метелями (Котляков, 1968). В современных условиях на фоне потепления климата Арктики за последние 50 лет эти ледники сохраняют относительную устойчивость своих границ, но каровые ледники Путорана сократились на 30-38%. Площади ледников Чукотского и Колымского нагорий определены для периодов от начала 1980-х до 2005 г. и до 2017 г. по различным космическим снимкам и данным каталога. Наименьшим отступанием к 2017 г. отличаются ледники группы бухты Проведения, (для этого района характерно снижение температур и осадков) и Колымского нагорья (п-ов Тайгонос). Остальные группы ледников сократились по площади на 40 - 50%.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 18-05-60080_Арктика).

Роль снежных лавин в восстановлении ледника Колка (Центральный Кавказ)

Башкова Е.И., Турчанинова А.С., Петраков Д.А.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Географический факультет
Кафедра криолитологии и гляциологии
НИЛ снежных лавин и селей*

Интерес к леднику Колка наблюдается с довольно давних времен – он известен не только своими подвижками, но и катастрофическими обвалами. Помимо печальных событий, связанных с этим ледником, к нему также приковывает внимание тот факт, что это единственный ледник, который стремительно набирает массу на фоне общей деградации оледенения Кавказа.

Можно предположить, что быстрому восстановлению Колки способствует обильное лавинное питание, которое ледник получает с крутого скального обрамления г. Джимарай-хох. В настоящее время существуют методики, позволяющие оценить объёмы лавин, сходящих близлежащих склонов в восстановление ледника. Цель данной работы - оценить вклад лавинного питания в восстановление ледника Колка. В работе использовались следующие данные: цифровая модель рельефа, созданная по стереопаре космических снимков спутника SPOT-6 2014 года и ряд снимков, полученных с интервальной камере, установленной на горе Шау-хох в 2017 году.

Моделирование снежных лавин проводилось в программе RAMMS. Для работы с этой программой использовались следующие данные: цифровая модель рельефа, высота снежного покрова и коэффициенты сухого и вязкого трения. Высота снежного покрова в данном случае задавалась значением 0,3 м, так как такая высота является минимальной для схода снежной лавины. Коэффициенты трения варьировали в зависимости от объемов и частоты схода лавин. Объем сходящей лавины программа RAMMS определяет автоматически исходя из площади выделенной зоны зарождения лавины. Всего было выделено 29 очагов, лавины из которых могли бы доходить на поверхность ледника. Стоит отметить, что полученные результаты приведены для средней по снежности зимы. Верификация полученных результатов проводилась на основе дешифрирования ряда снимков, полученных с интервальной камеры. Рассматривались снимки весеннего сезона (апрель-май), так как на них ярко выделяются лавинные отложения.

Было установлено, что лавинное питание на Колке обеспечивало около 70% прироста объёма ледника за период с 2002 по 2017 год. Период с 2014 по 2017 год рассматривался отдельно, так как именно в эти три года наблюдалось замедление темпов восстановления ледника. Для этого промежутка времени вклад лавинного питания достиг 90%.

Вероятно, ледники Кавказа со значительной долей лавинного питания могут находиться в стабильном состоянии или переходить в наступание (при самых благоприятных условиях). Ледник Донгуз-Орун также, как и Колка, выделяется на фоне общей дегляциации Кавказа. Он имеет значительную долю лавинного питания и полностью располагается ниже снеговой линии. В отличие от ледника Колка, он не наступает, но находится в стабильном состоянии.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проекты 18-05-00520 и 18-35-00419.

Проведение георадарных исследований для обеспечения безопасности воздушных транспортных операций в районах Антарктиды

Суханова А.А.¹, Попов С.В.^{2,1}, Поляков С.П.³

¹ *Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*

² *Полярная морская геологоразведочная экспедиция, Санкт-Петербург, Россия*

³ *Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия*

В рамках реализации логистических операций Российской антарктической экспедиции (РАЭ) в районах отечественных станций и полевых баз важную роль играет организация и безопасная эксплуатация взлетно-посадочных полос (ВПП). При этом особое внимание уделяется аэродромам, расположенным в районах вывальных и шельфовых ледников, для которых характерно образование трещин. Последние зачастую не прослеживаются на дневной поверхности, поэтому значимую помощь в их выявлении оказывают дистанционные методы, в частности, георадарное профилирование. Этот метод позволяет своевременно выявлять опасные неоднородности в ледниках, тем самым предупреждая возникновение аварийных ситуаций.

В настоящем докладе представлены результаты гляцио-геофизических исследований, выполненных в ходе работ летних полевых сезонов 59-64-й РАЭ (2012 - 2019 гг.) и направленных на обеспечение безопасности логистических операций в районах организации посадочных площадок. В рамках проводимых исследований в районе станции Мирный было найдено подходящее место и организована ВПП для приема ближне- и среднемагистральных самолетов на лыжном шасси. Кроме того, в районе станции проводятся георадарные исследования по поиску зоны «голубого льда», пригодной для строительства ВПП для приема самолетов на колесном шасси.

К гляцио-геофизическим изысканиям в целях обеспечения безопасности авиационного сообщения следует отнести и удачный опыт георадарных работ в районе отечественной полевой базы Оазис Бангера, где подготовка посадочной площадки предполагается на льду эпিশельфового морского залива. В этом случае, важность выполнения георадарных исследований обусловлена не только выявлением нарушений сплошности ледового покрова, но и определением мощности морского льда. Помимо создания новых аэродромов, георадарное профилирование успешно используется при выполнении мониторинга для выявления трещин на уже существующих ВПП в районах российских станций Прогресс, Мирный и Новолазаревская, а также полевой базы Молодёжная.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проекта №17-55-12003 ННИО «Динамика ледника, подлёдная гидрология и долговременный баланс масс района озера Восток на основе комплексного анализа геодезических GNSS наблюдений и радиолокационных данных».

Арктические регионы: криогенные процессы и устойчивость инфраструктуры

Гребенец В.И., Стрелецкая И.Д., Кизяков А.И.

МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет,

кафедра криолитологии и гляциологии, Москва

vgreb@inbox.ru (+79175010844)

На севере Сибири, где идет интенсивная добыча полезных ископаемых, большое внимание следует уделить характеру взаимодействия элементов природной и антропогенной среды. В районах с вечной мерзлотой развиваются опасные криогенные процессы, негативно влияющие на инфраструктуру и активизирующиеся при потеплении климата и усилении техногенного влияния. Эти процессы выступают в определенных комбинациях, взаимодействуя между собой, усиливая опасность для зданий и сооружений. Данные долгосрочных и мониторинговых наблюдений за температурой многолетнемерзлых пород указывают на тренд к повышению температуры, нарастает нестабильность верхних льдистых горизонтов, что активизирует термокарст, термоэрозию и термоабразию. В национальных поселках Заполярья практически все здания и системы жизнеобеспечения находятся в критическом (аварийном или предаварийном) состоянии. Установлено, что для 60% объектов характерны тренды к уменьшению сил смерзания мерзлых пород с фундаментами, для 20% сооружений характерно понижение температуры мерзлоты и укрепление оснований, а для 20% зданий можно говорить о сохранении стабильного состояния. Впервые создана база данных по существующей и потенциальной нагрузке на вечномерзлые основания и на материал подземных конструкций для ряда крупнейших городов Арктики. Особое внимание уделено изучению негативных последствий и механизмам криогенного разрушения материала подземных конструкций. Если снижение несущей способности в замороженных фундаментах сопровождается постепенным нарастанием деформаций объектов, то излом свай при коррозии железобетона приводит к быстрым (почти мгновенным) обрушением зданий. Составлена карто-схема масштаба 1:15 000 000 развития опасных криогенных процессов в городах и крупных поселениях Российской Арктики.

Исследования поддержаны грантом РФФИ № 18-05-60080 «Опасные нивально-гляциальные и криогенные процессы и их влияние на инфраструктуру в Арктике».

Радиальная и латеральная миграция металлов в почвах районов нефтегазодобычи севера Западной Сибири

Кукушкин С.Ю., Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Арестова И.Ю.

Санкт-Петербургский государственный университет

В условиях антропогенного загрязнения окружающей среды районов нефтегазодобычи севера Западной Сибири большое внимание уделяется изучению процессов миграции и аккумуляции химических веществ в почвах.

В период с 2017-2018 гг. на территории Надым-Пур-Тазовского междуречья проведена оценка содержания химических веществ в почвах. Было отобрано 474 пробы почв, заложено и изучено 12 почвенных разрезов как на фоновых, так и загрязненных участках. Определение содержания тяжелых металлов (ТМ) Mn, Cr, Pb, Zn, Cd, Cu, Ba, Co, Sr, Fe, Sc, Hg, Zr, Ni и Na проводилось методом ИСП-МС с полным кислотным разложением проб, анализ хлоридов, сульфатов, фосфатов – методом ионной хроматографии

Анализ распределения ТМ в почвенных катенах вне существенной антропогенной нагрузки показал, что большинство изученных элементов накапливаются в верхних органогенных горизонтах почв. По мере продвижения по склону концентрация ТМ снижается. Доля подвижных форм составляет 1-3% от их валового содержания.

На участках аварийного разлива бурового шлама в 2017-м году было установлено увеличение в органогенном горизонте показателя рН до 5,8-6,6 и возрастание в 2-5 раз содержания сульфатов, хлоридов, фосфатов и ТМ. На второй год для большинства веществ отмечается снижение их концентрации в органогенном горизонте и рост в нижней части почвенного разреза и вниз по склону. Для ТМ велика доля подвижных форм. Со временем и по мере удаления от источника загрязнения техногенное накопление металлов проявляется в основном в минеральных горизонтах почв за счет вымывания поллютантов в процессе миграции. Наиболее показательными являются Ba, Sr, Na, в некоторых случаях V. При этом наблюдается активная радиальная миграция Sr и Na на глубину сезонно-талого слоя, включая и почвообразующие породы. Вниз по почвенному разрезу процент подвижных форм ТМ падает.

Таким образом, в случае загрязнения интенсивная латеральная и радиальная миграция сопровождается изменением не только валового содержания, но и доли подвижных форм ТМ. К наиболее мобильным относятся Zn, Cd, Mn, Cu, Sr, Na, доля подвижных форм до 30-40%. Стабильно низкой подвижностью (<2%) характеризуется V, а также Fe и Cr (<5%). При этом стоит отметить, что геохимические барьеры, связанные с многолетнемерзлыми породами, глеевым процессом, торфонакоплением, создают контрастные условия аккумуляции металлов в катене и нивелируют влияние техногенных факторов в перераспределении ТМ.

Работа выполнена при поддержке гранта РГО-РФФИ № 17-05-41070.

Проблемы эксплуатации линейных инженерных сооружений на высокольдистых породах Центральной Якутии

Сыромятников И.И., Кириллин А.Р., Лыткин В.М., Железняк М.Н.

Институт мерзлотоведения СО РАН, Якутск, igor@mpi.ysn.ru

Строительство и эксплуатация любых инженерных сооружений сопровождается техногенным вмешательством в природную среду. Нарушение естественных условий в области распространения ледового комплекса нередко является причиной развития целого ряда опасных для самой природы и инженерных сооружений криогенных процессов: термокарстовых просадок, термоэрозийного смыва, солифлюкции, пучения, трещинообразования и оврагообразования.

Обеспечение устойчивости инженерных сооружений в криолитозоне является одной из основных проблем в инженерной геокриологии. Особенно остро стоит такая проблема на территории развития ледового комплекса.

Под ледовым комплексом понимается высокольдистый горизонт четвертичных отложений, насыщенный жилами льда и неоднородный в отношении состава, строения, генезиса и возраста слагающих слоев. По причине высокого содержания льдов, породы ледового комплекса довольно остро реагируют на изменение природных условий, а также на воздействия техногенных факторов.

Для оценки устойчивости опор линии электропередачи (ЛЭП) в связи с современным изменением климата, авторами этой работы были проведены рекогносцировочные исследования на объекте: ВЛ110 кв Л-118 «Хандыга–Джебарики-Хая», который находится в 410 км к северу-востоку от г. Якутска.

Район работ относится к зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Мощность их здесь достигает до 400 м. Участок исследований характеризуется широким развитием пород ледового комплекса. Мощность деятельного слоя в зависимости от рельефа, экспозиции склонов и толщины мохово-растительного покрова колеблется от 0,5 до 1,5 м и редко до 2,0 м.

В результате проведенных исследований было выявлено, что почти по всей протяженности ЛЭП отмечается развитие опасных криогенных процессов. На линии просеки по причине нарушения естественных условий поверхности произошло сильное заболачивание территории и активизация процессов термокарста и криогенного пучения. Основной проблемой объекта исследований является криогенное пучение опор ЛЭП. В результате неравномерного выпучивания свай некоторое количество опор находятся в аварийном состоянии.

На основе полученных результатов можно предположить, что причинами выпучивания свай являются: наличие пучинистых грунтов; потепление климата; увеличение влажности грунтов и недостаточная глубина заложения свайных фундаментов.

Для разработки рекомендаций по обеспечению устойчивости опор ЛЭП «Хандыга–Джебарики-Хая» требуется провести более детальные инженерно-геологические изыскания с бурением скважин и применением геофизических работ. Кроме того, для прогнозирования проявления потенциально опасных криогенных процессов необходимо организовать геокриологический мониторинг на объекте исследований.

Лазерное сканирование как метод мониторинга деформаций линейных объектов в криолитозоне

Юров Ф.Д.¹, Марченко Н.А.²

*1- МГУ имени М.В. Ломоносова, Географический факультет,
кафедра криолитологии и гляциологии*

2 – The University Centre in Svalbard

Вечная мерзлота является ключевой характеристикой арктической окружающей среды, которая чутко реагирует на современные тренды к изменению климата. Увеличение температур воздуха, которые особенно заметны в арктических регионах, ведет к отеплению и деградации мерзлых грунтов. Повышение температур вечной мерзлоты, в свою очередь, приводит к изменению инженерно-геокриологических параметров, что представляет большую проблему для зданий и объектов инфраструктуры, возведенных в криолитозоне.

С учетом трендов к потеплению климата особенно актуальным становится вопрос мониторинга зданий и сооружений в арктических регионах на предмет деформаций, вызванных геокриологическими причинами, в частности, активизирующимися криогенными процессами. В случае линейных техногенных объектов мониторинг традиционными геодезическими методами затруднен в силу большой протяженности и площади, что требует новых подходов и методов выявления деформаций. Одним из перспективных методов обследования протяженных объектов является лазерное сканирование.

Для исследования деформаций, возникающих на дорогах в г. Лонгйир на архипелаге Шпицберген (который является «мировым лидером» в вопросе повышения температур воздуха), был использован лазерный сканер Riegl VZ-1000. Данный прибор имеет высокую точность измерений (менее 5 мм) и позволяет осуществлять съемку поверхности на расстоянии до 800 м. При этом время, необходимое на проведение съемки с одной точки, составляет от 5 до 15 минут в зависимости от выбранных параметров сканирования, что значительно меньше затрат времени на проведение геодезических работ на сопоставимой площади.

В результате сканирования, проводившегося в октябре 2017, мае и октябре 2018 гг. были получены 3D-модели основных дорог в городе, что позволило отследить изменения поверхности и выявить возникающие деформации дорожного полотна.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-05-60080 «Опасные нивально-гляциальные и криогенные процессы и их влияние на инфраструктуру в Арктике».

Прогнозирование экономической восприимчивости климатических изменений в регионах Российской Арктики

Бадина С.В.

*Институт Народнохозяйственного Прогнозирования РАН, Москва, Россия
Российский университет дружбы народов, Аграрно-технологический институт,
Москва, Россия
bad412@yandex.ru*

Несмотря на то, что комплексное исследование экономических эффектов от климатических изменений имеет высокое прикладное значение, в современных научных работах это направление является недостаточно проработанным в виду сложности и нелинейности анализируемых процессов, ограниченности информационных ресурсов, а также непроработанности вероятностных методов прогнозирования в экономической науке. В связи с этим возникает необходимость поиска функциональных зависимостей для решения подобного рода задач вместо детерминированных статистических подходов.

Согласно предлагаемой авторами гипотезе, существует функциональная зависимость между значениями основных макроэкономических показателей и климатозависимыми параметрами в регионах Арктической зоны России. В связи с этим возникает задача разработки динамической модели взаимосвязи социально-экономических и природно-климатических параметров. Модель позволит определить диапазон прогнозных значений макроэкономических показателей с учетом изменения климатических факторов.

Экономические показатели территорий Арктической зоны России по-разному детерминируются климатическими и климатообусловленными процессами. Разность восприимчивости арктических территорий в первую очередь определяется концентрацией экономического потенциала: там, где хозяйственная освоенность низкая, либо в принципе отсутствует, отсутствуют также угрозы и возможности, связанные с климатическими изменениями, соответственно, в первую очередь необходимо понимать, какая часть общего социально-экономического потенциала Российской Арктики попадает в зону наиболее интенсивных изменений. На следующем этапе необходимо получить представление о специфике хозяйственных специализаций арктических территорий, поскольку разные отрасли и виды экономической деятельности обладают различной климатовосприимчивостью.

В результате будут количественно оценен баланс положительных и отрицательных с экономической точки зрения эффектов от перспективных климатических изменений для различных территорий и отраслей в Российской Арктике, иными словами – определены компенсационные эффекты от новых возможностей, которые окажут смягчающее воздействие на негативные последствия изменения климата. На основании полученных результатов может быть проведен поиск возможностей для развития новых нетипичных для Российской Арктики специализаций и структурных экономических сдвигов.

Благодарность: работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект РФФИ № 18-05-60005). Исследование выполнено в рамках Программы ФНИ ГАН на 2013–2020 годы. Направление 167. Тема «Государственное управление комплексным развитием Арктического макрорегиона России».

Природные особенности Белого и Баренцева морей в организации безопасного мореплавания

Блейхер (Клим) Д.О.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Взгляды людей со временем обращаются в Арктику. Теперь она представляет сокровищницу. Причем, ее богатства составляют не только ископаемые, биологические и водные ресурсы, но и огромные возможности для транспортировки грузов, развития туризма и фундаментальных и прикладных научных исследований.

Во многом такое сложное изучение приполярных областей связано с суровыми природно-климатическими условиями. Человек научился претерпевать некоторые негативные проявления природных условий, и даже извлекать практическую полезность, но некоторые факторы все равно остаются решающими в стимулировании или сдерживании развития.

В свете новейших природно-антропогенных изменений климата, интенсивности тех или иных природных факторов, ландшафтов, экосистемных циклов меняются и возможности для реализации тех или иных интересов в Арктике. Во многом это сказывается на судоходной логистике в высоких широтах. Арктика привлекает все больше специалистов, деятелей разных сфер, но по-прежнему самым экономичным и рациональным транспортом остаются морские суда. Формирование системы мониторинга природных условий, моделирования природных изменений необходимо для организации безопасного мореплавания.

Исследования природного обеспечения транспортно-логистического комплекса в западном секторе российской Арктики актуализируется в связи с новейшими изменениями климата, который в свою очередь определяет изменения форм рельефа дна, береговой линии, путей миграции ценных промысловых рыб и иных обитателей моря, параметров погоды, физических и химических параметров морских вод, ледовой обстановки и многих других факторов. Данный комплекс факторов оказывает влияние на централизованную систему организации безопасного мореплавания, традиционной промысел.

При этом, адаптация систем управления морским судоходством и судовождения носит двоякий характер: одни и те же условия среды могут выступать факторами как развития, так и сдерживания морского судоходства в зависимости от принятых управленческих решений и используемых технологий.

Радиоэкологические исследования фронтальной зоны Баренцева моря

Ильин Г.В., Усягина И.С., Максимовская Т.М.

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН

Изучалось содержание техногенного ^{137}Cs и ^{90}Sr в водных массах и донных отложениях Полярной фронтальной зоны (ПФЗ) в Баренцевом море.

Цель исследований – получить новые данные о радиоэкологическом статусе важных районов Баренцева моря, подверженных влиянию современных источников техногенных радионуклидов. Актуальность исследований определяется неоднозначной оценкой воздействия происходящих океанографических изменений в Баренцевом море (положительные аномалии температуры атлантических вод, сдвиг многолетних границ ледовой кромки) на структуру баренцевоморской экосистемы. Показательным с этой точки зрения представляется Полярный фронт, разделяющий атлантические, полярные и арктические воды. Поток атлантических вод определяет уровень теплового и радиационного воздействия на экосистему моря, и ассоциируются как основной источник поступления техногенных радионуклидов.

Анализ данных подтверждает низкий уровень радионуклидного загрязнения моря. Однако хорошо прослеживается неоднородность загрязнения вод фронтальной зоны. Минимальные концентрации ^{137}Cs характерны водам атлантического происхождения. На участках ПФЗ – теплом, холодном и смешанном, существуют устойчивые различия его концентрации. Поступающая с севера с течением Персея холодная полярная вода образована в результате сильной переработки атлантических вод. Средняя концентрация ^{137}Cs в этих водах 1.56 Бк/м^3 . Теплые атлантические воды затухающей Северной ветви Нордкапского течения характеризуются концентрацией ^{137}Cs 1.3 Бк/м^3 . В водах смешения концентрация ^{137}Cs 1.2 Бк/м^3 . Для зоны смешения характерен наибольший интервал изменчивости –59%.

Таким образом, для ПФЗ характерен низкий уровень радионуклидного загрязнения, соответствующий общему для Баренцева моря фону. Взаимодействующие воды – полярная и атлантическая, имеют небольшие, до 20%, но устойчивые различия в содержании ^{137}Cs . Во фронтальной зоне происходит диссипация концентраций при смешивании и генерация очаговой неравномерности распределения ^{137}Cs на уровне микро- и мезомасштаба.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-60249 по теме «Радиоактивное загрязнение и вторичные источники антропогенных изотопов в морях Северного Ледовитого океана на рубеже XX-XXI веков».

О прорывах озёр в районах российских антарктических станций и полевых баз

Боронина А.С.¹, Четверова А.А.^{1,2}, Пряхина Г.В.¹, Попов С.В.^{3,1}

¹*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;*

²*Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия;*

³*АО «Полярная морская геологоразведочная экспедиция», Санкт-Петербург, Россия.*

Для большинства антарктических оазисов характерно наличие озёр, основным источником питания которых являются талые воды снежников и ледника. Зачастую избыток поступивших водных масс приводит к стремительному повышению уровня воды, что в последующем является причиной их катастрофических сбросов. Наиболее часто подобные прорывы регистрировались отечественными исследователями на территориях трёх антарктических оазисов: Ширмахера (Земля Королевы Мод), холмы Ларсеманн (Земля Королевы Елизаветы), холмы Тала (Земля Эндерби). По стечению обстоятельств именно в этих регионах расположены стратегически важные аэродромы, пункт формирования санно-гусеничных походов во внутренние районы Антарктиды, а также отечественные и зарубежные станции и полевые базы, имеющие развитую инфраструктуру. Таким образом, вопросы изучения опасных гидрологических и гляциологических явлений крайне важны, как с позиций фундаментальной науки, так и в прикладном аспекте. Резкие сбросы водных масс способны причинить значительный ущерб объектам хозяйственной деятельности и нарушить интенсивные логистические операции Российской антарктической экспедиции (РАЭ).

В докладе представлен обзор исторических и современных сведений о прорывах озёр на указанных территориях с описанием их причин и последствий. Для количественной оценки характеристик прорывных паводков на озёрах холмов Ларсеманн применялось математическое моделирование. В качестве входных данных использовались результаты собственных исследований, полученные в ходе полевых сезонов 2017-2019 гг. По результатам оценок наибольшие рассчитанные расходы были получены при прорыве внутрiledникового водоёма и достигали величины 240 м³/с. В то время как при прорывах озёр, подпруженных снежником, расходы воды редко превышали 4 м³/с. Рассчитанные гидрографы будут использованы в качестве корректных начальных условий для моделирования затопления территории.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ №18-05-00421 «Особенности формирования и развития паводков подледниковых водоёмов Антарктиды».

Исследование эволюции вечной мерзлоты на территории России с помощью высокоразрешающей системы моделей

Пикалёва А.А., Надёжина Е.Д., Стернзат А.В., Школьник И.М.

*Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, ул. Карбышева, д. 7,
Санкт-Петербург, 194021, +7(812)2978668, pikaleva@main.mgo.rssi.ru*

Исследование процессов эволюции вечной мерзлоты в значительной степени осложняется мозаичностью её пространственного распределения. В большинстве случаев модельные оценки характеристик распространения вечной мерзлоты основываются на использовании модели теплопередачи в грунтах, в качестве входной информацией, для которой служат расчеты по глобальным или региональным климатическим моделям. Однако, горизонтальная изменчивость характеристик многолетнемерзлых грунтов может быть настолько мала, что пространственное разрешение даже наиболее современных региональных моделей оказывается недостаточным. Тем не менее, для уточнения расчетов температуры поверхности в зоне распространения вечной мерзлоты необходимо детальное описание процессов энергообмена на границе между атмосферой и почвенным покровом, учитывающих специфику отдельных районов. В данном исследовании для решения такой задачи привлекается модель пограничного слоя атмосферы (МАПС), которая позволяет более реалистично описать термическое состояние многолетнемерзлых грунтов за счет детализации структуры пограничного слоя над участками поверхности с различающимися растительным покровом и теплофизическими характеристиками. Вместе с тем, включение МАПС, учитывающей подсеточные эффекты взаимодействия «подстилающая поверхность—атмосфера», позволяет проанализировать обратное влияние деградации вечной мерзлоты на структуру прилегающих к поверхности слоев воздуха.

Оценки для территории России получены на основе численных экспериментов с высокоразрешающей системой моделей: регионального климата, модели пограничного слоя атмосферы и теплопередачи в грунтах. Приводятся локальные и пространственные отличия в расчетных характеристиках многолетнемерзлых грунтов, обусловленные привлечением МАПС в сравнении с данными наблюдений и реанализа. Обсуждаются вопросы чувствительности модельных расчетов к заданию граничных условий в модели пограничного слоя атмосферы.

Динамика глубины протаивания и температуры верхней части многолетнемерзлых пород в северо-восточной части

Пур-Тазовского междуречья

Бабкина Е.А., Хомутов А.В.

Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, ea_pereval@mail.ru

Проведены наблюдения за глубиной протаивания на нескольких торфяниках северо-восточной части Пур-Тазовского междуречья. Один из них подвержен термокарсту и термоденудации с вытаиванием полигонально-жильных льдов (ПЖЛ), на других криогенные процессы отсутствуют. За период с 2016 по 2018 г. глубина протаивания в условиях полигонального торфяника, подверженного криогенным процессам незначительно снизилась (на 4%), при этом продолжилось активное вытаивание ПЖЛ. В 2018 г. глубина протаивания на этом торфянике выше на 9-24% относительно торфяников с низкой или нулевой скоростью вытаивания ПЖЛ.

Также проведены наблюдения за температурой верхней части многолетнемерзлых пород в изучаемом районе. Термометрическая скважина заложена на дренированной водораздельной поверхности с кустарничково-мохово-лишайниковым покровом III озерно-аллювиальной равнины с чередованием пород от песков средней крупности до суглинков с линзами торфа и растительными остатками. Глубокой скважины в пределах торфяника пробурить не удалось. В целом, имеющаяся 8,7-метровая термометрическая скважина характеризует температуру пород района исследования, с учетом того, что на торфяниках она ниже, чем в минеральных породах. Значение температуры $-2,7^{\circ}\text{C}$ на глубине 8,7 м выше известной по литературным данным (от -3 до -5°C , Геокриология..., 1989).

Выполнено сопоставление метеорологических данных по метеостанции Тазовский и данных мониторинга глубины протаивания и температуры пород. Анализ климатических параметров последних лет (с 2005 по 2018 г.) показывает, что наиболее высокие среднегодовые температуры воздуха наблюдались в 2012 и 2016 гг. ($-4,2^{\circ}\text{C}$), а наиболее низкие – в 2010 ($-9,8^{\circ}\text{C}$), со средним значением $-6,7^{\circ}\text{C}$. Тогда как согласно данным, приведенным в Геокриологии СССР (1989), среднегодовая температура воздуха составляла $-9,3^{\circ}\text{C}$. Также 2011-2013 и 2016 гг. отмечаются и самыми высокими суммами положительных температур воздуха. В теплом 2012 г. наблюдались и большие значения количества летних осадков и высоты снежного покрова, что также оказало влияние на деградацию ПЖЛ.

Проведенный анализ имеющихся данных показывает, что климатические условия 2012-2013 гг. могли послужить причиной активизации процесса вытаивания ПЖЛ, проявившегося на разных участках по-разному в зависимости от набора естественных факторов природной среды и наличия техногенного влияния. Аномально теплый летний сезон 2016 г. способствовал усилению вытаивания ПЖЛ. Особенно это проявилось на участках, подверженных техногенно обусловленному заболачиванию, в том числе после большого количества летних осадков 2015 г., когда уже осенью, вероятно наблюдались просадки на затопленных из-за обильных дождей участках.

В 2018 г. работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) в рамках научного проекта № 18-45-890013. В 2016-2017 гг. полевые работы организованы при поддержке Департамента по науке и инновациям ЯНАО и НП «Российский центр освоения Арктики».

Применение метода электротомографии при изучении внутреннего строения каменных глетчеров в высокоширотных условиях

Бажин К.И., Лыткин В.М.

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, kbazhin@gmail.com

Один из главных вопросов исследования каменных глетчеров - изучение внутреннего строения. В последние годы для решения этого вопроса активно применяются геофизические методы. Среди основных, используется метод электротомографии (ЭТ) и георадиолокации. В представленной работе приводятся результаты применения метода ЭТ.

Ключевой участок исследования расположен на Буордахском массиве (хребет Черского) в среднем течении реки Кюрэтэр, в 9 км от горы Победа (3003 м), представляет собой полилопастной каменный глетчер. Он расположен в левом борту северо-восточной экспозиции в интервале высот 1270-1310 м. Состоит из двух слившихся лопастей, длина первой лопасти составляет 340 м, второй – 270 м. Каждая лопасть питается из 1-2 осыпных конусов. Ширина каменного глетчера достигает 610 метров, максимальная толщина составляет 50 м. Крутизна фронтального откоса достигает 40-45°. Бровка и подошва фронтального откоса – извилистые, что связано с различной активностью и неодинаковыми скоростями движения отдельных лопастей этого глетчера. Данный глетчер сложен угловатым щебнем и крупными глыбами магматических и метаморфических пород. Поверхность слабо наклонена в сторону тальвега р. Кюрэтэр, имеет бугристо-ямчатый микрорельеф и разбита множеством разнонаправленных глубоких трещин, в которые погружаются глыбы и щебень. Также на поверхности глетчера имеются термокарстовые понижения, дно которых сложено тонкодисперсными (глинистыми) породами. Это свидетельствует об образовании озера на поверхности глетчера в период больших дождей или весеннего снеготаяния и его усыханием в засушливый период.

В период полевых исследований на ключевом участке были выполнены пять профилей на двух лопастях. Для работы использовалась многоканальная многоэлектродная электроразведочная станция «СКАЛА-64». Все профили были пройдены с шагом между электродами 2 м. Для измерений использовалась прямая и встречная 3-х электродная установка Шлюмберже с максимальным разносом АО-110 м. Переходные сопротивления заземления электродов были в пределах 10-70 КОм. Полученные данные обрабатывались в программе двумерной инверсии ZondRes2d.

Все профили имеют аналогичное геоэлектрическое строение. В верхней части разреза выделяется талый слой мощностью до 5 м, который вероятно содержит в себе талые и дождевые воды, а также мелкодисперсные частицы пород и имеет удельное сопротивление 10-50 кОм·м. В верхней части слоя выделяются участки с повышенным удельным электрическим сопротивлением (50-1 000 кОм·м), которые соответствуют крупным обломкам пород пространство, между которым заполнено воздухом. Ниже выделяется слой мерзлых пород с различным содержанием льда и мелкодисперсных частиц грунта (30-100 кОм·м). Ниже по всей видимости залегает лед с удельным сопротивлением 0,1-1 МОм·м. Мощность ледяного ядра установить не удастся из-за ограничений метода ЭТ. В пределах термокарстового понижения наблюдаются породы с удельным сопротивлением 1-10 кОм·м, что указывает на их сильное водонасыщение и присутствие большого количества мелких частиц грунта.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00402 мол_а.

Метан в пластовых льдах Восточной Чукотки
Белова Н.Г.^{1,2}, Маслаков А.А.¹, Баранская А.В.¹, Романенко Ф.А.¹

¹ *Географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*

² *Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН*

Газовые включения в подземных льдах и многолетнемёрзлых породах могут служить индикатором условий криогенеза [Стрелецкая и др., 2018]. Два разреза с пластовыми льдами были изучены в 2018 году в районе посёлков Лаврентия и Лорино на побережье Берингова моря в рамках экспедиции НИЛ геоэкологии Севера географического факультета МГУ [Маслаков и др., 2018]. Для обеих залежей помимо исследования структуры льда и анализа изотопно-кислородного состава льдов было выполнено опробование льда и вмещающих отложений на содержание метана методом head space. Исследованные залежи отличаются друг от друга как по строению льда и условиям залегания, так и по содержанию метана во льду.

Чистый пузырчатый пластовый лёд (65°31'с.ш., 171°25'з.д.) мощностью более 2,5 м вскрывается в термоцирке на глубине до 7 м от дневной поверхности. Лёд с многочисленными воздушными включениями содержит в среднем 3-4 ppm метана (данные по 7 образцам), что согласуется с предположением о погребённой снежниковой природе пласта [Васильчук и др., 2018].

Слоистый за счёт суглинистых прослоев пластовый лёд (65°32'с.ш., 170°59'з.д.) видимой мощностью 2 м, залегающий на глубине 2-3 м от поверхности (10-12 м над уровнем моря) согласно с перекрывающей пачкой оскольчатых суглинков, характеризуется большим разбросом значений содержания метана – от 9 до 1582 ppm (в среднем 430 ppm по 13 образцам). Лёд преимущественно стекловидный, содержит незначительное количество видимых воздушных включений. Значительное содержание метана в отдельных образцах вместе с линзовидным строением залежи даёт основание предположить внутригрунтовый механизм образования данного пласта.

Таким образом, пластовые льды из одного района Восточной Чукотки, залегающие на одних абсолютных отметках, могут иметь разный генезис.

Работы выполнены при поддержке проекта РФФ 19-77-00051.

Васильчук Ю.К., Буданцева Н.А., Васильчук А.К., Маслаков А.А., Чижова Ю.Н. Изотопно-кислородный состав голоценовых подземных льдов Восточной Чукотки. *Доклады Академии наук* 2018, 480(4), с. 766–773. <http://dx.doi.org/10.7868/S0869565218160193>

Маслаков А.А., Белова Н.Г., Баранская А.В., Романенко Ф.А. Пластовые льды на восточном побережье Чукотского полуострова при потеплении климата: некоторые итоги экспедиций 2014-2018 гг. *Арктика и Антарктика*, 2018, 4, с.30-43. <http://dx.doi.org/10.7256/2453-8922.2018.4.28528>

Стрелецкая И.Д., Васильев А.А., Облогов Г.Е., Семенов П.Б., Ванштейн Б.Г., Ривкина Е.М. Метан в подземных льдах и мёрзлых отложениях на побережье и шельфе Карского моря. *Лёд и Снег* 2018, 58(1): 65-77. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2018-1-65-77>

Формирование специфического режима снежных отложений в условиях городской застройки и его воздействие на инфраструктуру

Гребенец В.И., Толманов В.А., Федин В.А.

МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет,

кафедра криолитологии и гляциологии, Москва

vgreb@inbox.ru (+79175010844)

В городах криолитозоны формируются особые природно-техногенные геокриологические комплексы, связанные с воздействиями (через поверхность, по глубине) на вечномёрзлые основания. Исследованиями установлено, что в условиях крупных промышленных узлов и современной городской застройки прослеживаются заметные тенденции к деградации мерзлоты: возрастают глубины сезонного оттаивания, повышается температура грунтов в мерзлой толще, снижается несущая способность вмороженных фундаментов, активизируются опасные криогенные процессы, увеличивается зона морозной деструкции (криогенного выветривания) материалов подземных конструкций: все это вызывает деформации инфраструктуры. Важнейшими факторами негативного воздействия на вечномёрзлые основания являются отепления от подземных коллекторов для коммуникаций, сбросы техногенных вод, устройство фильтрующих подсыпок, более теплый микроклимат и др. Особое место принадлежит механизированному перераспределению снега на застроенных территориях: с дорог, тротуаров (эпизодически – по периметру зданий) снег регулярно сгребается, при этом лишь незначительная часть его в течение зимы вывозится за пределы поселений. В конце сезона снегонакопления (начало мая 2019 г.) проведены оригинальные исследования – поквартальные и подворовые измерения величины и мощности снегоотвалов, формирующихся ежегодно искусственным путем на территории г.Норильска; выявлено, что около 600 отвалов имеют мощность снега от 2,5 м и более, они занимают большие площади, что чрезвычайно снижает зимнее охлаждение этих участков и негативно воздействует на терморезим грунтов и существенно уменьшает несущую способность вмороженных свай. Таяние искусственно созданных массивов снега приводит в мае-июне к подтоплению городских территорий, в том числе под зданиями, опёртыми на вмороженные сваи; происходит переобводнение подземных коллекторов для инженерных коммуникаций, что вызывает протаивание подземных льдов, развиваются неравномерные осадки и просадки, происходит деформация инфраструктуры.

Исследования поддержаны грантом РФФИ № 18-05-60080 «Опасные нивально-гляциальные и криогенные процессы и их влияние на инфраструктуру в Арктике».

Проблемы надежности и долговечности зданий и объектов инфраструктуры в Арктической зоне

Керимов А.Г.¹, Гребенец В.И.²

¹ Автономная некоммерческая организация "Научно-исследовательский центр изучения мерзлоты "ЭКОФУНДАМЕНТ" им. М.В.Кима

² МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет,
кафедра криолитологии и гляциологии, Москва

Существующая инфраструктура севера ветшает и требует обновления. Растет число деформированных и аварийных объектов (например, в Норильске ежегодно 1-2 жилых дома признается аварийным). Дома разрушаются, не выдерживая сурового климатического воздействия, в том числе по причине растепления грунтов, разрушения материала конструкций. Кроме того, необходимо ответственно отнестись к проработке вопросов нового строительства.

Освоение российской Арктики началось сравнительно недавно. Активная застройка северных городов пришлось на середину прошедшего столетия. И строительство тогда велось в экспериментальном режиме. Безусловно, были найдены хорошие инженерные решения, однако сегодня отсутствует преемственность знаний от специалистов, участвовавших в массовых застройках севера.

Это привело к тому, что предлагаемые в настоящее время проекты абсолютно не учитывают специфику территории и подвергаются очень сильной доработке, а иногда и практически полностью перерабатываются нашими северными специалистами. Многолетний накопленный опыт в данной сфере не в полной мере используется в современном строительстве в условиях мерзлых грунтов. Отсюда и многие проблемы.

Отмечаются ошибки при проектировании и строительстве новых объектов, и как следствие неэкономное расходование средств, в том числе федерального бюджета. Необходимо доработать нормативное правовое поле с целью минимизации ошибок и нарушений, допускаемых на стадии проектирования, строительства, а также в ходе эксплуатации зданий и сооружений.

Решение проблемы требует межотраслевой и межведомственной координации, поскольку вопрос комплексный – это и научно обоснованные методики мониторинга изменений мерзлоты и ее несущей способности, правил расчета и проектирования зданий и сооружений в условиях многолетнемерзлых грунтов, правила их эксплуатации, рекомендации по усилению несущих способностей мерзлоты и разрушаемых материалов фундаментов, применение новых строительных материалов с высокими эксплуатационными свойствами, ужесточение наказания за непринятие мер по предупреждению и ликвидации разрушений зданий, подготовка квалифицированных инженерных кадров, и включение необходимых мероприятий в отраслевые и региональные государственные программы. Также актуальным является внесение в Градостроительном кодексе понятия – комплекс противоаварийных мероприятий наряду с капитальным ремонтом и реконструкцией. На сегодняшний день отсутствие данного понятия вызывает конфликт при прохождении государственной экспертизы проектов, направленных на устранение или недопущение аварийности объектов.

Работа выполнена при поддержке проекта проект РФФИ 18-05-60080 Опасные нивально-гляциальные и криогенные процессы и их влияние на инфраструктуру в Арктике.

Тепловой режим ледника в пос. Лорино, Чукотский АО.

Комова Н.Н.¹, Маслаков А.А.¹, Юров Ф.Д.¹, Краев Г.Н.^{2,3}

¹ *МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет,
кафедра криолитологии и гляциологии*

² *ИФХиБПП РАН, Пушино, Россия*

³ *Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands*

Ледник – это подземная камера, оборудованная в многолетней мерзлоте, используемая для хранения мяса и других продуктов. Ледники имеют широкое распространение среди коренных жителей Крайнего Севера, особенно среди жителей Якутии, Чукотки, Аляски и севера Канады. Как правило, ледник имеет небольшой размер и используется одной семьёй. Однако в береговых поселениях Восточной Чукотки, где широко развита охота на морских млекопитающих, распространены большие промышленные подземные хранилища, достигающие протяжённости до нескольких сот метров.

Крупнейшим ледником Восточной Чукотки является ледник в пос. Лорино. Он представляет собой горизонтальную штольню с боковыми камерами, пробитую в горе и имеющую протяжённость около 250 метров. Потребность в таком сооружении возникла в связи со строительством здесь в 1960-х гг. фермы по выращиванию песцов и организацией круглогодичного хранения кормов.

Термический режим лоринского ледника схож с термическим режимом многолетнемёрзлых пород, однако имеет ряд особенностей: зимой, в период низких температур, ледник проветривают, понижая температуру стен; осенью ледник чистят, а стены обкладывают ледяными блоками, чтобы увеличить тепловую инерционность сооружения в летнее время. Несмотря на проводимые процедуры, стены и потолок ледника в последнее время осыпаются. Данные исследования были проведены, чтобы выяснить причину этих изменений: климатические изменения или недобросовестность работников фермы.

Для изучения теплового режима ледника использовались логгеры Нобо, установленные в различных камерах и галереях хранилища и фиксирующие температуру воздуха с интервалом в 1 час. Метеорологические данные получены с метеостанции Уэлен, расположенной в 100 км от посёлка Лорино. Анализ полученных данных проводился в программе Microsoft Excel.

Исследование было выполнено в рамках гранта РФФИ (Проект №18-08-60080).

Особенности формирования многолетнемерзлых пород и таликовых зон под протоками в дельте р. Лены

Максимов Г.Т., Григорьев М.Н., Якимов А.А., Андреева В.В.

Институт мерзлотоведения СО РАН, Якутск

В устьевой области, основное русло р. Лены переходит в дельту, общей площадью около 30 000 км², разделяясь на многочисленные протоки общей протяженностью более 6 тыс. км. Средний расход воды в реке достигает 15400 м³/с, средний сток наносов 11640000 т. (Лопатин, Федоров). В дельте, поток реки распределяется по 5 крупным рукавам и по сотням мелководных протоков, средняя глубина которых, на подавляющей части русел существенно меньше 2-2,5 метров, то есть глубин, на которых начинается промерзание речного дна через лед в продолжительный зимний период. Сведения о распространении таликов и субаквальных мерзлых пород в арктических дельтах в опубликованной и фондовой литературе скудны.

Изучение субаквальных мерзлых пород и таликов под руслами протоков проводилось в центральной части дельты р. Лены преимущественно на Оленекской и Бол. Туматской протоках. Эти участки соответствуют типичным для дельты гидрологическим и геоморфологическим условиям. Буровые профили заложены на мелководных и глубоководных частях протоков.

Криогенные процессы в судоходных протоках дельты Лены развиваются весьма динамично, фиксируются глубокие талики, главным образом под относительно глубоководными фарватерами. Многолетнемерзлые породы в краевых частях таликов имеют сложное строение в виде «козырьков», выклинивающихся в сторону фарватера. Наряду с динамикой русловых процессов происходит формирование отмелей и кос на аккумулятивных частях русел, где развивается новообразование многолетнемерзлых пород. Промерзание на мелководной части русла начинается при уменьшении глубины до 2 – 2,5 м. В зимнее время, когда ледяной покров достигает дна, донные отложения начинают интенсивно охлаждаться и промерзать. В скважине, которая фиксирует толщину льда в 1 м, отложения на глубине 10 м промерзают до -1,6°С.

Таликовые зоны развиваются преимущественно вблизи относительно глубоких фарватеров, глубиной до десятков и возможно сотен метров. Условия формирования и развития таликов и таликовых зон, в связи с активным переформированием русел, сложны и динамичны. Сезонное протаивание мерзлых донных отложений к концу лета на относительно отмельных участках русел составляет от первых метров до 10 и более.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 18-05-70091 и 18-45-140057.

Инновационное конструктивное решение для устройства дренажных сооружений в районах вечной мерзлоты

Мельников В.П.¹, Дашинимаев З.Б.², Иванов К.С.¹, Галлямов Д.Р.¹

¹ АНО «Губернская академия», Россия, Тюмень: melnikov@ikz.ru

² Читинский проектно-изыскательский институт «Забайкалжелездорпроект», Россия, Чита: 9242742515zb@gmail.com

Водные потоки оказывают значительное влияние на температурный режим грунтов и развитие мерзлотных процессов, что приводит к различным деформациям железнодорожного пути и других объектов инфраструктуры. Поэтому регулирование и отвод поверхностных и подземных вод в районах распространения сезонно- и многолетнемерзлых грунтов, является сложной и важной задачей инженерной защиты объектов железнодорожной инфраструктуры. Практически все известные участки с осадками земляного полотна из-за оттаивания льдистых вечномерзлых грунтов на Забайкальской железной дороге были спровоцированы появлением движения поверхностных или подземных вод. На таких участках при нормальном урегулированном стоке воды, стабильность железнодорожного пути и земляного полотна сохранялись десятки лет. Основной проблемой нормального регулирования «воды» в холодных регионах является замерзание воды в водоотводных сооружениях, приводящее к деформациям железно-бетонных конструкций и к прекращению нормального отвода воды.

Тюменскими учеными разработан уникальный материал - Гранулированный теплоизоляционный материал «ДиатомИК». Основным его достоинством является возможность свободного просачивания воды в любое время года и утепление в зимний период. ГТМ «ДиатомИК» необходимо уложить в дренирующий слой над дренажной трубой. Это позволит уменьшить глубину заложения дренажа, что приведет к конструктивным и технологическим изменениям при строительстве дренажей: уменьшение глубины заложения дренажа и уменьшение длины дренажа. Таким образом, уменьшаются объемы или полностью исключаются следующие виды работ: земляных работ по разработке траншеи; закрепление бортов траншеи; монтажных работ по устройству дренажа; работ по закреплению (или переносу) опор контактной сети, линии электропередач, светофоров и т.п.

Для регулирования и отвода грунтовых и подземных вод используются дренажи и лотки. К примеру, на Забайкальской железной дороге устроены: 1) Лотки протяженностью 73,47 км из них 29,416 км дефектные, 2) Дренажи протяженностью 106,319 км из них 49,313 км дефектные. Отсутствие регулируемого стока воды приводит к образованию застоев воды в грунтах насыпи и балластной призмы, что в летний период приводит к разжижению грунтов и потери их несущей способности, а в зимний период приводит к образованию пучин при промерзании переувлажненных грунтов. Разработаны и обоснованы новые конструктивные решения для устройства дренажных сооружений в районах вечной мерзлоты. Эти решения являются более функциональными при регулировании мерзлотно-гидрогеологических условий, и имеют превосходства в эксплуатационно-технических показателях, в отличие от типовых решений по устройству дренажей.

В настоящее время эффект утепленного пропуска дренажных вод через массив ГТМ «ДиатомИК» успешно эксплуатируется на Забайкальской железной дороге. Данные решения получили положительное заключение на заседании НТС ОАО «РЖД». Очевидна технико-экономическая эффективность применения инновационной конструкции дренажа, выраженная в увеличении межремонтных сроков и проведении строительно-монтажных работ по устройству дренажа. Опытно-экспериментальные работы на Забайкальской железной дороге проведены для определения эффективности утепления и достаточной пропускной способности. Выбор участка проведен с учетом особенностей действующей железнодорожной инфраструктуры и возможного устранения различных последствий.

Криогенное строение четвертичных отложений берегов Гыданского полуострова

Письменюк А.А.¹, Стрелецкая И.Д.¹, Гусев Е.А.²

*1 - Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
географический факультет, Москва*

*2 - ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга, Санкт-Петербург
apismeniuk@gmail.com*

Данные о распространении, морфологии и изотопном составе подземных льдов - основа для актуальных палеогеографических реконструкций Арктических территорий.

В 2008-2010г были проведены комплексные совместные полевые работы МГУ имени М.В. Ломоносова, Институтом Криосферы Земли и ВНИИОкеангеология на двух участках Гыданского побережья: в районе фактории Матюй-сале (Гыданская Губа) и п. Дорофеевский (Енисейский залив). Изотопный состав льда определялся в изотопной лаборатории Института полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера. Гранулометрический анализ вмещающих лед пород проводился в литолого-минералогической лаборатории, химический состав льдов и отложений - в химико-спектральной лаборатории ВНИИОкеангеология. В научной лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана СПбГУ получены радиоуглеродные датировки. Сделаны региональные палеогеографические реконструкции на период конца плейстоцена-голоцена.

В разрезах Гыданской Губы и Енисейского залива реконструируются близкие условия смены осадконакопления и промерзания отложений. Морское осадконакопление (МИС 3) постепенно сменялось континентальным (МИС 2). После регрессии моря морские отложения эпигенетически промерзали, формировались пластовые льды. Изотопный и химический состав льда указывает на внутригрунтовое происхождение воды. Промерзание аллювиальных и озерных отложений сопровождалось ростом крупных сингенетических полигонально-жильных льдов (ПЖЛ). Изотопный состав льда свидетельствует о экстремально холодных зимах времени их формирования. Трансгрессия и потепление в оптимум голоцена привела к частичной деградации ПЖЛ и образованию псевдоморфоз. Во второй половине голоцена образовался новый комплекс ПЖЛ. В кутовых частях Гыданской губы и Енисейского залива на берегах верхнеплейстоценовый комплекс ПЖЛ сохраняется. Поздний уход зимнего льда из акваторий губы и залива создает благоприятные условия для консервации реликтовых льдов в обрывах.

Мерзлотно-гидрогеологические условия Западного Верхоянья

Семенов В.П., Кириллин А.Р., Огонеров В.В.

Институт мерзлотоведения имени П.И. Мельникова СО РАН,

677010, Якутск, ул. Мерзлотная, 36, Россия

semenov.vp@rambler.ru

В настоящее время территория Западного Верхоянья является одной из наиболее перспективных областей на рудное серебро и золото Северо-Востока России. Здесь известны крупные металлогенические месторождения (Мангазейское, Кимпиченское и др.), а также ряд многочисленных и слабоизученных месторождений и рудопроявлений. Месторождения полезных ископаемых и их проявления сосредоточены в суровых природно-климатических условиях на территории со сплошным распространением многолетнемерзлых пород. В связи с этим рассмотрение мерзлотно-гидрогеологических условий территории носит важный научный и практический аспекты освоения этой территории.

Ниже представлены основные результаты мерзлотно-гидрогеологических исследований на месторождениях «Аркачан» и «Эндыбал», расположенных в пределах восточных отрогов Верхоянской горной цепи, разделяющей бассейны рек Лены и Яны в пределах Аркачанского плато, представляющего собой сильно расчлененное среднегорье с абсолютными отметками от 900 до 1500 метров.

По мерзлотно-гидрогеологическому районированию месторождения относятся к Яно-Индибирскому криогенному напорному бассейну и характеризуется сплошным развитием многолетнемерзлых пород. По данным полученных измерений температура пород на глубине 15 метров изменяется от -5,9 до -9,0 °С, на глубине 100 м от -4,2 до -9,0 °С и на глубине 200 м от -3,8 до -7,1 °С.

Оценочная мощность многолетнемерзлой толщи (ММТ), по полученным данным геотермических исследований выполненных на обоих месторождениях, изменяется от 170 до 590 метров. В целом по нашим оценкам мощность ММТ в пределах месторождений варьирует от 150-170 м в долинах и до 700 м в гольцовых областях водоразделов.

Оценка глубины сезонно-талого слоя показала, что максимальная его глубина отмечается на галечниковых полях, пойме и прирусловых частях, на крутых осыпных склонах, где она составляет 2,0-3,0 м. Минимальная – на склонах, подножье склонов и террасах, здесь глубина СТС равняется 0,3-1,0 м.

В гидрогеологическом отношении практический интерес для целей водоснабжения представляет водоносный субкриогенный карбон-пермский терригенный комплекс, залегающий с глубины 190 метров, который был нами изучен. Водоносными породами являются песчаники и алевролиты, приуроченные к зоне криогенной дезинтеграции пород. Разведанный водоносный комплекс схематизируется как напорный, изолированный в разрезе и неограниченный в плане, пласт. Результаты групповой откачки и гидродинамические расчеты подтвердили запасы до уровня 150 м³/сут. Источниками формирования эксплуатационного водоотбора будут являться естественные (упругие) запасы водоносного субкриогенного карбон-пермского терригенного комплекса.

Подземные воды слабосоленоватые с сухим остатком 2,48-2,96 г/л, по химическому составу гидрокарбонатно-хлоридные натриевые, по значению общей жесткости от мягких до очень жестких (2,6-14 мг-экв/л), по величине водородного показателя нейтральные (рН 6,7-7,5). По данным режимных наблюдений, химический состав воды стабилен, существенных колебаний концентраций химических элементов в годовом цикле не отмечено.

Оценка взаимодействия техногенных систем и вечномёрзлых оснований

Стрелецкий Д.А.¹, Гребенец В.И.²

Университет Джорджа Вашингтона, Округ Колумбия, США

streets@gwu.edu (+13023451799)

МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии, Москва

vgreb@inbox.ru (+79175010844)

Разработана классификация техногенных влияний на вечномёрзлые основания поселений Арктики, включающая виды (механическое, тепловое, физико-химическое и сейсмическое) воздействий, их продолжительность, интенсивность (слабая и ограниченная по площади, средняя и затрагивающая заметную территорию урбанизированной среды, сильная и распространяющаяся на большую часть застроенной площади, катастрофическая и разрушающая литокриогенную основу). Впервые в качестве основных критериев для оценки состояния мерзлоты в городах Арктики выбраны *три* основных показателя (степень пораженности освоенных и перспективных к застройке городских территорий теми или иными опасным мерзлотными процессами и явлениями, их продолжительность, повторяемость) для *шести* наиболее деструктивных процессов, разрушающих городскую среду или способных вызвать заметные деформации различных объектов: 1) термокарст; 2) термоэрозия и термоабразия берегов; 3) морозное пучение, включая негативное воздействие на фундаменты касательных сил морозного пучения в промерзающем сезонно-талом слое; 4) морозобойное растрескивание, в т.ч. очищаемых от снега заасфальтированных и асфальтобетонных участков в поселениях; 5) формирование наледей на урбанизированных территориях (исключая неконтролируемые и непрогнозируемые утечки из коммуникаций); 6) опасные перемещения на застроенные территории мерзлых техногенных отвалов и природных криогенных оползней. Установлено, что взаимодействие техногенных систем и мерзлотно-геологической среды приводит к формированию на хозяйственно освоенных территориях специфической обстановки, где изменения в литокриогенной основе (от которой зависит устойчивость объектов, возведенных по принципу постоянного сохранения мерзлого состояния в период строительства и эксплуатации зданий и сооружений) носят специфический характер, зачастую кардинальным образом отличающийся от зональных природных условий. На хозяйственно освоенных территориях могут сформироваться от 5 – 8 до 15 – 18 подобных специфических природно-техногенных мерзлотных ареалов: от близких к природным участкам (кладбища, внутригородские парки и т.п.) до зон, где мерзлота полностью деградирует (складирование отходов горно-металлургической промышленности, крупные карьеры и т.п.). Исследования поддержаны грантом РФФИ № 18-05-600888 «Устойчивость развития Арктических городов в условиях природно-климатических изменений и социально-экономических трансформаций».

Оценка степени деградации полигонально-жильных льдов торфяников в северо-восточной части Пур-Тазовского междуречья

Хомутов А.В.^{1,2}, Хайруллин Р.Р.², Бабкин Е.М.², Бабкина Е.А.², Тихонравова Я.В.²

¹Тюменский государственный университет, Тюмень, a.v.khomutov@utmn.ru

²Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, Тюмень

На основе комплексных исследований в полевых, лабораторных условиях и с применением данных дистанционного зондирования осуществлена попытка определить закономерности влияния климатических изменений последних лет в сочетании с техногенными факторами на динамику полигонально-жильных систем северо-восточной части Пур-Тазовского междуречья по 3-м моделям.

Модель 1. Полигонально-жильные льды (ПЖЛ) на изучаемой территории вытаивают при влиянии климатических условий, а именно повторении аномалий, выражающихся в высоких суммах летних температур воздуха, летних и зимних осадков (особенно при сочетании таких аномалий). Высокие летние температуры приводят к увеличению глубины протаивания, это обеспечивает подтаивание в кровле ПЖЛ, образование полостей с водой, и формирование новообразований льда, т.е. рост ПЖЛ. Деградация ПЖЛ не происходит. Нарастание фитомассы за счет более благоприятных, чем обычно условий теплого периода, также приводит к сохранению ПЖЛ. При малейших уклонах формируется сток по ПЖЛ, что приводит к постепенной деградации ПЖЛ. Увеличение количества осадков приводит к повышенному уровню воды в полостях на кровле ПЖЛ, сформированных в результате сезонного протаивания, что может приводить к проявлению локального термокарста при отсутствии стока. Наличие уклонов ведет к формированию повышенного стока по ПЖЛ, скорость их деградации увеличивается.

Модель 2. Участки полигональных торфяников, граничащие с озёрами, помимо климатических колебаний испытывают отепляющее воздействие водной толщи. При механическом воздействии на торфяные берега (достаточная глубина озера, высокие торфяные береговые уступы) вклад в отступление таких берегов вносит и вытаивание ПЖЛ, происходящее в береговой зоне быстрее.

Модель 3. Добавление к естественным факторам воздействия на полигонально-жильные системы торфяника техногенных (в районе исследования основным является влияние насыпи автодороги) приводит к увеличению скорости вытаивания ПЖЛ. При отсыпке насыпи растительный покров и верхняя часть торфа в непосредственной близости от нее подвергаются механическому повреждению вплоть до полной деградации растительного покрова. Вблизи насыпи на участках с ПЖЛ, где не произошло быстрое восстановление растительного покрова или происходит подтопление ввиду не совсем точной организации водопропуска, аномалии метеорологических условий приводят к усилению термокарста (насыпь играет роль водоупора) и усилению стока по ПЖЛ, особенно в местах обустройства водопропускных труб. Деградация ПЖЛ на таких участках может проявиться с большой скоростью, например при затяжных осадках летом или при таянии снега весной. В этом случае может происходить довольно быстрое формирование каналов и водобойных колодцев во льду с механическим удалением растительного покрова и оттаявшего торфа.

Итогом стала карта степени деградации ПЖЛ торфяников под действием естественных и техногенных факторов на площади 775 км² с выделением участков деградирующих ПЖЛ, потенциально возможной деградации ПЖЛ и относительно стабильных ПЖЛ с подразделением в зависимости от действующего фактора/сочетаний факторов (климатических колебаний, механического и отепляющего действия водных масс озёр, техногенного фактора).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) в рамках научного проекта № 18-45-890013.

Новые данные о деградации континентальной и субаквальной криолитозоны западного сектора Российской Арктики при изменении климата

**Васильев А.А.^{1,2}, Гравис А.Г.¹, Дроздов Д.С.^{1,2}, Малкова Г.В.¹,
Облогов Г.Е.^{1,2}, Пономарева О.Е.¹**

¹*Тюменский научный центр СО РАН*

²*Тюменский государственный университет*

Результаты многолетнего геокриологического мониторинга на восьми стационарах в западном секторе Российской Арктики, выполняемого силами ТюмНЦ СО РАН в течение 1975-2019 гг, однозначно указывают на качественное изменение криолитозоны этого региона. Анализ данных наблюдений показывает, что в биоклиматических зонах южной тундры, лесотундры и северной тайги развивается новый обширный природный феномен - повсеместная деградация криолитозоны и формирование криолитозоны с опущенной кровлей мерзлоты до глубины 4-10 м. Это новое неизученное природное явление с не выявленными закономерностями формирования и развития нового типа криолитозоны. Получены новые данные, количественно иллюстрирующие тренды повышения среднегодовой температуры мерзлых и оттаивающих пород. После 2007 г. в зонах южной тундры, лесотундры и северной тайги зафиксирован переход среднегодовой температуры в сезонно-талом слое к положительным значениям. Можно констатировать, что континентальная криолитозона здесь завершает этап стабильного состояния и переходит в новое качественное состояние нестабильности и изменение условий природопользования за счет новых свойств оттаивающих отложений: изменения несущей способности пород, смещения границ биоклиматических зон, изменения условий традиционного природопользования и других. Определены географические границы этого нового природного явления.

Выделены этапы деградации континентальной криолитозоны на основе их термического состояния, составлена схематическая карта оценки состояния криолитозоны.

Похожие тенденции характерны для субаквальной криолитозоны. Из-за повышения температуры придонного слоя воды на 0,5 - 2,5 град за последние десятилетия в Карском море и ЮВ части Баренцева моря наблюдается ускорение деградации кровли субаквальной мерзлоты, особенно в регионах с близким залеганием кровли мерзлых пород к дну. Деградация субаквальной криолитозоны меняет ареалы ее распространения, термический режим, свойства и т.д. Составлена рабочая версия ГИС-ориентированной карты распространения и условий залегания подводной мерзлоты.

Установлены зависимости изменения придонной температуры от глубины моря, раздельно для летнего и зимнего периодов, которые могут быть использованы в качестве граничного условия при математическом моделировании температурного режима субаквальных мерзлых пород. Выявлены регионы с максимальным увеличением температуры придонного слоя воды и на основе математического моделирования оценена скорость деградации субаквальной мерзлоты. Это позволяет разработать схематическую карту районирования шельфа Карского и ЮВ части Баренцева морей по условиям деградации субаквальной криолитозоны.

Работы выполнены при финансовой поддержке РФФИ, грант 18-05-60004.

Проблемы полевых исследований пластовых льдов в разрезах многолетнемёрзлой толщи м. Марре-Сале Западного Ямала (итоги 2008-2019 гг)

Слагода Е.А.^{1,2,3}, Тихонравова Я.В.¹, Бутаков В.И.^{1,3}, Опокина О.Л.^{1,3}

¹Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, eslagoda@ikz.ru

²Тюменский государственный университет, Тюмень

³Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Подземные льды м. Марре-Сале Западного Ямала имеют длительную историю изучения, но результаты полевых исследований **всегда фрагментарны**. Поэтому, актуален вопрос определения и фиксации соотношений ледяных тел в естественных разрезах.

К настоящему времени, радиоуглеродным датированием подтвержден голоценовый, сартанский и каргинский возраст вмещающих и перекрывающих льды отложений м. Марре-Сале; отсутствуют современные данные о более древних. Следует отметить, что льды, залегающие в каргинско-сартанских отложениях уже не относят к ледниковыми, продолжается дискуссия о внутригрунтовых процессах формирования залежей с деформациями льда и вмещающих пород. Многолетнемерзлая толща и льды неравномерно протаивали, размывы- в современном остаточном рельефе выражены следы термокарста, термоденудации и термоэрозии. Полигональный микрорельеф образован по льдам разного генезиса, т.к. в верхней части разреза они совместно залегают в "байдарацких песках".

В разрезах Марре-Сале за последние 10 лет выявлены морфологические разновидности: сложные пластовые залежи льда - нижняя со складками и верхняя со штоками и лакколитами; кольцевые дайки льда; клиновидные эпигенетические жилы и трещины, полигонально-жильные сингенетические льды. Как были определены соотношения между перечисленными ледяными телами.

Фрагменты нижней залежи сегрегационного льда в суглинистых песчано-алевритовых каргинских отложениях и не имеют непосредственного контакта с полигонально-жильным, верхней залежью льда. Они выделены на юге и в центре обнажения по залеганию выступов льда под таберальным комплексом - деформированными, ожелезненными с породами атакситовыми криотекстурами, структурно-текстурным и геохимическим особенностям льда. Массивные выступы льда нижней залежи могли вытаивать на неровном дне озер.

Верхняя залежь включает горизонтальные и наклонные пласты со штоками и лакколитами слоистого льда, кольцевые дайки, клиновидные жилы и полигонально-жильный лёд, которые совместно залегают в байдарацких песках и супесях м. Марре-Сале. Сверху эти льды неравномерно вытаяли на разную глубину, размывы, с утратой первичного рельефа. По соотношению между штоками и полигонально-жильными льдами установлено внедрение инъекций воды в сингенетически промерзавшие отложения; по контакту лакколитов и штоков выявлено последовательное образование двух генераций инъекционно-сегрегационного льда, при промерзании песчаных слоев разреза в замкнутых таликах. Выступы верхней залежи льда неравномерно вытаивали на дне озер в "колодцах", с образованием псевдоморфоз, таберального комплекса, озерных отложений.

Клиновидные льды эпигенетические инъекционно-сегрегационные сходны со штоками и лакколитами верхней залежи по составу, структуре и текстуре льда. Последовательность их образования определена по секущим контактам и соотношению с криогенными текстурами вмещающих озерных отложений, таберального комплекса.

Для определения последовательности образования отдельных ледяных тел в сложных пластово-жильных залежах недостаточно аналитических исследований, необходимо устанавливать их соотношения в естественных разрезах.

Работа выполнена по грантам РФФИ № 18-05-60222 Арктика "Криогенные рельефообразующие процессы..." (ИКЗ ТюмНЦ СО РАН), № 18-55-11005 АФ_т "Механизмы, траектории и пятнистость изменений арктических экосистем..." (ТГУ).

Каменные глетчеры хребта Улахан-Чистай

Лыткин В.М., Бажин К.И.

*Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск,
gidro1967@mail.ru*

Хребет Улахан-Чистай несет одно из наиболее крупных горных оледенений на Северо-Востоке Азии. Кроме того, здесь широко распространены специфические гляциально-криогенные образования – каменные глетчеры. На основе геоинформационного картографирования, по данным дистанционного зондирования Земли и полевых исследований, в пределах хребта Улахан-Чистай установлено 1812 каменных глетчеров разных морфологических типов. Среди них выявлено, по отношению к вмещающему рельефу, 111 каровых и 1701 присклоновых. В группе каровых каменных глетчеров преобладают активные формы (76 образований), некоторые из которых имеют сложное строение и имеют несколько разновозрастных генераций. Среди присклоновых установлено 948 активных, 545 неактивных, 208 отмерших. Анализ частотных распределений позволяет установить, что каменные глетчеры исследуемого района расположены в интервале абсолютных высот 550–2450 м. Вместе с тем основная часть активных образований приурочена к интервалу высот 1500–1900 м н.у.м. Полевые наблюдения за каменными глетчерами были выполнены в верхнем течении реки Кюрютэр, находящейся на восточном склоне хребта Улахан Чистай. Проведенные исследования на ключевом участке показали, что высота каменных глетчеров в исследуемом районе не превышают 50 м. Они могут состоять из нескольких слипшихся лопастей, образуя полилопастные каменные глетчеры. Ширина может достигать более 610 м при длине лопастей до 340 м. Неактивные образования выделяются закреплением фронтального уступа и поверхности растительностью в виде мхов, луговых трав и редких кустарников. Проведенные исследования внутреннего строения методом электротомографии и изучения температурного режима стока показали, что эти образования содержат большое количества льда в виде ледяных ядер и льда цемента.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00402 мол_а.

Оценка современного состояния островной мерзлоты в дельте Печоры по данным геокриологического и геофизического мониторинга

Малкова Г.В., Садуртдинов М.Р., Скворцов А.Г., Судакова М.С., Царев А.М.

Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН

Под влиянием современного потепления климата на обширных площадях криолитозоны России в последнее десятилетие сложились благоприятные условия для деградации многолетнемерзлых пород (ММП): отмечается повышение среднегодовых температур грунтов, частичное оттаивание мерзлоты сверху и замена сезонного протаивания сезонным промерзанием. Эти процессы многократно усиливаются на участках интенсивного техногенного вмешательства, где нарушаются поверхностные условия – повреждается или полностью снимается растительный и почвенный слой, изменяется микрорельеф, изменяются условия снегонакопления и др. Наибольшие геокриологические изменения характерны для южной геокриологической зоны, где распространена островная высокотемпературная и маломощная мерзлота.

Начиная с 2009 г. проводятся комплексные (геокриологические и геофизические) мониторинговые наблюдения за распространением и температурным режимом ММП в дельте Печоры, результаты которых включены в Международную сеть наблюдений за мерзлотой GTN-P. На территории участков мониторинга Кашин и Кумжа расположены две площадки наблюдения за глубиной СТС (CALM), 8 действующих температурных скважин глубиной 3-10 м в различных криогенных ландшафтах, сеть сейсмических профилей, общей протяженностью около 1000 пог.м и сеть георадарных профилей общей протяженностью около 5000 пог.м. Включение методов георадиолокации и сейсморазведки в традиционный комплекс геокриологических исследований на объектах мониторинга в криолитозоне позволило значительно упростить изучение деятельного слоя и конфигурации таликов, дополняя важную информацию, которую не всегда удается получить с помощью трудоёмких прямых методов – измерением щупом, или бурением зондировочных скважин.

На всех объектах геокриологического мониторинга произведена фотосъемка наблюдательных площадок и окружающей территории с использованием квадрокоптера DJI Phantom 4 PRO. Выполненная съемка позволила уточнить ранее проведенную наземную ландшафтную съемку участков и составить детальную ландшафтную карту площадок и сопредельной территории, оценить степень техногенного воздействия на отдельных площадках (Кумжа), выявить очаги развития криогенных процессов, на основе ландшафтной индикации проанализировать закономерности площадной изменчивости литологического состава поверхностных отложений, степени дренированности пород, глубины залегания кровли ММП.

Современное потепление климата обусловило неустойчивое тепловое состояние ММП в условиях распространения островной мерзлоты. Возможно, в настоящее время мы наблюдаем начало процесса необратимой деградации мерзлоты. Для подтверждения или опровержения этого предположения необходимо продолжение наблюдения на организованных площадках, что позволит более или менее уверенно говорить об устойчивости трендов изменения мерзлоты на ближайшие десятилетия.

Исследования проводятся по госзаданию, согласно Плану НИР ТюмНЦ СО РАН на 2018-2020 годы, протокол №2 от 8.12.2017 (Приоритетное направление IX.135. Программа IX.135.2 Проект: IX.135.2.2: Изменения в литосфере и ландшафтах криолитозоны России под влиянием климатических и техногенных факторов: глобальные, региональные и локальные составляющие пространственно-временной изменчивости). Экспедиционные работы выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-17-00102).

Изучение сезонной динамики надмерзлотных таликов Центральной Якутии методом электротомографии

**Бажин К.И., Лебедева Л.С., Христофоров И.И., Данилов К.П., Огонеров В.В.,
Ефремов В.С., Байшев Н.Е.**

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск

kbazhin@gmail.com

Обеспечение водой населенных пунктов является важной задачей для комфортного проживания людей в северных регионах, где в холодный период времени большинство поверхностных водоемов замерзает, а часть водоемов имеет непригодную для употребления воду. Одним из возможных решений проблемы обеспечения водой является использование надмерзлотных грунтовых вод. Для оценки возможности использования таких вод для водоснабжения необходимо иметь данные о глубине залегания кровли и подошвы талика, мощности обводненного слоя и его сезонных изменений.

Для получения данных о распространении таликов в плане и разрезе, а также об их динамике наряду с бурением целесообразно применять геофизические методы, а именно электроразведочные методы. Наиболее информативным, быстрым и недорогим методом получения данных о строении талика является такой метод электроразведки как геоэлектрическая томография (ЭТ). ЭТ – это современная модификация метода вертикальных электрических зондирований. Благодаря большому количеству электродов, размещенных на профиле, этот метод дает возможность получить в короткие сроки детальную информацию о распределении удельного сопротивления грунта на изучаемую часть разреза. Для выполнения измерений по методике ЭТ использовалась многоканальная многоэлектродная станция «СКАЛА-64» производства «КБ Электротометрии», (г. Новосибирск).

Исследуемый участок расположен в 20 км юго-западнее г. Якутска в долине р. Шестаковка. Мощность многолетнемерзлых пород достигает здесь 250-300 м. В геологическом строении участка до 40 м принимают участие кварц-полевошпатовые пески различной степени зернистости с преобладанием средней, местами с включениями пылеватой супеси и суглинка.

Измерения методом ЭТ проводятся с 2016 года в мае и сентябре каждого года по трем мониторинговым профилям.

По данным геофизических исследований надмерзлотный водоносный талик прослеживается от уреза р. Шестаковка на расстояние до 1 км вверх по склону в сосновом лесу. В плане талик занимает площадь около 0,15 км². Мощность его изменяется от 1-2 м у реки и по мере выполаживания рельефа к водоразделу увеличивается до 20 м. Размеры талика изменяются в зависимости от сезона года. Весной талик разобщен на несколько зон, разных по мощности. В летний период после протаивания деятельного слоя формируется единый талый горизонт, обводненный с глубины от 1,5-2,0 м. На склоне мощность талика составляет 2-5 м, на плоских участках достигает 20-21 м. В нижней части склона вода из талика разгружается в русло реки. В холодное время года место разгрузки подземных вод фиксируется наледью. По результатам электротомографии установлено, что сезонная динамика кровли и подошвы талика в разные годы принципиально не изменяется, в то время как сезонные изменения очень значительны. Площадь талика в разрезе увеличивается более чем в 2 раза.

Проведенные исследования показывают возможность использования метода электротомографии для выявления особенностей строения таликовых зон в песчаных отложениях и выявления их сезонной и межгодовой динамики. Полученные данные могут быть использованы для оценки возможности обеспечения водой населенных пунктов и различных промышленных объектов. Работа выполнена частично при финансовой поддержки РФФИ (грант № 17-05-00926).

Гранулометрический состав, как показатель природных условий накопления и промерзания четвертичных отложений в низовьях р. Гыда

Королева Е.С.^{1,3}, Тихонравова Я.В.¹, Слагода Е.А.^{1,2,3}

¹*Институт криосферы Земли СО РАН, Тюмень, koroleva_katy@inbox.ru*

²*Тюменский государственный университет, Тюмень*

³*Тюменский индустриальный университет, Тюмень*

На севере Гыданского полуострова (в районе п. Гыда) сведения о литологии, льдистости, возрасте и криогенном строении многолетнемерзлых четвертичных отложений были получены давно - в 70-90-е гг. В 2016-18 гг. криолитологические исследования включали изучение, описание и опробование многолетнемерзлых и сезонно-талых отложений и льдов, определение льдистости и гранулометрического состава отложений. Были построены разрезы, выполнен анализ слоистости отложений и текстурных особенностей и соотношений с полигонально-жильным льдом. Выполнен гранулометрический состав пород (30 проб) на лазерном гранулометре Mastersizer 3000 (Malvern) в Институте криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН. Для уточнения условий накопления и промерзания построены кривые изменения гранулометрического состава по разрезам, динамическая диаграмма Р. Пассеги для каргинско-сартанских и голоценовых отложений.

Частая, волнистая крупная и тонкая, наклонная, косая и линзовидная слоистость пород, слоистость волновой ряби из намытых мхов - "войлока", вместе с гранулометрической характеристикой свидетельствуют о накоплении в аллювиальной обстановке с изменением интенсивности водотока - на прирусловых отмелях, пляжах и низкой пойме. Накопление пылеватой фракции, частично, обусловлено криогенным выветриванием, сопровождавшим накопление, цикличное промерзание-протаивание и сингенетическое промерзание толщи вместе с ростом полигонально-жильных льдов.

Работа выполнена при поддержке грантов № 18-35-00031 "Реконструкция локальной изменчивости геокриологических условий в голоцене на основе анализа криолитологического строения отложений и ботанического состава торфа хасыреев севера Западной Сибири"; № 18-05-60222 Арктика "Криогенные рельефообразующие процессы Арктических равнин с подземными льдами в условиях современных климатических колебаний вдоль Карской субширотной трансекты".

Анализ изменения торфяника в северо-восточной части Пур-Тазовского междуречья по дистанционным и наземным данным мониторинга

Хайруллин Р.Р.¹, Хомутов А.В.^{1,2}, Дворников Ю.А.¹, Бабкин Е.М.¹, Бабкина Е.А.¹

¹Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, 625000, Россия

rustam93-93@bk.ru

²Тюменский государственный университет, Тюмень, 625003, Россия

akhomutov@gmail.com

Проведен анализ изменений рельефа участка торфяника в северо-восточной части Пур-Тазовского междуречья на севере Западной Сибири. Изучаемый участок представляет собой типичный для местности выпуклобугристый торфяник, расположенный в 5 км к западу от с. Газ-Сале Тазовского района ЯНАО и частично перекрытый автомобильной дорогой, построенной в 1994-1995 гг. Происходит значительное проседание межполигональных понижений и вытаявание полигонально-жилого льда (ПЖЛ). Для определения границ торфяных полигонов использовались данные спутниковых снимков и съёмки с беспилотного летательного аппарата (БПЛА).

Обработана статистика по 57 полигонам с 2005 по 2018 год. Из 57 полигонов в той или иной степени изменения площади за счет вытаявания ПЖЛ были отмечены у 35. За анализируемый период максимальными в абсолютном выражении стали разрушения двух полигонов на величину более чем 100 м², а в относительном – двух других полигонов на более чем 34% от изначальной площади каждого.

Разрушения межполигональных понижений развивалось нелинейно. На первом доступном снимке (QuickBird-2 от 02.09.2005 г.) небольшие просадки в основном встречаются не более чем в 10 м от дороги и заполнены водой, на следующем же по хронологии (WorldView-2 от 15.07.2016 г.) площадь увеличилась почти в 6 раз (с 204 до 1216 м²). В последующие 2 года (2016-2018 гг.) темпы разрушения были сопоставимы с предыдущим периодом 2005-2016 гг. На 06.09.2018 г. площадь вытаявших межполигональных понижений достигла 1994 м² (прирост за 2 года составил 778 м²).

При сравнении результатов тахеометрической съёмки и БПЛА-съёмки в сентябре 2017 г. значения площадей полигонов по ортофотоплану отличаются на 2,5-14,5 м² (в среднем 8,1 м²) в абсолютных значениях или на 1-8%. Практически все значения площадей полигонов по ортофотоплану больше, чем по данным тахеометрической съёмки. Сравнение тех же полигонов по результатам съёмок 2018 г. показало, что различие площадей стало в среднем меньше (всего 5,0 м²) при возросшем разбросе значений – от 0,5 до 18,0 м² (0,2-9,0%).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) в рамках научного проекта № 18-45-890013. В 2016-2017 гг. полевые работы организованы при поддержке Департамента по науке и инновациям ЯНАО и НП «Российский центр освоения Арктики».

Геотемпературное поле и мощность криогенной толщи в пределах Анабаро-Хатангской седловины

Мисайлов И.Е.

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

ventura-83@mail.ru

Изучение особенностей распространения многолетнемерзлых толщ (ММТ) и её параметров является необходимым условием для оценки инженерно-геологических условий при разработке месторождений полезных ископаемых.

Основной целью исследований являлось получение данных о геотемпературном поле и оценке мощности многолетнемерзлой толщи в пределах участка Хара-Тумус, расположенного на севере Красноярского края.

Район исследований расположен в пределах Анабаро-Хатангской седловины и административно относится к Таймырскому Долгано-Ненецкому муниципальному району в составе Красноярского края.

Климат района арктический. Среднегодовая температура воздуха 15-17° ниже нуля. Общее количество осадков за год достигает 350-400 мм.

Для характеристики температурного поля были проведены мерзлотно-геотермические исследования до глубины 1000м. Установлено, что в пределах исследуемого участка многолетнемерзлые толщи развиты до глубины 575 м.

Температура горных пород на глубинах 100, 300, 500 и 1000 метров соответственно равна -10,2; -7,2; -1,7 и 13,8 °С.

В подмерзлотном горизонте величина геотермического градиента варьирует от 2,9 до 3,5 °С/100м, а в интервале глубин 590- 1000м имеет среднее значение 3,2 °С/100м.

Определенные теплофизические свойства 42 образцов характеризуются широким диапазоном их изменений. Так, коэффициент теплопроводности варьирует от 0,33 до 2,23 Вт/(м•К), а объёмный вес скелета – от 1615 до 2797 кг/м³.

По полученным данным рассчитана величина внутриземного теплового потока в подмерзлотном горизонте, которая составляет 46,5 мВт/м².

Структурно-текстурные признаки фронтального роста полигонально-жильных льдов

Тихонравова Я.В.

Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия

tikh-jana@yandex.ru

В 1955 г. А.И. Попов выдвинул гипотезу фронтального роста полигонально-жильного льда. Его гипотеза дополняет контакционную теорию формирования жил. Гипотеза основана на представлениях о нарастании жил сверху за счёт примораживания снега и льда в возникающей горизонтальной полости на границе сезонно-талого слоя и мёрзлых пород. В доказательство А.И. Попов выдвинуты 7 морфологических признаков такого роста жил: 1) «элементарные жилки рассекают прозрачный или белый непрозрачный лёд»; прозрачный лёд – лёд линзы в горизонтальной трещине, а непрозрачный – снежный лёд и преобразованный прозрачный лёд под влиянием сжатия; 2) минеральные примеси рассеяны во льду, что говорит о попадании их в тело жилы не только путём проникновения с водой в морозобойную трещину; 3) выпуклая линза «чистого» льда на верхней поверхности ледяных жил частично затронутая или не затронутая элементарными жилками; 4) слоистость вмещающих полигонально-жильный лёд пород меняет плавный изгиб в центре полигона на крутой у контакта со льдом; плавный изгиб слоёв возникает в процессе деформации изгибы при охлаждении пород, ведущей к образованию горизонтальных трещин на краях полигона; крутой изгиб обусловлен отжатием пород ледяными жилами; 5) валики, ограничивающие полигоны, расположенные над полигонально-жильными льдами, образуются не только от выжимания грунта при расширении ледяных жил, а, возможно, связаны с плавным изгибом слоёв внутри полигона; 6) чередование минеральных слоёв и торфяных линз в разрезе полигонов объясняется не изменением высоты покровов, а «закономерным саморазвитием ледо-органоминерального комплекса»; 7) зубчатый контакт полигонально-жильного льда и вмещающей породы; зубчики (плечики) представляют собой «острые концы ледяных линз «чистого» льда», остальная часть этих линз переработана элементарными жилками.

П.А. Шумским критиковал приведённые морфологические признаки, прозрачную линзу льда над полигонально-жильным льдом, что является основным признаком гипотезы А.И. Попова, он отнёс к термокарстово-пещерному (термокарстово-полостному) льду и не признал доказательством фронтального роста.

На Пур-Тазовском междуречье в расчистке голоценового торфяника была вскрыта сингенетическая жила шириной 3,0 м, высотой от поверхности >4,0 м. В строении жилы выделены плечики, каймы прозрачного льда, термокарстово-полостные льды в кровле. Анализ структурно-текстурных особенностей элементов строения жилы показал признаки не только морозобойного растрескивания – элементарные жилки льда, но и фронтального роста, т.е. нарастание жилы сверху за счёт другого генетического типа льда, в данном случае термокарстово-полостного льда. Свидетельством вхождения термокарстово-полостного льда в состав полигонально-жильного льда послужили следы пересечения элементарными жилками этого типа льда, что было зафиксировано в структуре льда жилы. Наличие слоёв термокарстово-полостных льдов, пробитых элементарными жилками, также свидетельствует о сочетании и одновременном (в геологическом смысле) проявлении морозобойного растрескивания зимой и термокарста в летний период, а также повторяемости этих процессов. В плечевой зоне жилы ранними исследованиями также были выявлены термокарстово-полостной и сегрегационный льды. Таким образом, при помощи оценки структурно-текстурных особенностей вскрытой жилы подтверждены 3, и частично 1 признаки фронтального роста, 7 признаков остаётся спорным. Дальнейшие исследования жил льда следует продолжать, привлекая другие методы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-35-00031.

Моделирование динамики арктической растительности на основе современных статистических методов

Шаповалова К.О., Жильцова Е.Л.

Государственный гидрологический институт, г. Санкт-Петербург

X-sha@yandex.ru

Наземные и спутниковые наблюдения указывают на значительное увеличение продуктивности арктических биомов в последние десятилетия. Важной задачей является определение климатообусловленной составляющей наблюдаемых изменений. Для решения этой задачи нами были построены статистические модели продуктивности растительности с дифференциацией по растительным зонам в Европейском, Западно-Сибирском и Восточно-Сибирском секторах Арктики. Анализировались временные ряды индекса NDVI с разрешением 16 км и временным шагом 1 неделя, полученные со спутников NOAA за период 1982-2018 гг., которые сравнивались с рядами температурных характеристик и осадков по данным архива CRU-TS3.26. Рассматривались следующие растительные зоны: полярная пустыня, северная и южная тундра, северная, средняя и южная тайга. При построении моделей в каждой зоне и секторе помимо традиционных многофакторных регрессий использовались современные алгоритмы, в том числе алгоритм случайного дерева и случайного леса.

На первом шаге был проведен анализ различных климатических предикторов на основе температурных и влажностных характеристик и получены количественные оценки информативности каждого из них. В качестве предикторов рассматривались суммы вегетационных температур (температуры выше 5 градусов), температуры отдельных месяцев в период с мая по август, сезонные суммы осадков и параметр сухости, определяемый как отношение вегетационных температур к сумме осадков. Анализ показал, что информативность предикторов различается в рассмотренных трёх секторах и растительных зонах Арктики. В многомерных регрессионных моделях в большинстве случаев наиболее информативными предикторами являются суммы вегетационных температур и температура августа. При этом, что увлажнение, как правило, не является лимитирующим фактором, определенную роль играют зимние осадки. Модели, основанные на алгоритме случайного леса, также в качестве основных предикторов выделяют суммы вегетационных температур, температуру августа и сумму зимних осадков.

В результате были построены верифицированные и откалиброванные модели продуктивности растительности, которые с высокой точностью воспроизводят динамику продуктивности в каждой из рассмотренных растительных зон. Эти модели были использованы совместно с ансамблевой климатической проекцией CMIP5 для прогноза продуктивности арктической растительности на период до середины 21 века. Результаты указывают на то, что в отдельных зонах продуктивность арктической растительности может увеличиться до 30% от ее современной величины.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 18-05-60005.

Температурный режим воздуха и пород в горных районах Северо-Восточной Сибири

Сысолятин Р.Г., Сериков С.И., Железняк М.Н., Рожина М.С.

Институт мерзлотоведения СО РАН, Якутск, Россия

robertseesaw@gmail.ru

Северо-Восточная часть России является одной из наиболее слабо изученных территорий. Её территория представлена горными областями и обширными низменностями (равнинами) примерно в равном соотношении. Крупнейшие месторождения полезных ископаемых приурочены в основном к горным районам, как и наиболее сложные участки линейных сооружений. В подобной ситуации, для стабильного и качественного развития региона необходим анализ и долгосрочный прогноз инженерно-геологических условий. Важнейшим параметром характеристики грунтов и горных пород, в области сплошного распространения многолетнемерзлых пород является температура.

Исследованием температурного режима глубоких горизонтов горных пород в Северо-Восточной Сибири занимались – В.Т. Балобаев, В.Н. Девяткин. Они охарактеризовали район как зону с высокими значениями внутреземного теплового потока (до 120 мВт/м²). В то же время именно здесь, на склонах хребта Сунтар-Хаята расположена единственная область развития современного оледенения. Её изучением занималась высотная геофизиологическая станция под руководством Н.А. Граве (Граве, 1961, 1962; Гаврилова, 1963; Корейша, 1963).

В 2010 году Институтом мерзлотоведения им. П.И. Мельникова создана наблюдательная сеть из логгерных датчиков на ключевом участке в пределах хр. Сунтар Хаята. Располагаясь в центральной части Верхояно-Колымского складчатого пояса, хребет Сунтар Хаята является главной орографической структурой региона. Непосредственно ключевой участок расположен в пределах 62-63° С.Ш. и 132-133° В.Д., и занимает площадь порядка 20 кв.км. Абсолютные отметки вершин могут достигать 2200 м. (г. Атласова) в основном располагаясь в пределах 1850-1950 м.

Основной задачей наших исследований являлась характеристика температурного режима горных пород в пределах слоя годовых теплооборотов. Для этого мы оборудовали наблюдательную сеть из 10 площадок для наблюдения температуры пород на глубине 1 метр, 3 скважины на аллювиально-гляциальных отложениях глубиной 4 и 5 метров, скважину на рудопроявлении Лазурное на глубинах 1, 5, 10 и 15 метров. Для выявления воздушных температурных инверсий оборудованы площадки на высотах 1850, 1400, 1200 и 850 метров.

Так же в процессе анализа полученного материала оценена роль влияния климатических изменений, выполнен расчет корреляционных связей с температурой пород с температурой воздуха на ближайшей метеостанции (м/с Восточная).

Важное значение на межгодовую изменчивость температуры пород в горных областях Сибири оказывают, значительные межгодовые колебания температуры воздуха за счет холодных (летних) или более теплых (зимних) отдельных периодов, а также время образования устойчивого снежного покрова. Так, в более холодные 2012- 2013 годы и более поздний период формирования снежного покрова в 2014-2015 годах сформировали тенденцию понижения среднегодовой температуры пород в деятельном слое практически во всех ландшафтных условиях.

Влияние мохового покрова на термический режим грунта по данным измерений на Зап. Шпицбергене

Сосновский А.В., Осокин Н.И.

Институт географии РАН, Москва

sosnovsky@igras.ru, osokin@igras.ru

Для исследования реакции многолетнемерзлых пород на текущие изменения климата и разработки методов снижения деградации многолетней мерзлоты необходимо изучение влияния напочвенных покровов на термический режим грунтов. Моховой покров является важным фактором в теплообмене в системе атмосфера – грунт. Его влияние наиболее значительно в арктических районах при небольших положительных температурах воздуха. Наблюдения и расчеты показывают, что на участках где отсутствует моховой покров быстрее происходит деградация многолетней мерзлоты. Поэтому актуальным является исследование влияния мохового покрова разной толщины на термический режим грунта при разных температурах воздуха и атмосферных явлениях, определение коэффициента теплопроводности мха.

Представлен анализ результатов измерений температуры грунта под моховым покровом толщиной 1 см и 5 см в районе поселка Баренцбург. На участках с моховым покровом на поверхности грунта и в грунт на глубину 70 – 90 см были помещены термохроны с интервалом 10 – 20 см. Дополнительно измерялась температура воздуха на высоте 10 см над моховым покровом. Запись температуры грунта и воздуха проводилась с интервалом 30 минут. При обработке результатов измерений была определена динамика температуры грунта при различных метеоусловиях – разной величине солнечной радиации и наличии осадков. Установлена динамика температуры грунта на разных глубинах в период наблюдений. Получены данные по влиянию температуры воздуха на температуру грунта при разной толщине мха.

Дана оценка влияния мохового покрова на динамику протаивания многолетней мерзлоты. Проведено сравнение теплопроводности мохового покрова и грунта. Выполнено сравнение влияния мохового покрова на температурный режим грунта с данными численных экспериментов.

Благодарности: экспедиционные исследования на архипелаге Шпицберген выполнялись при финансовой поддержке госзадания 0148-2017-0005 и логистической помощи Российского научного центра на Шпицбергене, обработка и анализ экспериментальных данных проведены в рамках фундаментальных научных исследований по проекту № 0148-2019-0004, математическое моделирование и анализ численных экспериментов выполнены при поддержке гранта РФФИ № 18-05-60067.

Суровость современных температурно-ветровых условий в Сибирском Заполярье

Максютова Е.В.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск

emaksyutova@irigs.irk.ru

Географическое положение Сибирского Заполярья (в пределах 66–162° в.д. севернее Полярного круга) предопределяет суровость климатических условий. Совместное воздействие отрицательных температур и скорости ветра на тепловое состояние открытой поверхности тела человека рассматривается по показателю жесткости погоды Арнольди (ТА) для средних условий рабочего дня (в срок ближайший к 13 ч. местного времени). Наиболее существенное влияние погодных условий отмечается при пороговых величинах этого показателя: ограничивающих (от 30 до 45 единиц) и запрещающих (более 45 единиц) пребывание человека на открытом воздухе, а также продолжительность этих периодов.

В результате повышения средних месячных температур отмечается снижение показателя жесткости погоды в Сибирском Заполярье. Наименьшее число дней, ограничивающее пребывание человека на открытом воздухе, отмечается в субарктических тундровых и субарктических лесотундровых ландшафтах к западу от 80 в.д. Усиление суровости климата к востоку от 80 в.д. подчиняется закономерностям формирования температурно-ветрового режима этих территорий. В межгорных понижениях с длительными застойными явлениями, наиболее жесткие условия объясняются резкими сезонными изменениями температуры воздуха.

Для гидрометеорологической станции Верхоянск рассмотрена динамика числа дней с ограничением работ на открытом воздухе, их изменения и экстремальность проявления. Повышение температуры воздуха отражается в статистически значимых колебаниях пороговых величин жесткости погоды – сокращении запрещающих и росте ограничивающих дней пребывания человека на открытом воздухе с октября по апрель (с 1966/67 по 2017/2018 гг.). Для временного отрезка с 1981/82 по 2017/18 гг. сохраняется статистически значимое сокращение числа дней $ТА > 45$ единиц при уменьшении вклада тренда.

За длительные многолетние периоды (1936-1964, 1966-2018, 1981-2018 гг.) колебания средних величин с ограничением работ на открытом воздухе не особенно заметны. Большую роль играют межгодовые колебания с амплитудами 51 ($ТА > 45$ единиц) и 46 дней ($ТА = 30-45$ единиц) с октября по апрель с 1966/67 по 2017/2018 гг. За менее длительный период (с 1981/82 по 2017/18 гг.) они снижаются до 46 и 43 дней соответственно. За холодную часть года с 1966/67 по 2017/2018 гг. отмечались экстремумы (более 2 стандартных отклонений ряда) пороговых величин жесткости погоды: запрещающих – 77 и 26 дней, ограничивающих – 94 и 98 дней.

Автор выражает глубокую благодарность Людмиле Базарсадаевне Башалхановой, старшему научному сотруднику Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН за научное сотрудничество.

Распространение, морфология и динамика русел и гидрологические процессы на малых четковидных реках криолитозоны

Тарбеева А.М.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

В зоне распространения многолетнемерзлых пород деятельность флювиальных процессов существенно осложняется влиянием криогенных, и наоборот, но закономерности этого взаимовлияния исследованы недостаточно. Четковидные русла малых рек, представляющие собой чередование озеровидных расширений и узких протоков, считаются результатом совместной работы водного потока и термокарста. Такие русла представляют собой важный компонент ландшафтов криолитозоны, обеспечивая места зимовки водных организмов. В докладе приводится обобщение результатов полевых наблюдений на малых четковидных реках Аляски, Ямала, Якутии и Чукотки, проведенных в последние годы.

Четковидные русла наблюдаются на реках с площадями водосборов до 400 км², уклонами менее 0,01, дренирующих низменности и равнины, сложенные рыхлыми отложениями, содержащими полигонально-жильные льды, но встречаются и там, где такие льды отсутствуют, в том числе вдоль южной границы криолитозоны и современных степей.

Характерным элементом русла являются расширения-четки шириной 5-40 м, глубиной 1-5 м. С ростом водности реки, размеры четок увеличиваются, они становятся вытянутыми, что связано с увеличением роли потока в их формировании. На малых реках четки являются осложняющим элементом меандрирующих или прямолинейных русел.

Благодаря стратификации воды в межень, и хорошему перемешиванию в половодье, четки глубиной более 1,5 м не промерзают до дна, а под руслом образуются локальные талики мощностью 1-3 м, тогда как сужения русла перемерзают полностью. В песчаных отложениях с глубоким сезонным протаиванием зимой над четками под действием криостатического напора формируются ледовые купола, которые периодически растрескиваются, приводя к разрушению берегов и образованию наледи.

Четковидные русла первых порядков обычно достаточно стабильны. Однако на меандрирующих реках, осложненных четками, наблюдается заполнение отдельных расширений и образование новых, а также спрямление излучин. В Центральной Якутии заметны проседания грунта по периферии четок, свидетельствующие об их динамике. На Ямале встречаются расширения русла, полностью заполненные наносами, что связано с регрессивной эрозией в днище долины.

Наличие четковидных русел за пределами современной криолитозоны или при малой льдистости мерзлых пород может быть реликтовым, но возможно и наличие других механизмов формирования четок, которые пока исследованы недостаточно.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проекты №17-05-01287 и 18-05-60036).

Изменение ледовитости Берингова моря как фактор динамики берегов

Маслаков А.А.¹, Шабанова Н.Н.¹, Комова Н.Н.¹

¹ *Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва.*

Побережье Берингова моря более чем на половину сложено многолетнемерзлыми породами, восприимчивыми к изменению температуры воздуха и волновому воздействию. Наблюдаемая динамика участка морского берега в районе пос. Лорино (Чукотский п-ов, западное побережье Берингова моря) демонстрирует рост скоростей отступления берега в последние годы (2010-2018) по сравнению с предыдущими десятилетиями (1967-2010) практически на порядок. Такое стремительное изменение вызвано снижением ледовитости моря и увеличением периода открытой воды, которые способствуют увеличению длины разгона волн и расширением сроков волнового воздействия на берег соответственно. По состоянию на март 2018 года, Берингово море было практически полностью открыто от воды, чего не наблюдалось за историю инструментальных наблюдений.

В данном исследовании проводился анализ изменения ледовитости моря и его сравнение со скоростями отступления берега. Продолжительность безледного периода была определена объективным методом на основе информации спутниковых снимков с использованием продукта Датского метеорологического института EUMETSAT, который обладает максимальным временным охватом (1979 – 2014) и наилучшим (по сравнению с другими источниками анализа спутниковой информации) пространственным разрешением (около 12 км). На основе полученных данных, а также с использованием данных по скорости и направлению ветра, методом Попова-Совершаева была рассчитана динамика ветро-энергетического потенциала, характеризующего количество волновой энергии, приходящей к берегу со стороны моря.

Результаты демонстрируют уверенное увеличение периода открытой воды в районе Лорино как осенью, так и весной. При сохранении этой тенденции ожидается продолжение роста скорости отступления морских берегов, что приведёт к разрушению прибрежных инженерных сооружений в ближайшие годы.

Исследование было выполнено в рамках гранта РФФИ (Проект №18-35-00192).

Подлёдный рельеф прибрежной части Антарктиды в секторе 60° в.д. – 95° в.д. по отечественным данным, полученным в период 31 САЭ – 64 РАЭ (1985 – 2018 гг.)

Попов С.В.^{1,2}, Соболева О.Б.¹, Киселёв А.В.¹, Масолов В.Н.¹

¹АО «Полярная морская геологоразведочная экспедиция», Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Первые отечественные комплексные геолого-геофизические исследования прибрежной части Восточной Антарктиды на землях Мак-Робертсона, Принцессы Елизаветы, Вильгельма II и Королевы Мэри выполнялись в 17 – 19 САЭ (1971 – 74 гг.) в ходе операции «Эймери». Помимо прочего, работы включали в себя аэролокационное профилирование и сейсмические зондирования МОВ. По их результатам получены первые представления о строении ледника, подлёдном рельефе, и рельефе дна под шельфовым ледником Эймери. Плановые исследования этого района после некоторого перерыва начались в сезон 31-й САЭ (1985/86 г.) и продолжаются по настоящее время. В ходе работ выполняются комплексные аэрогеофизические съёмки, включая радиолокационное профилирование с межмаршрутным расстоянием 5 км (с 1986 г.). В период с 2004 г. по 2014 г. в этом районе осуществлялись наземные радиолокационные исследования вдоль трасс следования санно-гусеничных походов «Мирный – Восток» и «Прогресс – Восток». Они сопровождались гляциологическими и геодезическими наблюдениями. Наземные данные, как наиболее надёжные, дополняли аэрогеофизические. Проведённые работы позволили выявить особенности строения ледника и подлёдной топографии обширной прибрежной области Восточной Антарктиды в секторе 60° в.д. – 95° в.д. в среднем на 500 км вглубь континента. В докладе представлены схемы мощности ледникового покрова и подлёдного рельефа указанной территории.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ №17-55-12003 ННИО «Динамика ледника, подлёдная гидрология и долговременный баланс масс района озера Восток на основе комплексного анализа геодезических GNSS наблюдений и радиолокационных данных».

Влияние снежных лавин на инфраструктуру в Арктике в условиях меняющегося климата

Турчанинова А.С., Селиверстов Ю.Г., Сократов С.А., Глазовская Т.Г.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Установлено, что площадь лавиноактивных районов в Арктической зоне РФ превышает 850 тыс. кв. км. Снежные лавины встречаются на всех островах Российской Арктики, имеющих расчлененный рельеф – на Земле Франца-Иосифа, Новой Земле, Северной Земле и в горах о. Врангеля; в горах Кольского полуострова; на Полярном Урале; в горах Путорана и Бырранга; в горах Северо-Востока России. Установлено, что случаи гибели местных жителей и туристов в лавинах в Арктической зоне России регулярно происходят в Хибинах, отмечены в Мончетундре, Ловозерских тундрах, в Мурманске, на Полярном Урале, на плато Путорана, в Эгвекиноте. Обрушения лавин происходят в черте г. Кировск, в районе г. Норильск. Разрушение инфраструктуры отмечалось в г. Кировске, г. Талнахе, в поселках Эгвекинот, Провидения, Беринговский. Лавины оказывают негативное влияние на работу предприятий в Хибинах, на плато Путорана и Чукотке. Лавины сходят на автодороги Иультин - Эгвекинот, Провидения – Урелики, Провидения – Новое Чаплино и расположенные вдоль них линии электропередачи. Выполнена оценка изменений показателей лавинной активности (средних значений многолетней максимальной декадной высоты снежного покрова, числа дней со снежным покровом, продолжительности лавиноопасного периода и повторяемости лавин) с учетом изменения климата до конца XXI в. Предложена и апробирована методика учёта лавинной опасности при территориальном планировании в Арктической зоне РФ, предполагающая составление планов лавиноопасных зон, которая позволит сократить стоимость капитального строительства и повысить эффективность противолавинных мероприятий. Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ № 18-05-60080 «Опасные нивально-гляциальные и криогенные процессы и их влияние на инфраструктуру в Арктике».

Надмерзлотные соленые воды на территории г. Якутска, их особенности формирования и режима

Данзанова М.В., Павлова Н.А., Огонеров В.В.

ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

Для Якутска, одного из крупнейших городов, построенных на многолетнемерзлых грунтах, мощность которых достигает 300 метров и более, наличие надмерзлотных вод в деятельном слое способствует увеличению обводненности грунтов, вызывая развитие негативных криогенных процессов, таких как пучение, термопросадки и другие. В условиях слабого водообмена создаются благоприятные условия для формирования высокой засоленности пород и трансформации химического состава концентрирующихся поровых растворов. В замкнутых системах процессы промерзания и протаивания определяют тепловое состояние грунтов, их свойства, засоленность пород и химический состав поровой воды. В таких условиях могут формироваться надмерзлотные воды, имеющие отрицательную температуру водовмещающих пород и высокую минерализацию (криопэги). На территории города Якутска линзы соленых надмерзлотных вод разной мощности распространены, как правило, в кварталах ранней деревянной застройки, на площадях, прилегающих к дорогам и засыпанным ложбинам стока. На таких участках при бурении криопэги вскрывают до глубины 6-10 м (иногда до 17-20 м), минерализация воды в них изменяется в широких пределах от 2-4 до 200 г/дм³, а температура вмещающих грунтов - от минус 0,2 до минус 8°С. Неоднородность грунтового массива, наличие супесчано-суглинистых горизонтов в слое годовых теплооборотов определяет ярусное строение надмерзлотных и межмерзлотных криопэгов на территории г. Якутска. В статье приведены результаты многолетних исследований на научном полигоне, расположенном в окраинной части города, где развиты надмерзлотные и межмерзлотные воды повышенной минерализации (от 4 до 25 г/дм³). Рассмотрены особенности макро- и микрокомпонентного состава подземных вод, уровня режима в годовом и многолетнем циклах, выявлены природные и климатические условия, способствующие формированию надмерзлотных и межмерзлотных криопэгов и увеличению их минерализации.

Особенности распределения фтора в подмерзлотных водах Центральной Якутии

Павлова Н.А., Федорова С.В.

Институт мерзлотоведения им П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск

В Центральной Якутии широко распространены пресные и слабосоленоватые подмерзлотные воды. Несмотря на значительные запасы, эти воды используются в основном для технических целей из-за высокой концентрации в них фтора. При изучении фтороносных вод в разных регионах мира большинство исследователей связывают высокие содержания этого элемента с растворением флюорита и его десорбцией из водовмещающих пород в условиях щелочной среды и низкой концентрации кальция. Среди факторов, способствующих накоплению фтора в подземных водах, называют также испарительное концентрирование, ионный обмен, антропогенное загрязнение подземных вод. Для изучения распределения фтора в подмерзлотных водоносных горизонтах Центральной Якутии были обобщены данные гидрохимического опробования разведочных и эксплуатационных скважин, пробуренных в г. Якутске и прилегающей территории.

Выявлено, что в рассматриваемом районе повышенные концентрации фтора (4,1–11,7 мг/дм³) отмечаются в подмерзлотных водах водоносных комплексов нижней и средней юры. Это слабощелочные или щелочные ($\text{pH} \geq 7,5\text{--}9,0$) воды, преимущественно гидрокарбонатно-натриевого состава. Содержание в них кальция, который мог бы образовывать со фтором вторичные минералы, редко достигает 2% от суммы катионов. Локальное повышение концентрации фтора (до 12,3 мг/дм³) наблюдается в подземных водах нижнеюрского водоносного комплекса в районе выступа кристаллического фундамента Якутского сводового поднятия. Здесь на породах архея (глубина 560–600 м) залегают мезозойские отложения, а водоносные комплексы кембрия отсутствуют. В меньшей степени обогащены фтором подземные воды, в которых наряду с гидрокарбонатными доминируют сульфатные ионы, а катионный состав смешанный. Такие воды приурочены к карбонатным отложениям кембрия и протерозоя. Прямой зависимости содержания фтора в подмерзлотных водах от современной мощности многолетнемерзлых пород и глубины залегания водоносных горизонтов не прослеживается. Однако исключать влияния процессов многолетнего промерзания-протаивания водовмещающих пород на накопление фтора в воде нельзя. Это влияние выражается в формировании специфической геохимической среды, формирующейся под действием криогенных процессов: 1) выпадение в осадок карбонатов кальция при промерзании водоносных комплексов; 2) таяние ультрапресного льда преимущественно натриевого состава в современный период.

Каталог ледниковых озёр Центрального Кавказа по состоянию на 2017-2018 гг.

Бондарев С.А., Петраков Д.А.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Отступление ледников на Центральном Кавказе способствует формированию ледниковых озёр. При их прорыве возникают паводки, способные трансформироваться в селевые потоки. Поэтому актуальна периодическая каталогизация таких объектов с оценкой вероятности их прорыва.

Для составления каталога ледниковых озёр использовались снимки Sentinel-2 (2018 г.), SPOT-6 (2017 г.), цифровая модель рельефа (ЦМР), построенная по стереопаре SPOT-6 и ЦМР ASTER GDEM.

С помощью автоматизированного и визуального дешифрирования определены контура 105 озёр, расположенных в высотном диапазоне от 1300 до 3900 м. Суммарная площадь озёр оценивается в 1 км² ($\pm 14\%$). Объём озёр оценивался на основе эмпирической зависимости от площади, полученной по региональным данным [1]. Суммарный объём составил 6000 тыс. м³ ($\pm 30\%$).

Для каждого озера оценены: положение относительно ледника, тип водоудерживающей подпруды, характер дренажной системы, превышение гребня перемычки озера над урезом воды, каскадность озёр в горной долине и возможность воздействия на озеро склоновых процессов. Эти факторы влияют на вероятность прорыва озера [3]. Для оценки опасности дополнительно учитывался объём озера [1].

Сопоставление вероятности и опасности прорыва говорит о преобладании среднеопасных озёр. Выделяются озера с высокой степенью вероятности прорыва, расположенные в Южной Осетии и имеющие средний уровень опасности. До сих пор потенциально опасны Башкаринские озера, имеющие средние вероятность и опасность прорыва.

Сведения современного каталога озёр отличаются от предыдущей инвентаризации, зафиксировавшей 71 озеро [2]. Увеличение количества озёр, вероятно, связано с деградацией ледников в регионе.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 18-05-00520.

Источники и литература

1. *Кидяева В.М.* Оценка потенциальной опасности при прорывах горных озёр. Диссертация на соискание ученой степени к.г.н. МГУ имени М.В. Ломоносова. Москва, 2014.
2. *Шахмина М.С., Тутубалина О.В., Черноморец С.С.* База данных современных приледниковых озёр центральной части Северного Кавказа // Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий. Материалы VI Международной конференции 28-30 мая 2007 г. – Терек Владикавказ, 2007. – С. 303–304.
3. *Petrov M.A., Sabitov T.Y., Tomashevskaya I.G., Glazirin G.E., Chernomorets S.S., Savernyuk E.A., Tutubalina O.V., Petrakov D.A., Sokolov L.S., Dokukin M.D., Mountrakis G., Ruiz-Villanueva V., Stoffel M.* Glacial lake inventory and lake outburst potential in Uzbekistan // Science of the Total Environment. 2017, №592, p. 228-242.

Изменение лавинного риска в Хибинах за последние 10 лет

Викулина М.А.

*Кафедра криолитологии и гляциологии Географического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова*

Хибины в настоящее время один из самых динамично развивающихся регионов Арктики. Данный район уникален долгосрочным рядом наблюдений за лавинами, связанным с промышленным освоением гор с начала XX века. Хотя высота Хибин относительно невелика (около 1000м), зоны зарождения лавин имеют значительную крутизну и составляют в среднем 35-50 градусов. Частая повторяемость метелей, значительная снежность, продолжительный лавиноактивный период приводят к тому, что лавины угрожают горнодобывающей и туристической инфраструктуре, населенным пунктам, местным жителям и туристам.

Последнее десятилетие характеризуется изменениями в горнодобывающей промышленности. Районы добычи апатитовой руды расширились, появились новые транспортные коммуникации. Одновременно с этим в регионе происходит ежегодное увеличение туристического потока. Если в 2008 году количество приезжих в Хибины было порядка 25000 человек, то на данный момент по некоторым подсчетам это 65000. В связи с этим оценка динамики лавинного риска в регионе является критически важной. Вместе с тем бывшая лавинная служба ЦЛБ ОАО «Апатит», существовавшая в Кировске с 30-х годов прошлого века, была реорганизована. На данный момент существует несколько служб, занимающихся обеспечением лавинной безопасности, но они работают не согласовано при нехватке квалифицированного персонала.

Оценка социального лавинного риска была проведена в Хибинах в 2008 и 2018 годах в масштабе 1: 200 000. Был рассчитан полный социальный (коллективный) и индивидуальный риск с использованием методики, основанной на сочетании социальных и природных показателей. Социальный риск показывает ежегодное количество погибших в результате лавинного воздействия. Индивидуальный лавинный риск - это вероятность несчастного случая со смертельным исходом на исследуемой территории в течение одного года.

Проведенная оценка позволила сделать вывод, что расчетные показатели лавинного риска в Хибинах выросли в 7 раз за последнее десятилетие. Это подтверждается и статистическими данными. Количество катастрофических событий, связанных с лавинами, растет с каждым годом и приближается к показателям на момент начала освоения горных территорий. Динамика лавинного риска ясно демонстрирует, что при развитии в регионе туризма и промышленности необходимо учитывать существование лавинной угрозы и принимать соответствующие меры.

Изучение распространения термоцирков в Ямало-Гыданской части Карской субширотной трансекты

Нестерова Н.Б.¹, Хайруллин Р.Р.², Хомутов А.В.^{1,2}

¹*Тюменский Государственный Университет, Тюмень, 625003, Россия*

n.b.nesterova@utmn.ru

²*Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, 625000, Россия*

akhomutov@gmail.com

Центральные части полуостровов Ямал и Гыданский характеризуются условиями, способствующими развитию криогенного оползания и термоденудации. Основными из них являются: сплошное распространение многолетнемерзлых пород и неглубокое залегание пластовых подземных льдов. Увеличение температуры пород, а также глубины сезонного протаивания может привести к интенсификации этих криогенных процессов.

Одним из этапов постепенного возрастания активности процессов термоденудации в центральной части полуострова Ямал является период активизации 2012-2013 гг. В районе геокриологического стационара «Васькины Дачи» в период с 2009 по 2018 гг., согласно полевым и дистанционным исследованиям, наблюдаются как активные, так и зарастающие термоцирки. По всей видимости, зарастающие термоцирки с признаками недавней активности могли возникнуть в предыдущие годы со схожими с 2012-2013 гг. условиями теплого сезона.

С целью инвентаризации существующих как активных, так и зарастающих термоцирков для Ямало-Гыданской части Карской субширотной трансекты с помощью сервиса Яндекс.Карты (<https://yandex.ru/maps/>) был произведен анализ мозаики космических снимков по состоянию на 2018 г., как наиболее качественных данных дистанционного зондирования Земли из общедоступных для территории исследования. Для полуострова Ямал отмечено 63 активных и 53 зарастающих относительно крупных термоденудационных форм. На Гыданском полуострове зафиксировано 169 активных и 166 зарастающих таких форм рельефа. Несмотря на трудность определения типа термоденудационных форм рельефа методом визуального дешифрирования по характерным индикационным признакам, большая часть этих форм рельефа были определены как термоцирки. Такая идентификация была подтверждена данными натурных исследований предыдущих лет.

Полученные результаты свидетельствуют о широком распространении термоденудационных форм рельефа на территории исследования. При этом термоденудационные формы, приуроченные к морским побережьям, в том числе, к заливам Карского моря, не учитывались, чтобы исключить формы рельефа, развивающиеся при действии волновой и ледовой активности моря. Выявленные термоцирки не простираются севернее 71,1° и южнее 69° с.ш.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-60222.

Содержанию метана в четвертичных отложениях и подземных льдах геокриологического стационара Марре-Сале (Западный Ямал)

Облогов Г.Е.^{1,2}, Васильев А.А.^{1,2}, Стрелецкая И.Д.³, Задорожная Н.А.¹

¹*Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия, oblogov@mail.ru*

²*Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия*

³*Московский государственный университет им. Ломоносова, Москва, Россия*

Большое количество метана, который является одним из основных парниковых газов (парниковая активность метана в 20-25 раз выше, чем у углекислого газа), производится и аккумулируется в зоне распространения многолетнемерзлых пород – криолитозоне. В настоящее время имеется сравнительно мало информации по прямым оценкам содержания метана в области криолитозоны. Результаты, полученные авторами в районе геокриологического стационара Марре-Сале (западное побережье полуострова Ямал, район сплошного распространения многолетнемерзлых пород), дополнили статистические данные по содержанию метана в четвертичных отложениях и подземных льдах региона. Новые данные позволили проанализировать происхождение метана верхнего слоя криолитозоны и уточнить генезис подземных льдов. Количество и происхождение метана в породах и льдах криолитозоны является индикатором условий криогенеза, отражает изменения климата Арктики в прошлом и настоящем. Результаты работы могут быть использованы для оценки эмиссии метана при деградации мерзлоты, в том числе на шельфе Арктических морей сложенном аналогичными четвертичными отложениями.

Образцы для определения содержания метана были взяты из разновозрастных повторно-жильных льдов района, пластовых льдов, мерзлых четвертичных отложений и из талых пород слоя сезонного оттаивания. Всего было отобрано свыше 400 образцов. Хорошо изученная авторами геолого-криолитологическая схема строения района отбора образцов позволила сопоставить данные по содержанию метана из разных геолого-генетических типах пород и подземных льдов. В результате выявлена закономерность содержания метана для пород разного состава и происхождения. Наибольшее содержание метана отмечено для мерзлых пород морского генезиса позднечетвертичного времени (до 6.8 мл/кг, в среднем 2.2 мл/кг). Наименьшее содержание отмечено для аллювиальных песчаных пород голоценового возраста (до 0.4 мл/кг, в среднем 0.06 мл/кг). Для пластовых льдов района отмечено достаточное высокое в среднем содержание метана при высокой вариабельности данных (до 10.2 мл/кг, в среднем около 1.5 мл/кг).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-60004.

Методология создания единой системы мониторинга криогенных процессов

Толманов В.А.

Кафедра криолитологии и гляциологии, Географический факультет

МГУ им. М.В. Ломоносова

vasilytolmanov@gmail.com (+79996772147)

Проблема мониторинга криогенных процессов, влияющих на трансформацию природной обстановки и устойчивости инфраструктуры, всегда находилась в центре мерзлотных исследований, однако до сих пор существуют большое количество нерешенных вопросов и дискуссионных моментов.

В природных экосистемах, практически во всех населенных пунктах Арктики и на подавляющем большинстве линейных систем контроль за мерзлотой не осуществляется; редкими исключениями являются структуры отдельных компаний. С появлением методик дистанционного зондирования изучение криогенных явлений и процессов акцентировано на площадные изменения, которые не позволяют оценить современный механизм развития процессов, выявить региональные особенности.

В связи с климатическими флуктуациями интенсивность криогенных процессов (в частности теплых: термокарст, термоэрозия, термоабразия, термоденудация) увеличилась, поэтому возникает вопрос изучения формирования криогенных процессов в «новой реальности» - в изменившихся условиях среды. Безусловно, ранее мерзлотоведами СССР и США проделана огромная работа по изучению механизма развития криогенных процессов, но для дальнейшего моделирования, а также прогноза их развития необходимо иметь непрерывные ряды прямых полевых наблюдений.

Существует несколько мощных программ, заложенных в 1990х годах, посвященных мониторингу термального состояния вечной мерзлоты: TSP и CALM. Эти программы охватывают результаты измерений температур мерзлоты в глубоких скважинах, а также данные по динамике сезонно-талого слоя, однако в настоящее время отсутствует стандартизированная (международная или национальная) система мониторинга криогенных процессов. Необходимым результатом является: выработка единых методик по долгосрочному мониторингу процессов, создание их современной классификации с позиции нахождения «спусковых механизмов» активизации.

Рассмотрены основные классификации криогенных процессов, выбраны параметры для модельного районирования, оценена возможность применения ранее разработанных методик наблюдений для создания сети.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ 18-05-60080 «Опасные нивально-гляциальные и криогенные процессы и их влияние на инфраструктуру в Арктике».

Метан как индикатор геокриологических процессов

Федин В.А.¹, Облогов Г.Е.², Стрелецкая И.Д.²

1. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

2. Институт криосферы Земли Тюменского научного центра СО РАН

В криолитозоне выведено из оборота большое количество сильнейшего парникового газа – метана. В воздушной и растворенной форме метан находился в отложениях до промерзания, а после промерзания законсервировался в мерзлых породах.

Авторами была детально описана и апробирована расчистка склона берегового обнажения Карского моря высотой 18 м в районе полярной станции Марре-Сале (западное побережье п-ова Ямал). Изначально предполагалось, что строение разреза будет хорошо согласовываться со строением зачисток береговых обнажений, расположенных в нескольких километрах южнее. Однако уже на стадии описания были выявлены значительные расхождения в верхней континентальной части толщи. Было высказано предположение о том, что данный участок уже протаивал в прошлом, а отложения являются переотложенными. На это указывает частое переслаивание отложений разного гранулометрического состава, сильная заторфованность, наличие большого числа пятен ожелезнений, затеки грунта, разнонаправленная тонкошлифовая криогенная текстура и гнезда льда, несогласное залегание отложений и др. Признаков, указывающих на оттаивания нижележащих морских глин, отмечено не было.

После лабораторных исследований было выявлено, что в верхней части разреза (до глубины около 9 м), метан в мерзлых отложениях практически полностью отсутствует (концентрация редко превышает 10 ppm). В мерзлых континентальных отложениях аналогичного состава в других изученных расчистках, значения концентрации метана в среднем составляли около 100-300 ppm. В глинистых отложениях морского генезиса в нижней части разреза концентрация метана изменялась в пределах от 3800 до 6500 ppm.

Таким образом показано, что такой параметр как концентрация метана можно использовать как индикатор происходивших геологических процессов. Концентрация метана в мерзлых отложениях указывает на вероятность их оттаивания и переотложения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-60080.

**Формирование каналов стока при прорывах озер оазисов холмы Ларсеманн (Восточная Антарктида, район российской станции Прогресс)
Пряхина Г.В.¹, Попов С.В.^{2,1}, Четверова А.А.^{1,3}, Боронина А.С.¹**

¹*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*

²*АО «Полярная морская геологоразведочная экспедиция», Санкт-Петербург, Россия*

³*Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, Россия*

Прорывные явления широко распространены на водных объектах оазиса Холмы Ларсеманн (Земля Принцессы Елизаветы, Восточная Антарктида), характеризующегося обилием озер и неразвитой дренажной сетью. Прорывы на территории оазиса случаются ежегодно. Формирование прорывных паводков происходит в весенне-летний период через каналы и временные водотоки в снежно-фирновых плотинах подпруживающих озёра. Эти явления происходят в периоды максимального таяния ледников и снежников, сток с которых попадает в водоёмы, вызывая тем самым резкое повышение уровня воды. Чаще всего, причиной возникновения прорыва является разрушение снежно-ледовых плотин.

Благодаря различиям в генезисе водоемов каналы могут быть представлены различными типами: открытые канала на леднике, имеющие ледяное русло; туннели через снежники, промытые до минерального основания, частично открытые, частично имеющие снежно-фирновую кровлю; каналы без четкого выраженного русла, так называемые «голубые пятна».

В докладе представлены характерные типы каналов, формирующиеся при прорывах озер холмов Ларсеманн, результаты геофизических работ методами георадиолокации, которые позволили зафиксировать состояние снежно-фирновой толщи и выявить границы формируемого канала прорыва озера Прогресс, а также феноменологическая модель формирования канала прорыва через снежно-фирновую толщу. В качестве исходных материалов использовались результаты собственных исследований, полученные в ходе полевых сезонов 2017-2019 гг.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ №18-05-00421 «Особенности формирования и развития паводков подледниковых водоёмов Антарктиды».

Опыт применения метода оптически стимулированной люминесценции для датирования отложений криолитозоны

Яковлева М.О., Рогов В.В., Курбанов Р.Н.

Географический факультет МГУ, Москва, Россия

Оптически стимулированная люминесценция (ОСЛ) – современный активно развивающийся и широко применяющийся метод абсолютного датирования. Он основан на определении времени, когда минерал в последний раз был подвержен влиянию света. В качестве дозиметра выступают повсеместно распространенные минералы – кварц и полевой шпат.

Несмотря на то, что ОСЛ датирование на сегодняшний день признано одним из наиболее релевантных методов определения возраста четвертичных отложений, его применение в зоне распространения мерзлых пород носит локальный характер.

В данной работе описана методика отбора и лабораторной обработки образцов мерзлых пород образцов скважины №4 Восточно-Мессояхского нефтегазового месторождения, а также проблемы интерпретации полученных данных из-за специфических свойств минералов-дозиметров, процессов седиментации в криолитозоне и неоднозначности взглядов на палеогеографию севера Западной Сибири. Произведена корреляция полученных дат с морскими изотопными стадиями, существующей региональной стратиграфической схемой.

Полученные результаты позволили выявить сложности при работе с образцами мерзлых отложений, связанные с неполным обнулением сигнала, влиянием изолирующих свойств льда, наличием следов постседиментационных криогенных процессов.

Влияние количества жидких атмосферных осадков на температурный режим грунтов Центральной Якутии

Жирков А.Ф.

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск

zhirkov_af@mail.ru

В деятельном слое пород теплообменные процессы в значительной степени обусловлены циркуляцией приземного воздуха, количеством атмосферных осадков, растительным покровом, свойствами и характеристиками грунта. Важным фактором формирования теплового режима грунтов являются осадки, как твердые - в виде снега, так и жидкие - в виде дождя.

При движении воды в грунтах деятельного слоя процессы теплопереноса требуют тщательного изучения и анализа взаимосвязи теплообмена твердых и жидких составляющих. В криолитозоне с направлением движения воды совпадает передача тепла от поверхности до границы раздела талых и мерзлых пород. Поэтому обычная кондуктивная передача тепла в грунтах сопровождается теплотой, передаваемой породам из осадков с учетом их температуры на поверхности.

Для исследования данного вопроса, на научно-экспериментальном полигоне «Туймаада» Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, за теплые периоды 2014, 2015 и 2016 годов проведены натурные эксперименты, суть которых заключалась в различном режиме полива и контроле за термовлажностным режимом грунтов на этих участках. Одна из площадок имела естественный дождевальным режим полива, а другая – дополнительно орошалась водой. С помощью сравнения динамики температуры грунтов двух площадок ставилась задача количественно оценить влияние инфильтрации летних атмосферных осадков на температурный режим грунтов.

В результате эксперимента установлено, что при одновременном увеличении в 3 раза атмосферных осадков их отепляющее влияние на температурный режим грунтов в годовом цикле достигает от 0,2 до 1,7°С в слое годовых колебаний температур. Тем не менее, при условии увеличения количества летних атмосферных осадков довольно продолжительное время (3 и более лет), при прочих равных условиях, их влияние на температурный режим может носить охлаждающий эффект в локальных ограниченных участках, в условиях Центральной Якутии.

Акустическая и электромагнитная эмиссия как количественная мера деформации и разрушения пресноводного льда

Епифанов В.П.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук, evp@ipmnet.ru

Сегодняшнее освоение Арктики требует решения разнообразных проблем механики льда и ледяного покрова. Для изучения механизмов деформирования, разрушения и упрочнения льда, развития систем дистанционного мониторинга и прогноза состояния ледяного покрова, прогнозирования подвижки и схода ледников необходимо применение современных физических методов [1]. Понимание и количественное описание закономерностей деформирования и разрушения льда и ледяного покрова в различных масштабах требует проведения экспериментальных исследований в натуральных и лабораторных условиях, включая модельные испытания в ледовых бассейнах [2].

Нами предложен подход к анализу и оценке деформационных изменений структуры льда непосредственно в процессе механических испытаний. Непрерывный контроль деформационных изменений структуры льда осуществлялся с помощью акустических методов. Предложена реологическая модель, учитывающая изменение микроструктуры льда в процессе удара. Количественные определения деформационных изменений структуры в объёмных образцах льда были выполнены при интенсивной пластической деформации [3]. Рассмотрены закономерности эволюции структуры пресноводного льда в условиях гидростатического сжатия при сдвиге под действием сходящихся и расходящихся фронтов импульсов напряжений. Исследовано обтекание льдом препятствия, распределение скоростей в цилиндрическом канале, формирование промежуточного слоя вблизи поверхности шарового индентора при медленном ударе. Рассмотрено усиление пластичности льда при наложении упругих волн конечной амплитуды, включая кумулятивный эффект. Количественно определены деформационные изменения структуры льда непосредственно в процессе контактного разрушения [4].

Исследования, нацеленные на комплексное изучение деформационных изменений структуры льда при контактном разрушении, продолжены с помощью метода электромагнитной эмиссии. Исследуется формирование промежуточного слоя, структура, прочностные и реологические характеристики льда в этом слое, а также математическое и физическое моделирование процессов на фрикционном контакте. Параметром, характеризующим связь микро и макроскопических характеристик льда, является его акустическая сжимаемость. Предложены модели для количественного определения деформационных изменений структуры льда при нелинейных деформациях. Сочетание методов акустической и электромагнитной эмиссии позволило повысить достоверность результатов измерений и расширить возможности их интерпретации.

Полученные результаты могут быть использованы для моделирования процессов контактного разрушения нагруженной ледяным полем опоры или ледостойкой платформы, а также для разработки материалов арктического назначения.

Литература:

[1]. Епифанов В.П. ДАН. 1982, 276, № 6. 1364-1367. [2]. Епифанов В.П., Сазонов К.Е., Лопашов К.А. Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. 2015. № 88. 319-330. [3]. Епифанов В.П. ДАН. 2018. 479. № 6. 629-633. [4]. Епифанов В.П. Вестник Кольского научного центра РАН. 2018. № 3(10). 141-146.

Режим подземных вод и их роль в формировании температурного поля намывных грунтов на территории г. Якутска

Огонеров В.В., Павлова Н.А., Данзанова М.В.

Институт мерзлотоведения им П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

vasvas392@yandex.ru

Расширение г. Якутска за счет освоения пойменной части р. Лены было начато с 1977 г. В это время начали проводить гидронамыв 202 квартала города. При намыве грунтов были засыпаны старичные озера с естественными таликами. На участках увалов сформировались техногенные талики. Согласно математическим расчетам, промерзание грунтов, которые оттаяли при намыве песков, должно было произойти через 12-20 лет после застройки территории (Роман и др., 2008). В настоящее время грунты оснований зданий имеют положительные температуры и обводнены на большей части территории. Существуют предпосылки нарушения устойчивости зданий.

Одной из причин сохранения таликов видится наличие рядом р. Лены. Для выявления особенностей взаимосвязи подземных и поверхностных вод, а также их роли в формировании температурного поля грунтов оснований были организованы режимные гидрогеологические и геотермические наблюдения на территории 203 квартала г. Якутска.

Наблюдательная сеть состояла из четырех спаренных гидрогеологических и геотермических скважин глубиной 10-22 м. Две из наблюдательных скважин заложены на участках реликтовых подозерных таликов, две другие – в местах погребенных увалов. Результаты исследований показали высокую теплотенность всего намытого массива песков. Надмерзлотные реликтовые талики обнаружены на всех точках бурения скважин. Мощность сезоннопромерзающего слоя пород над ними 3,8-5,0 м. Грунты обводнены с глубины 8-10 м. Многолетнемерзлые отложения вскрыты на участках погребенных увалов на глубине 13,5-14,8 м. Мощность водоносного горизонта достигает 8-10 и более метров в местах засыпанных старичных озер. Близкие отметки залегания уровня подземных вод и синхронность их изменения на разных участках территории 203 квартала свидетельствуют о наличии здесь единого водоносного горизонта.

По данным режимных гидрогеологических наблюдений между подземными водами намывного массива и поверхностными водами р. Лены существует тесная гидравлическая связь. Эта связь четко фиксируется в период речных паводков. В это время в условиях подпора поверхностная вода поступает в водоносный горизонт по сохранившимся старичным таликам и намывные грунты насыщаются снизу. Подъем уровня воды происходит во всех скважинах. Устойчивое понижение уровня воды в р. Лене и уменьшение мощности водоносного горизонта наблюдается летом. Относительно быстрее осушаются намывные грунты, которые обладают высокой водоотдачей. В осенне-зимний период фильтрация воды к реке происходит в более уплотненных песках естественного сложения, в которых встречаются супесчаные прослойки. Поэтому скорость осушения водоносного горизонта снижается. Годовая амплитуда изменения уровня воды в скважинах составляет 2-3 м.

По данным режимных гидрохимических исследований минерализация подземных вод непостоянна в течение года. Максимальные ее величины (593–795 мг/л) отмечаются в марте. В период паводка минерализация подземных вод понижается и удерживается в течение лета в пределах 412–536 мг/л. Подобное изменение состава подземных вод также подтверждает их связь с речными водами.

Постоянное движение воды в массиве грунтов приводит к тепловому эффекту, препятствующему многолетнему промерзанию пород. Расширение сети наблюдательных скважин, запланированное на 2019 г., позволит количественно оценить влияние паводковых вод на температурный режим намывной толщи и подстилающих многолетнемерзлых пород.

Литий в подмерзлотных водах г. Якутска

Федорова С.В., Павлова Н.А.

Институт мерзлотоведения им П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск

Якутский артезианский бассейн – одна из крупнейшей гидрогеологической структур платформенного типа в области крилитоzone. Особенностью этой структуры является наличие в чехле бассейна под толщей многолетнемерзлых пород (ММП) подземных вод с минерализацией около 1 г/л и повышенным содержанием отдельных микрокомпонентов, в том числе лития. Предельно допустимая концентрация (ПДК) лития, установленная для питьевых вод, составляет 0,03 мг/л. В подмерзлотных водах Якутского артезианского бассейна его содержание в десятки раз превышает ПДК.

Распределение лития в подмерзлотных пресных водах Якутского артезианского бассейна изучалось на территории долины Туймаада, где расположен г. Якутск. Наиболее высокие концентрации лития отмечаются в подмерзлотных водах совместного нижнеюрского среднекембрийского водоносного комплекса. Комплекс сложен в нижней части в основном глинистыми известняками и доломитами с прослоями мергелей и аргиллитов, в верхней – песчаниками с линзами и прослоями конгломератов алевролитов и аргиллитов. Химический состав воды сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатный или хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатный натриевый при минерализации 1,0-1,8 г/л. Содержание лития в воде изменяется от 0,12 до 0,85 мг/л.

Подземные воды в отложениях среднего кембрия по химическому составу в основном гидрокарбонатно-сульфатные, реже хлоридно-гидрокарбонатные, натриевые с минерализацией 1,1-2,6 г/л, содержание лития в них составляет 0,16-0,34 мг/л.

Химический состав подземных вод, приуроченных к терригенному нижнеюрскому водоносному комплексу, хлоридно-гидрокарбонатный натриевый, минерализация изменяется от 0,7 до 1,9 г/л, содержание лития в них составляет от 0,15 до 0,55 мг/л.

Подземные воды среднеюрского и верхнеюрского водоносных комплексов, сложенных в основном песчаниками с прослоями алевролитов, по химическому составу гидрокарбонатные натриевые с минерализацией 1,3-1,5 г/л, концентрация лития в них достигает 0,3 мг/л.

Главными минералами-носителями лития в различных горных породах являются слюды, которые в процессах гипергенного изменения переходят в глинистые минералы. В минералах глины он присутствует главным образом в виде изоморфной примеси, некоторая его часть адсорбируется на поверхности глинистых частиц и получает возможность мигрировать в подземные воды в виде катиона Li^+ .

Исследование посттехногенных наледей по космоснимкам вдоль федеральной автодороги А-360 «Лена»

Баишев Н.Е.

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск
nyurgunbaishev@mail.ru

В криолитозоне строительство и реконструкция крупных линейных сооружений вызывает существенные изменения мерзлотных, гидрологических, гидрогеологических и других природных условий. Эти изменения могут инспирировать формирование наледей, которые представляют большую опасность для линейных инженерных сооружений, в том числе для федеральной автомобильной дороги А-360 «Лена» (ФАД «Лена»).

Использование космических методов при исследовании процессов наледеобразования, позволяют оценить наледную ситуацию в пределах огромных территорий, соизмеримых с распространением гидрогеологических структур, и картировать наледи в одной фазе развития.

Анализ опубликованных работ и фондовых материалов Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (ИМЗ СО РАН) позволили выявить четыре генетических видов наледей, формирование которых началось после строительства линейных инженерных сооружений:

- 1) надмерзлотных вод сезонно-талого слоя;
- 2) частично промерзающих надмерзлотных грунтовых вод;
- 3) частично промерзающих собственно грунтовых вод;
- 4) промерзающих и частично промерзающих речных вод.

На сегодняшний день такие наледи принято называть посттехногенными. Как правило они имеют небольшие размеры.

В марте-апреле 2019 г. автором, в составе экспедиционного отряда ИМЗ СО РАН, был проведен рекогносцировочные исследования наледей в южной части ФАД «Лена» от пос. Б. Невер до с. Соловьевск (Амурская область). В ходе этих работ выявлены как известные наледи, описанные еще В.Г. Петровым и В.Р. Алексеевым, так и новые, образованные на участках современной реконструкции трассы. В дальнейшем была проведена оценка масштабов развития наледей от пос. Б. Невер до с. Соловьевск с помощью дешифрирования космоснимков Sentinel-2.

При обработке космоснимков по программе «EO Browser» использовались спектральные отклики льда и снега, хорошо контрастирующих с окружающими ландшафтами при сочетании диапазонов длин волн по методам Портенгена и Пареса. Всего было выявлено 18 наледных участка от пос. Б. Невер до с. Соловьевск.

С помощью дешифрирования удалось рассчитать площади наледей. Самую большую площадь имеет наледь в долине р. Джалинда (97552 м²), а самую маленькую – наледь на 4,6 км трассы ФАД «Лена» (539 м²). Общая площадь 18 обнаруженных наледей равна 469223 м². Методы Пареса и Портенгена были успешно адаптированы при исследовании наледей, сформировавшихся в результате реконструкции трассы ФАД «Лена».

Авторский указатель

<i>Автор</i>	<i>страницы</i>	<i>Автор</i>	<i>страницы</i>
Ананичева М.Д.	34, 36	Губарьков А.А.	23
Анисимов О.А.	13	Гусев Е.А.	56
Арестова И.Ю.	40	Данзанова М.В.	78, 90
Арутюнян Н.В.	19	Данилов К.П.	65
Бабкин Е.М.	25, 59, 67	Дашинамаев З.Б.	55
Бабкина Е.А.	48, 59, 67	Дворников Ю.А.	25, 67
Бадина С.В.	43	Дроздов Д.С.	23, 60
Бажин К.И.	16, 49, 63, 65	Екайкин А.А.	18, 27
Баишев Н.Е.	65, 92	Епифанов В.П.	89
Баранская А.В.	50	Ефремов В.С.	16, 65
Башкова Е.И.	37	Ёжиков И.С.	29
Белова Н.Г.	19, 50	Железняк М.Н.	41, 71
Белозеров Е.В.	34	Жильцова Е.Л.	70
Бердников Н.М.	23	Жирков А.Ф.	13, 88
Блейхер (Клим) Д.О.	44	Задорожная Н.А.	83
Большаянов Д.Ю.	29	Иванов К.С.	55
Бондарев С.А.	80	Иванов М.Н.	31
Боронина А.С.	46, 86	Ильин Г.В.	45
Бочкарёв Ю.В.	23	Каверин Д.А.	13
Бутаков В.И.	61	Керимов А.Г.	52
Бушуева И.С.	30	Кидяева В.А.	17
Васильев А.А.	60, 83	Кизяков А.И.	39
Викулина М.А.	81	Кириллин А.Р.	41, 57
Викулова Н.О.	14	Киселёв А.В.	76
Гаврилов А.В.	15	Кобелев В.О.	31
Галанин А.А.	14	Коваленко М.А.	21
Галлямов Д.Р.	55	Коваленко Н.В.	21, 36
Георгиади А.Г.	20	Козачек А.В.	18
Глазовская Т.Г.	77	Комова Н.Н.	53, 75
Глазовский А.Ф.	30, 33	Королева Е.С.	66
Гравис А.Г.	23, 60	Котляков В.М.	11
Гребенец В.И.	39, 51, 52, 58	Краев Г.Н.	53
Григорьев М.Н.	12, 54	Кукушкин С.Ю.	40

Курбанов Р.Н.	87	Пакин Г.Ю.	34
Кутузов С.С.	28, 35	Парамзин А.С.	29
Кучейко А.А.	15	Петраков Д.А.	21, 22, 28, 35, 37, 80
Лаврентьев И.И.	28, 33	Пижанкова Е.И.	15
Лавров С.А.	13	Пикалёва А.А.	47
Лазарев А.В.	22	Письменюк А.А.	56
Ландэ А.	18	Поляков С.П.	38
Лебедева Л.С.	16, 65	Пономарева О.Е.	23, 60
Лешневская Е.Ф.	23	Попов С.В.	38, 46, 76, 86
Липенков В.Я.	27	Пряхина Г.В.	46, 86
Лисицына О.М.	19	Рогов В.В.	87
Лыткин В.М.	41, 49, 63	Рожина М.С.	71
Максимов Г.Т.	12, 54	Романенко Ф.А.	50
Максимовская Т.М.	45	Садуртдинов М.Р.	64
Максютова Е.В.	73	Сальман А.Л.	33
Малкова Г.В.	60, 64	Селиверстов Ю.Г.	22, 77
Марченко Е.С.	22	Семенов В.П.	57
Марченко Н.А.	42	Сериков С.И.	71
Маслаков А.А.	50, 53, 75	Сидорова О.Р.	26
Масолов В.Н.	76	Синицкий А.И.	31
Мельников В.П.	55	Скворцов А.Г.	64
Мисайлов И.Е.	68	Слагода Е.А.	61, 66
Москаленко Н.Г.	23	Соболева О.Б.	76
Муравьев А.Я.	17, 31, 32	Соколов В.Т.	29
Надёжина Е.Д.	47	Сократов С.А.	22, 77
Найденко А.А.	35	Сосновский А.В.	72
Нестерова Н.Б.	82	Стеен-Ларсен Х.К.	18
Никитин С.А.	31, 32	Стернзат А.В.	47
Носенко Г.А.	30, 31	Стрелецкая И.Д.	39, 56, 83, 85
Облогов Г.Е.	19, 60, 83, 85	Стрелецкий Д.А.	58
Огонеров В.В.	57, 65, 78, 90	Судакова М.С.	64
Опекунов А.Ю.	40	Суханова А.А.	38
Опекунова М.Г.	40	Сыромятников И.И.	41
Опокина О.Л.	61	Сысолятин Р.Г.	71
Осокин Н.И.	72	Тарбеева А.М.	16, 74
Павлова Н.А.	16, 78, 79, 90, 91	Тихонравова Я.В.	59, 61, 66, 69

Толманов В.А.	51, 84	Царев А.М.	64
Тумской В.Е.	19	Чернов Р.А.	17, 26
Турчанинова А.С.	22, 37, 77	Четверова А.А.	46, 86
Успенская Е.И.	36	Чеховских А.М.	28
Устинова Е.В.	23	Чихачев К.Б.	27
Усягина И.С.	45	Шабанова Н.Н.	75
Факащук Н.Ю.	25	Шамов В.В.	16
Федин В.А.	51, 85	Шаповалова К.О.	70
Федорова С.В.	79, 91	Шиббаев Ю.А.	27
Хайруллин Р.Р.	59, 67, 82	Школьник И.М.	47
Хомутов А.В.	25, 48, 59, 67, 82	Юров Ф.Д.	42, 53
Христофоров И.И.	16, 65	Яковлева М.О.	87
Хромова Т.Е.	32	Lefebvre E.	27