

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТЧЕТ

Наименование грантового проекта: «Исследование баланса массы ледников в районах активного вулканизма Камчатки на примере ледника Козельский».

Грантополучатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт географии Российской академии наук.

Дата создания: 23.09.1994

ОГРН 1027739639817

ИНН 7706015435

КПП 770601001

Юридический адрес 119017, город Москва, Старомонетный пер., д. 29 стр. 4

Фактический адрес 119017, город Москва, Старомонетный пер., д. 29 стр. 4

Директор Соломина Ольга Николаевна.

Отчет о реализации проекта за период с «01» июня 2022 г. по «31» мая 2023 г., осуществленного за счет средств, полученных от Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» в рамках гранта по Договору 38/2022-И о предоставлении гранта от «01» июня 2022 г.

Научная новизна проекта (согласно ТЗ проекта):

В рамках выполнения работ по проекту были получены уникальные данные об изменении границ, объёма и балансе массы ледника Козельский (Камчатка) за последние 45 лет. В ходе работ были получены современные высокоточные данные о поверхности ледника, а также подобраны и обработаны уникальные исторические материалы. Были получены ценные фундаментальные научные результаты о реакции ледника, находящегося под влиянием активного вулканизма, на современные климатические изменения

Социальная и/или экономическая значимость проекта (согласно ТЗ проекта):

Авачинская группа вулканов, расположенная в непосредственной близости от г. Петропавловск-Камчатский, является районом интенсивного рекреационного освоения. Оценка современного состояния и динамики ледника имеет важное значение для организации и безопасного проведения рекреационных мероприятий (альпинизм, горнолыжный спорт, пеший туризм).

Цель (цели) проекта (согласно ТЗ проекта):

Проект направлен на решение фундаментальной проблемы гляциологии – оценку изменений баланса массы ледников, находящихся под влиянием активного вулканизма. В качестве объекта исследования используется ледник Козельский на Камчатке, наступающий в настоящее время на фоне глобального сокращения ледников Земли.

Задачи проекта (согласно ТЗ проекта):

Основной задачей проекта является оценка современного баланса массы ледника Козельский по результатам обработки данных топографических съёмок поверхности ледника в конце сезонов абляции и современных цифровых моделей рельефа высокого разрешения, а также изменения его размеров и динамики во второй половине XX в. – начале XXI в. В результате получены количественные показатели современного баланса массы ледника и выполнена оценка роли климата и активного вулканизма в его формировании.

Дополнительными задачами являются:

1. оценка изменения объёма ледника в начале XXI в.;
2. измерение скорости движения льда;
3. ответ на вопрос: является ли увеличение площади ледника следствием увеличения объёма льда, или же это результат перераспределения льда из верхней части ледника в языковую, сопровождающийся уменьшением его толщины в области аккумуляции.

I. Мероприятия и работы, выполненные в рамках проекта:

Подготовительный	
Плановый срок реализации:	01.06.2022–10.08.2022
Фактический срок реализации:	01.06.2022–09.08.2022
Место:	Институт географии РАН, г. Москва
Работы в рамках этапа:	Составление плана и логистики полевых работ на леднике Козельский (Авачинская группа вулканов, Камчатка); покупка авиабилетов; подготовка оборудования (геодезическое, защищённый ноутбук) к работе; закупка аккумуляторов для приёмников DGPS, бензинового генератора, полевого снаряжения (палатка, обувь, одежда). Ответственные лица: к.г.н., с.н.с. Муравьев А.Я. (ИГ РАН) к.г.н., в.н.с. Муравьев Я.Д. (ИВиС ДВО РАН) Участники: к.г.н., с.н.с. Муравьев А.Я. (ИГ РАН) к.г.н., в.н.с. Носенко Г.А. (ИГ РАН) к.г.н., в.н.с. Муравьев Я.Д. (ИВиС ДВО РАН) Партнеры: Результаты работ: Даты работ или мероприятий:
Задачи проекта, решенные в ходе работ или мероприятий этапа:	Составлен план и логистики полевых работ на леднике Козельский (Авачинская группа вулканов, Камчатка); приобретены авиабилеты; подготовлено к работе оборудование (геодезическое, защищённый ноутбук); приобретены аккумуляторы для приёмников DGPS, бензиновый генератор, полевое снаряжение.
Примечания:	
Работа на Камчатке	
Плановый срок реализации:	15.08.2022–05.09.2022
Фактический срок реализации:	14.08.2022–01.09.2022
Место:	ледник Козельский (Авачинская группа вулканов), г. Петропавловск-Камчатский, Камчатский край
Работы в рамках этапа:	Прибытие в г. Петропавловск-Камчатский, выезд на ледник Козельский, проведение полевых работ на леднике Козельский (в том числе: маршрутные обследования ледника, фотодокументирование и текстовое описание его состояния, геодезическая съёмка поверхности ледника). Ответственные лица: к.г.н., с.н.с. Муравьев А.Я. (ИГ РАН) к.г.н., в.н.с. Носенко Г.А. (ИГ РАН) к.г.н., в.н.с. Муравьев Я.Д. (ИВиС ДВО РАН) Участники: к.г.н., с.н.с. Муравьев А.Я. (ИГ РАН) к.г.н., в.н.с. Носенко Г.А. (ИГ РАН) к.г.н., в.н.с. Муравьев Я.Д. (ИВиС ДВО РАН) Партнеры: и.о. зав. лаб. Миронов И.К. (ИВиС ДВО РАН) Результаты работ: Даты работ или мероприятий:
Задачи проекта, решенные в ходе работ или мероприятий этапа:	Проведены полевые работы на леднике Козельский. Выполнено маршрутное обследование ледника, фотодокументирование и текстовое описание его состояния. Проведена геодезическая съёмка поверхности ледника. Выполнена съёмка поверхности ледника с БПЛА.
Примечания:	

Обработка данных полевых работ и анализ полученных результатов											
Плановый срок реализации:	06.09.2022–31.12.2022										
Фактический срок реализации:	05.09.2022–30.12.2023										
Место:	Институт географии РАН, г. Москва										
Работы в рамках этапа:	Построение (по материалам геодезической съёмки) цифровой модели рельефа поверхности ледника Козельский по состоянию на август 2022 г.; расчёт изменения объёма ледника Козельский и его баланса массы (геодезическим методом) с 2015 по 2022 г.; подготовка данных о динамике ледника со второй половины XX в. по 2022.; анализ современных изменений климатических параметров в районе исследований <table border="1"> <tr> <td>Ответственные лица:</td><td>к.г.н., с.н.с. Муравьев А.Я. (ИГ РАН)</td></tr> <tr> <td>Участники:</td><td>к.г.н., с.н.с. Муравьев А.Я. (ИГ РАН)</td></tr> <tr> <td>Партнеры:</td><td>и.о. зав. лаб. Миронов И.К. (ИВиС ДВО РАН)</td></tr> <tr> <td>Результаты работ:</td><td></td></tr> <tr> <td>Даты работ или мероприятий:</td><td></td></tr> </table>	Ответственные лица:	к.г.н., с.н.с. Муравьев А.Я. (ИГ РАН)	Участники:	к.г.н., с.н.с. Муравьев А.Я. (ИГ РАН)	Партнеры:	и.о. зав. лаб. Миронов И.К. (ИВиС ДВО РАН)	Результаты работ:		Даты работ или мероприятий:	
Ответственные лица:	к.г.н., с.н.с. Муравьев А.Я. (ИГ РАН)										
Участники:	к.г.н., с.н.с. Муравьев А.Я. (ИГ РАН)										
Партнеры:	и.о. зав. лаб. Миронов И.К. (ИВиС ДВО РАН)										
Результаты работ:											
Даты работ или мероприятий:											
Задачи проекта, решенные в ходе работ или мероприятий этапа:	Построена цифровая модель рельефа поверхности ледника Козельский на 2022 г. Создана карта изменения положения фронта ледника с 1967 по 2022 г. Выполнен расчёт изменения объёма ледника и его баланса массы (геодезическим методом) с 2015 по 2022 г. Выполнен анализ современных изменений климатических параметров в районе исследований.										
Примечания:											
Анализ полученных результатов, подготовка научной статьи и отчёта по проекту											
Плановый срок реализации:	31.12.2022–31.05.2023										
Фактический срок реализации:	30.12.2022–31.05.2023										
Место:	Институт географии РАН, г. Москва										
Работы в рамках этапа:	Подготовка научной статьи, содержащей результаты работ по проекту и её отправка в научный рецензируемый журнал, индексируемый в международных базах данных Web of Science Core Collection и Scopus (статья выйдет уже после завершения проекта, так как процесс рецензирования и публикации занимает продолжительное время); подготовка научного отчета (содержащего все полученные результаты), информационного отчета и презентации проекта для РГО <table border="1"> <tr> <td>Ответственные лица:</td><td>к.г.н., с.н.с. Муравьев А.Я. (ИГ РАН) к.г.н., в.н.с. Носенко Г.А. (ИГ РАН)</td></tr> <tr> <td>Участники:</td><td>к.г.н., с.н.с. Муравьев А.Я. (ИГ РАН) к.г.н., в.н.с. Носенко Г.А. (ИГ РАН)</td></tr> <tr> <td>Партнеры:</td><td>с.н.с. Двигало В.Н. (ИВиС ДВО РАН)</td></tr> <tr> <td>Результаты работ:</td><td></td></tr> <tr> <td>Даты работ или мероприятий:</td><td></td></tr> </table>	Ответственные лица:	к.г.н., с.н.с. Муравьев А.Я. (ИГ РАН) к.г.н., в.н.с. Носенко Г.А. (ИГ РАН)	Участники:	к.г.н., с.н.с. Муравьев А.Я. (ИГ РАН) к.г.н., в.н.с. Носенко Г.А. (ИГ РАН)	Партнеры:	с.н.с. Двигало В.Н. (ИВиС ДВО РАН)	Результаты работ:		Даты работ или мероприятий:	
Ответственные лица:	к.г.н., с.н.с. Муравьев А.Я. (ИГ РАН) к.г.н., в.н.с. Носенко Г.А. (ИГ РАН)										
Участники:	к.г.н., с.н.с. Муравьев А.Я. (ИГ РАН) к.г.н., в.н.с. Носенко Г.А. (ИГ РАН)										
Партнеры:	с.н.с. Двигало В.Н. (ИВиС ДВО РАН)										
Результаты работ:											
Даты работ или мероприятий:											
Задачи проекта, решенные в ходе работ или мероприятий этапа:	По архивным материалам построена цифровая модель рельефа поверхности ледника Козельский на 1977 г. Выполнен расчёт изменения объёма ледника и его баланса массы (геодезическим методом) с 1977 по 2022 г. и с 1977 по 2015 г. Подготовлена и отправлена в редакцию научного журнала Лёд и Снег статья, содержащая сведения о работах по проекту и его результатах (процесс										

	рецензирования статьи был завершён в начале июня). На сайтах Института географии РАН и РАН опубликованы новости с общей информацией о работах по проекту и их основных результатах. Командировка на Камчатку с 13 по 24 мая 2023 г. для проведения снегосъёмки на леднике и работы с фондами ИВиС ДВО РАН. Подготовлены информационный отчёт, презентация и научный отчёт по проекту (готовились после завершения работ по проекту, в соответствии с пунктом 3.2.2.1 Договора).
Примечания:	

II. Анализ результатов осуществления проекта:

II.1. Анализ соответствия проекта уставным Целям и Задачам Русского географического общества:

Проект соответствует цели РГО в части проведения исследовательской деятельности для реализации потенциала страны. Проект соответствует 4-й и 5-й задачам (прописанным в уставе) РГО. В ходе реализации и после завершения проекта планируется получение, анализ и распространение достоверных географических сведений о современном состоянии ледников Камчатки и, как следствие, содействие развитию географии и смежных наук о природе, распространение результатов отечественной науки.

II.2. Анализ хода реализации и достижения целей проекта:

В конце августа – начале сентября 2022 г. на леднике Козельский были проведены полевые работы: маршрутное обследование ледника, геодезическая съёмка, съёмка с БПЛА. Геодезическая съёмка была выполнена в ограниченном объёме из-за возникшей неисправности приёмника DGPS и необходимости обеспечения безопасности при выполнении работ. Поэтому для получения данных для построения ЦМР поверхности ледника была дополнительно организована съёмка высокого разрешения (~15 см/пиксель) с БПЛА с высокоточной пространственной привязкой. На нём был установлен приёмник DGPS. Также для вычисления координат использовалась запись статики с приёмника DGPS, установленного на точке с известными координатами на территории ИВиС ДВО РАН.

Методы и подходы:

Подробности обработки и анализа материалов приведены в научном отчёте.

Научные мероприятия:

Результаты работ по проекту пока не докладывались на научных мероприятиях.

Степень реализации рабочего плана:

В целом проект реализован успешно. Удалось построить современную ЦМР поверхности ледника Козельский с точной пространственной привязкой, а также ЦМР на 2015 и 1977 гг. Было проанализировано изменение пространственного положения границ ледника, его площади, объёма и баланса массы за три временных интервала в последние 45 лет. Были получены ответы на все основные вопросы, поставленные в начале исследования.

Трудности:

Временной интервал для выполнения полевых работ был ограничен второй половиной августа – началом сентября в силу климатических особенностей района исследований (конец периода абляции на леднике Козельский обычно приурочен к концу августа – началу сентября).

На полевые работы в горах Камчатки часто накладывают ограничения изменчивые и нестабильные погодные условия (сильный ветер, низкая облачность и обильные осадки).

Выше 1500 м на леднике наблюдаются многочисленные зоны трещинообразования, существенно затрудняющие наземные работы.

Достаточность ресурсов:

Запланированных ресурсов было достаточно для реализации проекта.

II.3. Анализ эффективности проекта:

В результате реализации проекта были получены уникальные данные об изменении границ, объёма и балансе массы ледника Козельский за последние 45 лет. В ходе работ были получены современные высокоточные данные о поверхности ледника, а также подобраны и обработаны уникальные исторические материалы. Были получены ценные фундаментальные научные результаты о реакции ледника, находящегося под влиянием активного вулканизма, на современные климатические изменения. Полученные данные, результаты и методические наработки будут использоваться при дальнейших исследованиях ледников вулканических районов Камчатки.

Подобные проекты являются уникальными. Их нужно поддерживать. Они помогают провести исследование природного объекта, практически невозможное без финансовой поддержки полевых работ, и внести весомый вклад в изучение природы России.

II.4. Выводы:

Научные результаты:

Основные научные результаты и выводы работы:

1. Проведённое исследование позволило оценить изменение границ, высоты поверхности и объёма ледника Козельский на Камчатке за 45-летний период 1977–2022 гг., а также два более коротких периода – 1977–2015 и 2015–2022 гг.
2. Было установлено, что за прошедшие 45 лет площадь ледника Козельский практически не изменилась (сокращение с 1.77 ± 0.06 до 1.72 ± 0.02 км²). При этом длина ледника увеличилась примерно на 0.7 км, а ширина уменьшилась почти на всем протяжении.
3. Высота поверхности ледника Козельский за период 1977–2022 гг. понизилась в среднем на 17.30 м, его кумулятивный баланс массы составил -14.70 ± 3.94 м в.э. (в среднем -0.33 м в.э./год).
4. В последние 45 лет на леднике Козельский происходила убыль льда и его перераспределение на более низкие гипсометрические уровни, не компенсирующееся абляцией.
5. В последнее десятилетие наблюдается замедление наступания фронта ледника. Средняя скорость наступания фронта ледника в 2012–2022 гг. составляла около 5.2 м/год при 17.9 м/год в 1977–2007 гг. и 20.0 м/год в 2007–2012 гг.
6. Изменения высоты поверхности ледника Козельский и его объёма в период 1977–2022 гг. были неравномерными. Так за 30-летний период 1977–2015 гг. среднее понижение поверхности составило 17.84 м, объём сократился на 35.21 ± 7.20 млн м³, кумулятивный баланс массы составил -15.16 ± 4.17 м в.э. (в среднем -0.40 м в.э./год). В период 2015–2022 гг. ситуация была принципиально иной – за 6 лет среднее повышение поверхности составило 0.59 ± 1.55 м, объём увеличился на 1.01 ± 2.65 млн м³, кумулятивный баланс массы составил 0.50 ± 1.35 м в.э. (0.07 м в.э./год).
7. Современные климатические условия в регионе не благоприятны для развития ледника. В 1977–2022 гг. наблюдается тренд на повышение летних температур воздуха при относительно стабильном количестве атмосферных осадков, выпадающих в холодный период.
8. Наблюдаемую динамику ледника, практически непрерывное (кроме 1978–1981 гг.) наступание его фронта в 1977–2022 гг., можно объяснить только воздействием вулканического фактора. Мощная поверхностная морена, покрывающая более 2/3 площади

ледника, препятствует поверхностной абляции. Связанная с активным вулканизмом повышенная сейсмичность способствует движению льда.

Материальные результаты:

Была написана научная статья, содержащая информацию об исследовании и его результатах: «Муравьев А.Я., Носенко Г.А., Миронов И.К., Двигало В.Н., Муравьев Я.Д. Баланс массы ледника Козельский на Камчатке за 1977–2022 гг.». Статья была отправлена в редакцию научного рецензируемого журнала Лёд и Снег (индексируется в базах данных Web of Science Core Collection и Scopus, RSCI, ПИНЦ). 02.06.2023 редакция журнала сообщила о том, что статья прошла рецензирование и была принята к рассмотрению для публикации. В статье приведены сведения о поддержке гранта: «Работа выполнена при поддержке гранта РГО № 38/2022-И.». Из редакции журнала Лёд и Снег получена справка о том, что данная статья будет опубликована в 3-м номере журнала за 2023 г.

Новые знания и технологии:

Были получены ценные фундаментальные научные результаты о реакции ледника, находящегося под влиянием активного вулканизма, на современные климатические изменения.

Практическое использование:

Научные материалы и результаты, полученные в рамках реализации проекта будут использоваться в дальнейших научных исследованиях.

III. Освещение деятельности по проекту в СМИ:

№	СМИ / сайт / портал	Ссылка	Заголовок	Дата
1	Сайт Института географии РАН (igras.ru)	http://igras.ru/news/3534	Ученые Института географии РАН совместно с коллегами из ИВиС ДВО РАН завершили исследование баланса массы ледника Козельский на Камчатке за 1977–2022 гг.	21.05.2023
2	Сайт Российской академии наук (new.ras.ru)	https://new.ras.ru/activities/news/balans-massy-lednika-kozelskiy-na-kamchatke-za-1977-2022-gg/	Баланс массы ледника Козельский на Камчатке за 1977–2022 гг.	22.05.2023
3	Сайт РГО (rgo.ru)	https://www.rgo.ru/ru/article/rossiyskie-geografy-zavershili-issledovanie-nestandartnogo-lednika-na-kamchatke	Российские географы завершили исследование "нестандартного" ледника на Камчатке	22.05.2023

IV. Приложения:

1. Научный отчет.
2. Электронная презентация проекта.
3. Печатная презентация проекта.
4. Справка из редакции журнала Лёд и Снег о принятии статьи к публикации.
5. ЦМР поверхности ледника Козельский 2022 г. (формат - GeoTIFF; полноценный просмотр только в ГИС (QGIS, ESRI ArcGIS и т.п.).
6. Текст статьи после прохождения рецензирования (оформлен по правилам журнала Лёд и Снег; служит основой для научного отчёта).

V. Считаете ли Вы возможным и необходимым в дальнейшем самостоятельно продолжать работу в поддержанном Русским географическим обществом направлении?

Планируется продолжить изучение ледника Козельский, а также других ледников районов активного вулканизма Камчатки, обеспеченных историческими материалами. Исследования

предполагается проводить в сотрудничестве учёных из Института географии РАН и ИвиС ДВО РАН. Финансирование части исследований может осуществляться в рамках соответствующих тем государственного задания. Также предполагается подача заявок на гранты.

VI. Пожелания:

Поддерживать подобные исследовательские проекты в будущем.

Подтверждаем, что все указанные в данном отчете сведения нами проверены и являются верными.