

## Резюме проекта

Выполняемого при поддержке РФФИ

### «Механизмы и закономерности формирования и переноса фоновой и возмущенной компонент аэрозоля в средней атмосфере северного полушария»

за 2014 год, промежуточный

Договор № 118

Приоритетное направление: наука о Земле (код РФФИ -05 ), верхняя и средняя атмосферы (код РФФИ 05-640), химические процессы, малые газовые составляющие, аэрозоли (код РФФИ 05-641), радиационные процессы в атмосфере (код РФФИ 05-614 ).

Критическая технология - Экология и рациональное природопользование.

Период выполнения: 2013-2015 гг.

Ключевые слова: средняя атмосфера, стратосфера, мезосфера, аэрозоль, аэрозольный слой, лидарное зондирование, фотофорез, гравитофотофорез, метеоперенос, обратные траектории

#### 1. Цель фундаментального исследования:

Проект направлен на решение фундаментальной проблемы физики атмосферы, связанной с изучением механизмов и закономерностей вертикального и горизонтального переноса аэрозоля и формирования аэрозольных слоев в стратосфере и мезосфере Земли на основе проведения комплексных теоретических и экспериментальных исследований. Вследствие того, что в последнее время стали разрабатываться геоинженерные проекты, предлагающие искусственное увеличение содержания стратосферного аэрозоля для компенсации эффекта глобального потепления климата, актуальность исследований аэрозоля средней атмосферы усиливается. При недостаточном знании процессов, протекающих в средней атмосфере, такое вмешательство может привести к неконтролируемому нарушению химического баланса в стратосфере и мезосфере.

В настоящее время на основании обобщения данных наблюдений со спутников, а также данных лидарных измерений сформировано общее представление о географии и высотах локализации аэрозольных слоев в средней и верхней атмосфере. Кроме того, развита концепция о роли гравитофотофоретических сил в формировании глобальной структуры атмосферного аэрозоля, в значительной степени дополняющая существующие модели возникновения аэрозольной стратификации.

Между тем, остается много нерешенных вопросов как экспериментального, так и теоретического плана, касающихся как самой регионально-временной картины аэрозольного наполнения верхней и средней атмосферы, так и происхождения аэрозоля и его связей с общими геофизическими и космофизическими процессами.

В частности, в проекте будут рассмотрены вопросы, направленные на решение проблемы выделения фонового аэрозольного наполнения средней атмосферы и его изменчивости при наличии в атмосфере возмущений эпизодического или взрывного характера, вызванных образованием эруптивных облаков от вулканических выбросов, возникновением полярных стратосферных и серебристых облаков, а также влиянием таких явлений, как стратосферные потепления.

В проекте ставится задача исследования вертикального распределения оптически активной фракции аэрозоля в стратосфере и мезосфере Сибири и Дальнего Востока с помощью межрегиональной лидарной сети (Томск, Якутск, Камчатка), выявления фоновой и возмущенной компонент аэрозоля в средней атмосфере, определения

закономерностей и условий формирования аэрозольных слоев, а также установления возможных связей появления аэрозоля с процессами в атмосфере и ионосфере Земли.

Предполагается получить экспериментальные данные о появлении аэрозоля в средней атмосфере и на этой основе провести исследование региональных особенностей изменчивости вертикальной структуры фонового аэрозоля и компонент возмущенного аэрозоля (вулканогенные аэрозольные слои, полярные стратосферные и серебристые облака; аэрозоль, возникающий при зимних стратосферных потеплениях), а также изучить динамику переноса этих компонент над лидарными пунктами зондирования атмосферы и выявить условия формирования и механизмы образования аэрозольных слоев путем привлечением данных со спутников; анализа геофизической обстановки в северном полушарии, сопровождающей образование аэрозоля; ретроспективного анализа обратных траекторий; исследования условий формирования аэрозольных слоев; теоретического моделирования движения аэрозольных частиц с учетом геофизических полей, их вариаций и фотофоретических эффектов (гравитофотофорез, магнитофотофорез).

### **В 2014г. планировалось:**

-Пополнить ряды лидарных наблюдений стратосферы и мезосферы над Камчаткой, г. Якутском и г. Томском данными 2014г., провести обработку и анализ полученных результатов.

-Провести комплексные наблюдения средней атмосферы. В частности провести совместный эксперимент ИОА СО РАН (Томск) и ИПФ РАН (Нижний Новгород) в Томске по микроволновому и оптическому наблюдению средней атмосферы и, если это событие случится, озона и температуры средней атмосферы во время зимнего стратосферного потепления в Западной Сибири.

-Продолжить работу по систематизации данных многолетних наблюдений фонового и возмущенных компонент аэрозоля в средней атмосфере (аэрозоль вулканического происхождения, полярные стратосферные и серебристые облака, аэрозоль метеорного происхождения), а также термического режима стратосферы (зимних стратосферных потеплений).

-Провести поиск закономерностей и условий формирования фонового аэрозоля и возмущенных компонент аэрозоля в средней атмосфере с привлечением результатов анализа траекторий движения воздушных масс в Северном полушарии и спутниковых данных.

-Завершить работу по пересмотру теории возникновения гравитофотофореза и поиску достаточно представительных классов аэрозольных частиц, для которых возможно возникновение устойчивого гравитофотофореза в условиях стратосферы и мезосферы.

-Представить краткий отчет, подготовить статьи для публикации в центральной печати и доклады на международных и российских конференциях.

## **2. Основные результаты проекта за 2014г.:**

1. На определенном уровне завершена работа по пересмотру теории возникновения гравитофотофореза и поиску достаточно представительных классов аэрозольных частиц, для которых возможно возникновение устойчивого гравитофотофореза в условиях стратосферы и мезосферы.

2. Установлено, что в дневное время в атмосфере фотофоретическое взаимодействие способно оказать сильное влияние на коагуляцию хорошо поглощающих излучение субмикронных частиц.

3. Планируемые в 2014г. экспериментальные исследования динамики вертикальной структуры аэрозоля в верхней тропосфере, стратосфере и мезосфере на Сибирско-Дальневосточной межрегиональной лидарной сети РАН выполнены в полном объеме и на

необходимом качественном уровне. Поставленные в проекте задачи по проведенному количеству и качеству наблюдений, обработке экспериментальных данных выполнены полностью.

4. В 2014г. в Томске на малой станции высотного зондирования атмосферы ИОА СО РАН проводилась работа по модернизации лидарного комплекса. Было завершено создание рамановского канала измерений температуры в нижней, средней и верхней стратосфере. В настоящее время на рамановском канале ведется отработка методики измерений температуры и обработки данных. Проведено сравнение, измеренных лидаром профилей температуры в июне 2014г с другими измерениями. Получено хорошее совпадение данных (Маричев, 2014).

5. Продолжен анализ потенциальных возможностей лидарных измерений параметров средней атмосферы из космоса. Ранее были проведены исследования возможности измерения плотности воздуха в средней атмосфере с сегмента МКС из космоса для видимого и УФ-диапазона длин волн.

6. По данным лидарных наблюдений в Томске выявлена сильная динамика и нестабильность аэрозольного наполнения стратосферы для всего весеннего периода 2014г. по сравнению с результатами многолетних наблюдений, что является важным и пока еще непонятным экспериментальным фактом и требует продолжения наблюдений и дальнейшего исследования с применением траекторного анализа переноса воздушных масс.

7. Представлены результаты параллельных наземных измерений вертикальных профилей озона и температуры с использованием микроволновой и лидарной техники во время стратосферного зимнего потепления (декабрь 2012 г. – январь 2013 г.). Во время этого потепления зарегистрированы заметные вариации концентрации озона и температуры в средней атмосфере.

8. Были представлены результаты исследования методом лидарного зондирования аэрозольных слоев, образовавшихся в стратосфере после падения Челябинского метеорита 15 февраля 2013 г., а также было проведено сравнение наших наземных лидарных наблюдений с результатами наблюдений аэрозольного возмущения с американских спутников. Показано, что наземные лидарные наблюдения дают более детальную, а космические - более размытую картину аэрозольных слоев метеоритного происхождения.

9. Ранее считалось общепринятым, что при рэлеевском лидарном зондировании атмосферы лидарные сигналы от области атмосферы выше 100 км отсутствуют. Получены новые экспериментальные доказательства появления повышенного светорассеяния от области слоя F2 ионосферы (150-300 км). Сделано заключение о том, что основным процессом, обеспечивающим светорассеяние, является резонансное рассеяние.

10. Современные модели изменения глобального климата имеют серьезные недостатки, что приводит к неопределенности прогноза климатических изменений. Выявление закономерностей климатических изменений на основе построения параметрических математических моделей и их идентификации на основе экспериментальных данных является актуальным направлением климатически исследований. В рамках этого направления предложена *малопараметрическая энергобалансовая модель* глобальной температуры и проведена оценка параметров модели по данным экспериментальных наблюдений. Полученная модель сезонной и долговременной изменчивости имеет высокий коэффициент детерминации. В частности, модель позволяет обосновать доминирующий вклад водяного пара в формировании поглощающей оптической тощи атмосферы в ИК диапазоне и малый вклад долговременных изменений углекислого газа и метана в оптическую толщу атмосферы по сравнению с естественными вариациями сезонной изменчивости водяного пара. Кроме того, делается важный вывод, что экспертная оценка Президиумом РАН научных основ Киотского протокола, как несостоятельных, является полностью адекватной. Результаты

опубликованы в журнале «Оптика Атмосферы и Океана» (Дворецкая И.А., Г.М.Крученицкий, Г.Г.Матвиенко, И.И. Станевич, 2014).

Разработанный подход к построению регрессионных моделей был распространен также и на другие явления. Предложен индикатор тектонической активности.

11. Методом исследования углекислого газа в атмосфере, который позволяет получить необходимый и качественный объем данных о его содержании в атмосфере, пространственно-временном распределении и изменчивости, является спутниковый метод. Этот метод относится к косвенным и требует применения того или иного метода решения обратной задачи для извлечения искомой информации из измеренных данных. В статье, опубликованной в журнале «Вестник Волгоградского Государственного университета» ( Катаев М.Ю., Лукьянов А.К., 2013), приводится описание метода решения обратной задачи восстановления общего содержания углекислого газа из спутниковых данных GOSAT, основанного на методе эмпирических ортогональных функций.

12. Был представлен отчет, подготовлены и опубликованы статьи в центральной печати и доклады на международных и российских конференциях.

**3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках фундаментального, прикладного научного исследования, экспериментальные разработки – нет.**

**4. Назначение и область применения результатов проекта**

Метеорология.

Физика атмосферы.

Решение фундаментальной проблемы физики атмосферы, связанной с изучением механизмов и закономерностей вертикального и горизонтального переноса аэрозоля и формирования аэрозольных слоев в стратосфере и мезосфере Земли на основе проведения комплексных теоретических и экспериментальных исследований.

**5. Возможность коммерциализации результатов проекта**

Это фундаментальные исследования

**6. Эффекты от внедрения результатов проекта**

**7. Наличие соисполнителей – 9 человек.**

Руководитель работ по проекту

*Г.н.с. НИЧ СФУ Черемисин Александр Алексеевич*