ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТЧЕТ

Наименование грантового проекта: «Современные гидрогеохимические потоки в дельте Лены: влияние климатических изменений и деградации многолетней мерзлоты».

Грантополучатель: Московское городское отделение Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество».

Отчет о реализации проекта за период с «25» июня 2024 г. по «24» июня 2025 г., осуществленного за счет средств, полученных от Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» в рамках гранта по Договору № 02/2024-И о предоставлении гранта от «02» июля 2024 г.

Научная новизна проекта *(согласно ТЗ проекта)***:** Дельты рек – это области трансформации материкового стока, служащие естественными регуляторами гидрогеохимических потоков веществ в приемные моря и океаны. В крупнейшей арктической дельте р. Лены в условиях регистрируемого роста температур воздуха, имеющего максимальные темпы для территории России, русловая эрозия, термоэрозия и термоденудация вызывают разрушение грунтов, что приводит к трансформации гидрогеохимических потоков растворенных и взвешенных веществ, усилению выноса веществ, депонированных в многолетнемерзлых породах и поступающих с территории речного бассейна. Изучение этих процессов является актуальной научной задачей, важной для оценки последствий изменений климата в Арктике и определения влияния процессов, протекающих в крупнейших дельтах, на глобальный биогеохимический цикл.

Социальная и/или экономическая значимость проекта *(согласно ТЗ проекта)***:** Проект направлен на расширение тематики научных исследований и географических знаний о последствиях климатических процессов в арктическом регионе. Его реализация позволит укрепить потенциал научно-исследовательской станции «Остров Самойловский», которая бесперебойно действует почти десять лет и является уникальным арктическом стационаром. Результаты проекта могут быть использованы в образовательных целях, а также для сохранения и изучения уязвимых природных комплексов дельты Лены, в том числе в рамках деятельности государственного природного заповедника «Усть-Ленский».

Цель (цели) проекта *(согласно ТЗ проекта)***:** Целью работы является количественная оценка гидрогеохимических потоков веществ в дельте реки Лены, анализ их трансформации в условиях увеличения температуры воздуха и деградации многолетнемерзлых пород, обусловленной потеплением.

Задачи проекта *(согласно ТЗ проекта)***:**

- анализ факторов формирования гидрогеохимических потоков в дельте Лены, в том числе изменений температуры воздуха и количества осадков во второй половине XX - начале XXI в., по данным реанализа ERA5-Land и интенсивности размывания берегов дельтовых проток;
- выявление закономерностей распределения количества взвешенных и влекомых наносов по длине проток дельты Лены в связи с особенностями водного стока и интенсивностью деградации грунтов, количественная характеристика трансформации потоков взвешенных веществ по данным дистанционного зондирования из архивов съемочных систем Landsat и Sentinel за период с 2000 г. по настоящее время, расчет балансов взвешенного вещества, определение объемов накопления и выноса взвесей, а также многолетних тенденций изменения этих характеристик;
- количественная характеристика концентраций и потоков органического вещества, металлов и металлоидов в растворенной и нерастворенной форме, выявление тенденций их изменения.

I. Мероприятия и работы, выполненные в рамках проекта:

Экспедиционный	
Плановый срок реализации:	25.06.2024–30.09.2024
Фактический срок реализации:	25.06.2024–30.09.2024
Место:	Республика Якутия (Саха), дельта реки Лены, Научно-исследовательская станция «Остров Самойловский».
Работы в рамках этапа:	1. Измерение расходов воды в истоках проток Быковская, Трофимовская, Туматская, Оленекская и в Главном русле р. Лены у о. Столб (серия из 2-3 измерений на каждой протоке). 2. Измерение расходов воды на 2-3 створах в Туматской протоке. 3. Организация 1-2 временных постов, оборудованных логгерами, с целью мониторинга уровней и температуры воды (у острова Самойловский). 4. Отбор проб воды и речной взвеси (не менее 30 проб) с разных глубинных горизонтов в протоках дельты Лены и их первичная обработка. 5. Отбор проб донных отложений в ключевых створах (не менее 20 проб). 6. Экспресс-анализ pH, мутности и электропроводности речных вод.
Ответственные лица:	*Лычагин Михаил Юрьевич, к.г.н. Магрицкий Дмитрий Владимирович, к.г.н. Прокопьева Кристина Николаевна*
Участники:	*Лычагин Михаил Юрьевич, Магрицкий Дмитрий Владимирович, Тришин Андрей Юрьевич, Прокопьева Кристина Николаевна, Прилипова Елена Сергеевна, Крамаренко Владислав Андреевич, Сафина Алина Сергеевна, Лошков Олег Дмитриевич, Конева Ульяна Александровна, Овчинникова Ольга Викторовна*
Партнеры:	*Географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН).*
Результаты работ:	1. С помощью акустического доплеровского профилографа течений на 20 гидростворах измерены 26 расходов воды и скоростей течения в Главном русле р. Лены, протоках Быковской, Трофимовской, Туматской, Оленекской и др. 2. Измерены расходы воды на 4 створах в Туматской протоке. 3. Организован временный пост, оборудованный логгерами, с целью мониторинга уровней и температуры воды (у острова Самойловский). На посту осуществлялся непрерывный мониторинг температуры и уровня воды, в 9.00, 13.00, 17.00 и 21.00 ч. измерялись электропроводность, pH и оптическая мутность речной воды, фиксировались внешние метеоусловия, 1-2 раза в день производился отбор проб воды. Общее число измерений - 53. 4. Проведен отбор 45 проб воды и речной взвеси в Главном русле и протоках дельты Лены (в т.ч. поверхностных, интегральных и с разных глубинных горизонтов), проведена первичная обработка (фильтрование) проб. 5. Отобрано 27 проб донных отложений в ключевых

		створах. 6. Проведен экспресс-анализ pH, мутности и электро-проводности речных вод.
	Даты работ или мероприятий:	
Задачи проекта, решенные в ходе работ или мероприятий этапа:	В рамках проекта РГО в августе 2024 г. была осуществлена экспедиция в дельту Лены. Местом ее базирования стала научно-исследовательская станция «Остров Самойловский», расположенная в южной части дельты. Полевые исследования проводились с 3 по 16 августа 2024 г. в основном в центральной части дельты, с полным прохождением Главного русла Лены, Быковской и Большой Туматской проток. Общая протяженность рабочих водных маршрутов составила около 770 км. В ходе маршрутов отобрано 45 проб речных вод и 27 проб донных отложений для определения содержания потенциально токсичных элементов и соединений. В лаборатории НИС «Остров Самойловский» пробы были отфильтрованы и подготовлены к лабораторным анализам, которые проводились в последующие месяцы в Москве. Проведен большой комплекс гидрологических работ. На о. Самойловском был обустроен временный водомерный пост, оборудованный погружным датчиком Hobo измерения уровня и температуры воды, а также размеченной водомерной рейкой. На посту осуществлялся непрерывный мониторинг температуры и уровня воды, в 9.00, 13.00, 17.00 и 21.00 ч. измерялись электропроводность, pH и оптическая мутность речной воды, фиксировались внешние метеоусловия, 1-2 раза в день производился отбор проб воды. Выше истока Оленекской протоки к юго-западу от о. Самойловский, была установлена зонд-ловушка для сбора взвешенных наносов на трех глубинных горизонтах. С помощью акустического доплеровского профилографа течений на 19 гидростворах были измерены 26 расходов воды и скоростей течения. Во время маршрутов по главному руслу Лены и дельтовым рукавам на расходных гидростворах (всего 65 измерений) и на посту НИС «Остров Самойловский» (54 измерения) с помощью двух турбидиметров измерялась оптическая мутность речной воды. Одновременно производился отбор проб воды для целей определения весовой мутности в лаборатории. На ряде гидростворов и на посту мониторинга с помощью погружного лазерного дифракционного анализатора взвесей LISST-200X измерялись объемная мутность и размер взвешенных частиц. Для оценки влияния термоэрозионных процессов, развивающихся при таянии высокольдистых отложений в связи с ростом температур воздуха, на привнос взвешенных и растворенных веществ в водотоки дельты Лены проведено комплексное изучение ручья, стекающего с берега о. Курунгнах, и прилегающего участка Оленекской протоки. Проведена оценка интенсивности отступания берегов в связи с таянием подземных льдов.	
Лабораторно-аналитический		
Плановый срок реализации:	01.10.2024–31.03.2025	
Фактический срок реализации:	01.10.2024–31.03.2025	
Место:	г. Москва	
Работы в рамках этапа:	1. Количественная характеристика распределения стока воды по рукавам дельты Лены. 2. Анализ факторов формирования гидрогеохимических потоков в дельте	

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">Лены: климатические характеристики по данным реанализа ERA5-Land для территории дельты Лены (с 1950 по 2021 г.); анализ интенсивности размывания берегов дельтовых проток по данным дешифрирования спутниковых снимков (с 1964 по 2021 г.).
3. Выявление закономерностей распределения количества взвешенных наносов по длине проток дельты Лены.
4. Определение элементного состава проб воды, взвеси и донных наносов методом ICP-MS (ICP-AES).
5. Определение содержания органического вещества в пробах воды, взвеси и донных наносов.
6. Количественная характеристика концентраций и потоков органического вещества, металлов и металлоидов в растворенной и нерастворенной формах в дельте Лены.</td></tr>
<tr><td></td><td>Ответственные лица:</td><td>Лычагин Михаил Юрьевич, к.г.н. Магрицкий Дмитрий Владимирович, к.г.н. Прокопьева Кристина Николаевна</td></tr>
<tr><td></td><td>Участники:</td><td>Лычагин Михаил Юрьевич, Магрицкий Дмитрий Владимирович, Чалов Сергей Романович, Ефимов Василий Антонович, Тришин Андрей Юрьевич, Пузанова Татьяна Алексеевна, Прокопьева Кристина Николаевна, Прилипова Елена Сергеевна, Крамаренко Владислав Андреевич, Сафина Алина Сергеевна, Лошков Олег Дмитриевич, Конева Ульяна Александровна, Овчинникова Ольга Викторовна</td></tr>
<tr><td></td><td>Партнеры:</td><td>Географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, Аналитический сертификационный испытательный центр (АСИЦ), Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук (ИПТМ РАН).</td></tr>
<tr><td></td><td>Результаты работ:</td><td>1. Проведена количественная характеристика распределения стока воды по рукавам дельты Лены.
2. Проведен анализ факторов формирования гидрогеохимических потоков в дельте Лены: климатических характеристик по данным реанализа ERA5-Land для территории дельты Лены (с 1950 по 2021 г.); интенсивности размывания берегов дельтовых проток по данным дешифрирования спутниковых снимков (с 1964 по 2021 г.).
3. Выявлены закономерности распределения количества взвешенных наносов по длине проток дельты Лены.
4. Проведен химический анализ элементного состава проб воды, взвеси и донных наносов методом ICP-MS (ICP-AES).
5. Определено содержание органического вещества в пробах воды, взвеси и донных наносов.
6. Проведена количественная характеристика концентраций и потоков органического вещества, металлов и металлоидов в растворенной и нерастворенной формах в дельте Лены.</td></tr>
<tr><td></td><td>Даты работ или мероприятий:</td><td></td></tr>
<tr><td>Задачи проекта, решенные в ходе работ или</td><td colspan="2">Проведен полный комплекс запланированных лабораторно-аналитических и камеральных исследований. Проведена обработка всего массива данных, полученных при выполнении проекта, в т.ч. результатов полевых и</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>мероприятий этапа:</td><td>лабораторных исследований, данных дистанционного зондирования и других источников.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Отчетно-информационный</td></tr>
<tr><td>Плановый срок реализации:</td><td>01.04.2025–24.06.2025</td></tr>
<tr><td>Фактический срок реализации:</td><td>01.04.2025–24.06.2025</td></tr>
<tr><td>Место:</td><td>г. Москва</td></tr>
<tr><td>Работы в рамках этапа:</td><td>1. Подготовка информации для СМИ.
2. Подготовка научной публикации.
3. Подготовка научного отчета, включающего все результаты проведенных работ.
4. Подготовка информационного отчета.
5. Подготовка презентации результатов проекта для РГО.
<table>
<tr><td>Ответственные лица:</td><td>Лычагин Михаил Юрьевич, к.г.н. Магрицкий Дмитрий Владимирович, к.г.н. Прокопьева Кристина Николаевна</td></tr>
<tr><td>Участники:</td><td>Лычагин Михаил Юрьевич, Магрицкий Дмитрий Владимирович, Чалов Сергей Романович, Ефимов Василий Антонович, Тришин Андрей Юрьевич, Пузанова Татьяна Алексеевна, Прокопьева Кристина Николаевна, Прилипова Елена Сергеевна, Крамаренко Владислав Андреевич, Сафина Алина Сергеевна, Лошков Олег Дмитриевич, Конева Ульяна Александровна, Овчинникова Ольга Викторовна</td></tr>
<tr><td>Партнеры:</td><td>Географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова</td></tr>
<tr><td>Результаты работ:</td><td>1. Подготовлена публикация на сайте Московского городского отделения РГО.
2. Подготовлена и опубликована научная статья со ссылкой на проект РГО.
3. Подготовлен Научный отчет, включающий все результаты проведенных работ.
4. Подготовлен Информационный отчет.
5. Подготовлена Презентация результатов проекта для РГО.
6. Подготовлен видеофильм об экспедиции по проекту РГО на основе видеороликов, отснятых участниками проекта.</td></tr>
<tr><td>Даты работ или мероприятий:</td><td></td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Задачи проекта, решенные в ходе работ или мероприятий этапа:</td><td>Все запланированные работы выполнены.</td></tr>
</table>

II. Анализ результатов осуществления проекта:

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

Проект соответствует уставным Целям и Задачам Русского географического общества. Проект полностью соответствует уставным целям и задачам Русского географического общества. Проводилась целенаправленная работа по популяризации географии, природоохранной, образовательной, исследовательской деятельности для реализации потенциала страны, широкому привлечению молодежи к научному творчеству в области географии и смежных отраслей знаний.

Выполнялись следующие уставные задачи РГО: получение, анализ и распространение достоверных географических и экологических сведений о России; содействие развитию географии и смежных наук о природе и обществе, научному творчеству, распространению и внедрению в практику достижений отечественной науки; содействие в улучшении качества географического и экологического образования. В выполнении проекта участвовало большое число студентов и аспирантов МГУ имени М.В.Ломоносова.

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

Методы и подходы:

Проект выполнен на основании комплексного подхода, включающего современные гидрологические, геохимические, лабораторные методы, использование геоинформационных технологий, методов моделирования, в том числе: измерение расходов воды и скоростей течения с помощью акустического доплеровского профилографа течений (АДПТ или ADCP) RiverRay компании Teledyne RD Instruments; измерение объемной мутности и размера взвешенных частиц с помощью погружного лазерного дифракционного анализатора взвесей LISST-200X (США); промерные работы по поперечным и продольным профилям с помощью эхолота Lowrance HDS5; аэрофотосъёмка участков с помощью БПЛА (DJI), обработка результатов съёмки с использованием программного обеспечения Agisoft Metashape Professional; анализ содержаний металлов и металлоидов в пробах воды, взвеси и донных отложений методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS); анализ гранулометрического состава речной взвеси методом лазерной гранулометрии на приборе «Analysette 22 comfort» (Fritsch, Германия); определение содержания органического углерода во взвешенных наносах проводилось на CHNS – анализаторе Velp EMA 502.

Научные мероприятия:

2 научных мероприятия.

1. VIII Всероссийский объединенный метеорологический и гидрологический съезд.
29 октября - 1 ноября 2024. Санкт-Петербург.
Доклад : «Экспедиция «Лена-Дельта 2024»: результаты исследований в крупнейшей дельте Арктики».
Авторы: Прокопьева К.Н., Лычагин М.Ю., Магрицкий Д.В., Тришин А.Ю., Конева У.А., Лошков О.Д., Овчинникова О.В., Прилипова Е.С., Сафина А.С., Крамаренко В.А., Чалов С.Р.

2. Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2025».
11-25 апреля. Москва, МГУ.
Доклад : «Растворённые формы тяжелых металлов и металлоидов в нижнем течении и дельте реки Лены».
Автор: Сафина А.С.

Степень реализации рабочего плана:

Рабочий план реализован полностью, по некоторым пунктам - с перевыполнением.

Трудности:

Трудностей не было.

Достаточность ресурсов:

Запланированных ресурсов было достаточно.

II.3. Анализ эффективности проекта:

Проект направлен на расширение тематики научных исследований и географических знаний о последствиях климатических процессов в арктическом регионе. Его реализация позволит укрепить потенциал научно-исследовательской станции «Остров Самойловский», которая бесперебойно действует почти десять лет и является уникальным арктическом стационаром. Результаты проекта уже используются в образовательных целях при чтении ряда учебных курсов на географическом факультете МГУ имени М.В.Ломоносова. Результаты проекта могут быть

использованы для сохранения и изучения уязвимых природных комплексов дельты Лены, в том числе в рамках деятельности государственного природного заповедника «Усть-Ленский».

II.4. Выводы:

Научные результаты:

1. На основе статистического анализа данных реанализа с привлечением многолетних мониторинговых данных на метеостанциях Тикси и Кюсюр установлено, что значимые изменения температуры воздуха в дельте Лены начались в 1992 г., величина тренда за период с 1992-2021 гг. составила +1,34 °C/10 лет; в период с 2004 по 2021 гг. величина тренда возросла до 1,89 °C/10 лет; значимых изменений по количеству осадков статистически не обнаружено.

   2. Получены новые данные о скоростях течения и расходах воды, которые помогли оценить современные гидродинамические условия в привершинной части дельты, в системах Туматской и Оленекской проток и существенно уточнить знания о распределении водного стока в дельте Лены.

   3. По результатам массовых измерений выявлена тесная связь между весовой и оптической мутностью воды в нижнем течении и дельте Лены. На основе синтеза натурных измерений и данных дистанционного зондирования получена карта распределения мутности воды для центральной части дельты, а также для Туматской, Трофимовской и Быковской проток. Показано, что с учетом перераспределения стока воды по рукавам средний баланс взвешенных наносов для дельты Лены в период исследований составил -10%, то есть 10% от общего твердого стока, приходящего в вершину дельты, аккумулируется в дельте.

   4. Проведен эксперимент по оценке влияния термоэрозионных процессов при таянии едомных комплексов на поступление взвешенных и растворенных веществ в речные воды. Показано, что мутность воды в ручье, стекающем со склона о. Курунгнах превышает 100 г/л, что определяет вынос взвеси в Оленекскую протоку в размере около 7 т в сутки. Учитывая, что подобные временные водотоки широко распространены в дельте, их вклад в продольное изменение стока наносов может быть весьма значителен. В процессе деградации едомных комплексов усиливается миграция металлов и металлоидов в растворённой форме: в водах ручья концентрация Mn превышает фоновую более чем в 1000 раз, Fe – 90, As – 15, V, Pb, W, Cd, Mo, Sb, Zn и Cu – 3-10 раз. 4. Фоновые концентрации растворенных и взвешенных форм практически всех элементов оказались существенно ниже среднемировых значений, содержания в донных отложениях – ниже кларков. По уровням содержания растворенных форм в дельте выделяются As и Sb, содержания которых выше, чем в низовьях реки, при этом наибольшие концентрации отмечены в Туматской и Оленекской протоках. Среднее содержание большинства элементов во взвешенных наносах дельты Лены не превышает фонового, но отмечено слабое накопление Cd, Mn, Zn и Hg. 5. Оценка уровня загрязнения речной взвеси тяжелыми металлами и металлоидами на основе коэффициента обогащения EF показала, что сильнее всего в дельте взвесь обогащена Cd, Sb и Mn, особенно в центральной части дельты, что может свидетельствовать о дальнем привносе тонкодисперсной взвеси, загрязненной ТММ, из вышерасположенных участков водосбора р. Лены.

   6. На основе полученных результатов о расходах воды и взвешенных наносов, содержаниях химических элементов в воде и взвеси проведен расчет потоков минеральных и органических веществ в дельте Лены. Величина потоков растворенных и взвешенных форм металлов и металлоидов измеряется сотнями и тысячами кг/сут. Соотношение форм переноса определяется свойствами элементов и условиями миграции. Сток Fe и Mn на 99% проходит во взвешенной форме, Mo и As – на 90% в растворенной. Органический углерод в дельте Лены переносится главным образом в растворенной форме, на долю которой приходится 80-90% от суммарного потока. Основной поток минеральных и органических веществ в дельте Лены направлен по Трофимовской и Быковской протокам.

Материальные результаты:

Научная статья: С.Р.Чалов, Д.В.Магрицкий, Е.А.Фингерт «Методика создания карты мутности рек Сибири (на примере бассейна Лены)»// МГУ. — 2025.
«Современные гидрогеохимические потоки в дельте Лены: влияние климатических изменений и деградации вечной мерзлоты» - Московское городское отделение РГО.
Видеофильм: Грантовый проект Русского географического общества «Современные гидрогеохимические потоки в дельте Лены: влияние климатических изменений и деградации вечной мерзлоты».

Новые знания и технологии:

Получены новые знания о гидрогеохимических потоках веществ в крупнейшей арктической дельте р. Лены и их изменениях в связи с ростом температур и таянием многолетнемерзлых пород.

Практическое использование:

Результаты проекта могут быть использованы в образовательных целях, а также для сохранения и изучения уязвимых природных комплексов дельты Лены, в том числе в рамках деятельности государственного природного заповедника «Усть-Ленский».

III. Освещение деятельности по проекту в СМИ:

№	СМИ / сайт / портал	Ссылка	Заголовок	Дата
1	Московское городское отделение РГО	https://www.rgo.ru/ru/article/zavershilsya-grantovyy-proekt-russkogo-geograficheskogo-obshchestva-sovremennye	Завершился грантовый проект Русского географического общества «Современные гидрогеохимические потоки в дельте Лены: влияние климатических изменений и деградации вечной мерзлоты»	18.07.2025

IV. Научные публикации по проекту:

1. С.Р.Чалов, Д.В.Магрицкий, Е.А.Фингерт «Методика создания карты мутности рек Сибири (на примере бассейна Лены)» // МГУ. — 2025.

V. Приложения:

1. Научный отчет.
2. Электронная презентация проекта.
3. Печатная презентация проекта.
4. Видеозапись «Грантовый проект Русского географического общества «Современные гидрогеохимические потоки в дельте Лены: влияние климатических изменений и деградации вечной мерзлоты»».

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

Начатую работу возможно и необходимо продолжать в выбранном направлении.

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