

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Филяя Андрея Александровича "Восстановление параметров вулканического пепла по спутниковым данным", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы

Диссертационная работа посвящена актуальной проблеме диагностики вулканических извержений, включая создание методик обнаружения и определения геометрических параметров вулканических облаков по спутниковым данным, разработку методик и алгоритмов определения микрофизических, оптических и массовых характеристик вулканического пепла с учетом трансформации многокомпонентного состава вулканического облака, разработку оптических и микрофизических моделей вулканических облаков, валидацию спутниковых оценок параметров вулканического пепла и разработку программного комплекса для оперативного восстановления параметров вулканического пепла по данным спутникового зондирования атмосферы.

В диссертационной работе поставлены и решены задачи: (1) построить микрофизические и оптические модели вулканических облаков, (2) разработать методики моделирования измерений спутниковыми приборами солнечного и теплового излучения при наличии в атмосфере вулканических облаков, (3) выполнить внешнюю калибровку каналов российских спутниковых приборов и (4) осуществить программную реализацию представленных в работе алгоритмов и методик восстановления параметров вулканического пепла с целью разработки методик и алгоритмов определения микрофизических и оптических характеристик вулканического пепла по спутниковым данным с учетом многокомпонентного состава вулканического облака.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов и заключения, списка литературы и приложения.

В первой главе рассмотрены физические принципы использованных методов обнаружения вулканических облаков. Выявлены основные ограничения метода «обратного поглощения».

Во второй главе изложены теоретические основы взаимодействия электромагнитных волн с частицами вулканических облаков, включая частицы вулканического пепла, капли воды и растворов серной кислоты, а также кристаллов льда. С использованием теории Ми рассчитан спектральный ход альбедо однократного рассеяния компонентов вулканического облака, в том числе для андезит- и базальтсодержащего вулканического пепла.

Показано, что только по поглощению (и, соответственно, по яркостной температуре) в окне прозрачности 8-12 мкм нельзя достоверно отличить чистый вулканический пепел от смеси пепла и облачности.

Выполненный диссертантом анализ показал, что использование данных измерений коэффициентов спектральной яркости в окрестности длин волн 0.6, 1.6 и 3.7 мкм дает возможность решить задачу диагностики дисперсного состава вулканического облака. При этом задача диагностики сводится к определению массового коэффициента ослабления, альбедо однократного рассеяния, коэффициента асимметрии индикатрисы рассеяния и эффективного размера (радиуса) частиц вулканического пепла. Разработано оригинальное программное обеспечение для расчета оптических и микрофизических характеристик многокомпонентного вулканического пепла. Выбор оптимальной модели вулканического пепла достигается сравнением измеренных и рассчитанных интенсивностей уходящего излучения в спектральных каналах спутниковых приборов. Использовалась «быстрая» радиационная модель DISORT. На основе библиотеки Libtran подготовлено программное обеспечение для моделирования регистрируемого излучения с учетом спектральной чувствительности каналов. Следует отметить, что моделирование выполняется для различных условий наблюдения и освещения.

Важным аспектом спутниковой диагностики вулканических облаков является контроль стабильности измерительной спутниковой аппаратуры (третья глава). Разработана схема калибровки коротковолновых каналов спутникового прибора МСУ-МР с использованием данных измерений прибора AVHRR/3 космического аппарата серии MetOp с высоким уровнем стабильности. Для спутникового прибора МСУ-ГС разработана схема калибровки с привязкой к эталонному прибору VIIRS (космический аппарат

Suomi NPP) по данным измерений над областями глубокой облачной конвекции, что позволяет не учитывать влияние подстилающей поверхности и газового состава атмосферы. В третьей главе представлена методика детектирования вулканических облаков на фоне жидкокапельной и кристаллической облачности с помощь разработанного диссертантом «пятиканального алгоритма» по данным измерений уходящего излучения на длинах волн 0.55, 1.6, 3.7, 11 и 12 мкм. Разработана методика определения высоты верхней границы вулканических облаков по данным измерений на длинах волн 11 и 12 мкм. После определения высоты верхней границы восстанавливаются основные оптико-микрофизические параметры вулканического облака. Показано, что качество информации об аэрозольном составе вулканического облака является одним из основных факторов, определяющих точность восстановления его массовых характеристик.

Проведена валидация спутниковых оценок параметров вулканического пепла путем сопоставления с данными самолетных и лидарных измерений (глава 4), в том числе с данными самолетного лидара (длина волны 355 нм) и спутникового лидара CALIOP (длина волны 532 нм). Показано, что наблюдается существенное различие в результатах обнаружения областей атмосферы содержащих вулканический пепел «пятиканальным алгоритмом» и методом обратного поглощения.

Сравнение (с учетом параллакс-эффекта) результатов спутникового зондирования оптико-микрофизических параметров вулканического облака с использованием данных измерений прибора SEVERI (Meteosat-9) с данными самолетного лидарного зондирования (самолет-лаборатория FAAM BAe-146) показало, что они хорошо согласуются друг с другом.

В пятой главе представлен уникальный программный комплекс восстановления параметров вулканического тепла, предназначенный для комплексного решения задач своевременного обнаружения и расчета параметров вулканических облаков для оперативного оповещения соответствующих служб. Приведены примеры эффективного использования разработанного комплекса для диагностики вулканических облаков, образовавшихся при извержениях вулканов Безымянный и Шивелуч.

В заключении представлены основные результаты диссертационной работы.

Таким образом, обоснованы выносимые на защиту основные положения диссертационной работы: разработан новый эффективный алгоритм детектирования вулканического пепла на фоне облачности, разработана и реализована внешняя калибровка коротковолновых каналов российских спутниковых приборов, разработана методика построения микрофизических и оптических моделей многокомпонентных вулканических облаков и методика определения микрофизических и оптических параметров вулканического пепла.

В диссертационной работе получен целый ряд новых результатов: впервые разработан алгоритм детектирования вулканического пепла на фоне кристаллической и жидкокапельной облачности по спутниковым данным, разработана новая методика определения оптических и микрофизических параметров вулканического пепла по данным спутниковых измерений уходящего излучения в видимом и инфракрасном диапазонах длин волн, разработана методика внешней калибровки коротковолновых каналов спутниковых приборов российских космических аппаратов, создано программное обеспечение для построения многокомпонентных моделей вулканических облаков.

Новизна выполненного в диссертационной работе исследования позволила решить актуальные практические задачи диагностики вулканических облаков по данным спутникового зондирования. Практическая значимость диссертационной работы определяется тем, что (1) разработаны алгоритмы и методики восстановления параметров вулканического пепла которые использованы при создании программного комплекса «PLANETA CALC VOLCANIC ASH», (2) разработана методика калибровки коротковолновых каналов спутникового прибора МСУ-МР серии «Метеор-М», которая реализована в программном обеспечении «PLANETA CALIBRATION MSU-MR» и (3) методика калибровки коротковолнового канала прибора МСУ-ГС космического аппарата серии «Электро-Л», реализованного в программном обеспечении «PLANETA CALIBRATION MSU-GS», (4) разработана методика построения многокомпонентных оптических моделей вулканического облака (программное обеспечение «PLANETA MIXING AEROSOL FRACTIONS»), (5) выполнена апробация разработанных методик и алгоритмов в задачах восстановления параметров вулканического пепла по данным российских космических аппаратов.

Научная значимость работы определяется тем, что разработаны теоретические основы современной эффективной методики диагностики вулканических облаков.

Достоверность результатов диссертационной работы определяется тем, что разработанные методики диагностики характеристик вулканических облаков основываются на фундаментальных результатах и положениях физики, в частности, физики атмосферы, количественным согласием рассчитанных характеристик и спутниковых измерений уходящего излучения, спутниковые оценки параметров вулканического пепла согласуются с данными независимых лидарных измерений самолетного и спутникового базирования.

По диссертационной работе и автореферату имеются следующие замечания:

1. Автором довольно подробно описан процесс калибровки коротковолновых каналов российских спутниковых приборов. Однако нет оценок как результаты калибровок повлияли на надежность детектирования вулканического облака или точность восстановления параметров пепла.
2. В диссертации представлена методика детектирования вулканического пепла с помощью пятиканального алгоритма. Выбор оптической модели для восстановления параметров пепла также подразумевает использование пяти каналов, но в ночное время будут применяться только ИК каналы: 11 и 12 мкм. В работе не указано к чему это приведет и каковы, в частности, будут ошибки оценок параметров пепла ночью.
3. На стр. 12 автореферата отмечено, что «для построения оптических моделей было разработано уникальное программное обеспечение». Правильно было бы написать: «оригинальное программное обеспечение».
4. На стр. 63 диссертации говориться, что возникает «необходимость анализа взаимодействия излучения с компонентами вулканического облака во всем спектральном диапазоне». Более точное

утверждение: « в широком спектральном диапазоне». И указать этот диапазон.

5. На стр. 102-103 диссертации утверждается, что «измерения узконаправленного луча лидара ... имеют небольшое разрешение, порядка нескольких метров». На самом деле в данном случае реализуется высокое пространственное разрешение и небольшая длина осредненная по трассе зондирования.

Указанные замечания не затрагивают основные положения диссертационной работы и не снижают её высокую научную и практическую ценность.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

Диссертационная работа А.А. Филея является оригинальным законченным и целостным исследованием. Она представляет собой гармоничное сочетание выполненного на современном уровне фундаментального исследования теоретических основ спутниковой диагностики вулканических облаков, разработки программно-алгоритмического комплекса для решения практической задачи оперативного определения параметров многокомпонентного вулканического пепла, валидации разработанных методик и демонстрации возможностей оперативной диагностики и оперативного оповещения соответствующих служб о текущей опасности вулканических извержений.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в периодических научных журналах, индексируемых в базе Scopus (8 публикаций), в журнале, рекомендованном ВАК (1) и в материалах конференций (2). Получено 4 свидетельства о государственной регистрации программ.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных и российских конференциях (6) и совещаниях (2).

Считаю, что диссертационная работа А.А. Филея удовлетворяет требованиям пп. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013

года № 842), а ее автор заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросфера.

Старший научный сотрудник
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института физики атмосферы
им. А.М. Обухова РАН,
кандидат физико-математических наук
по специальности 25.00.29 –
физика атмосферы и гидросфера

Карпов А.В.

01.10.21

Я, Карпов Алексей Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой докторской диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Карпов А.В.

01.10.21

Подпись Карпова Алексея Владимировича
заверяю
Ученый секретарь
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института физики атмосферы
им. А.М. Обухова РАН,
кандидат географических наук

Краснокутская Л.Д.
01.10.21

