

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Нгуен Тонг Тама «Диагностика фазового состояния тропосферных облаков по спутниковым данным», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология, агрометеорология».

Тема, выбранная автором диссертации, важна как для исследований климата, так и для мониторинга и прогноза погоды. Оптическая плотность облачности оказывает существенное влияние на радиационный баланс, в т.ч. системы Земля атмосфера, который в значительной степени повинен в вариациях погоды и изменении климата. А информация о фазовом состоянии облаков и водозапаса необходима для анализа состояния облачного покрова и прогноза вероятности и интенсивности осадков, которые в свою очередь участвуют в формировании гидрологического режима территории, сведения о котором необходимы для мониторинга засух, пожаров, наводнений, а также для ведения сельского хозяйства и строительства.

Научная новизна работы Нгуена Т.Т. несомненна, т.к. к настоящему времени зарубежными исследователями ещё не до конца решена задача получения информации о микрофизических параметрах облачности (оценки микрофизических параметров получаются только для верхнего слоя облачности). В России подобные исследования практически отсутствуют. Таким образом, цель данного исследования, сформулированная диссертантом, является весьма актуальной. При достижении поставленной цели автором последовательно реализуются и выносятся на защиту следующие задачи:

- разработка численной модели рассеяния электромагнитных волн облачными каплями воды и кристаллами льда;
- программная реализация модели облачной атмосферы для решения прямой задачи дистанционного зондирования атмосферы;
- разработка и программная реализация алгоритма определения облачной маски по спутниковым данным;
- разработка алгоритма определения оптической толщины облаков;
- диагностика фазового состояния смешанных облаков по спутниковым данным;
- верификация полученного метода определения фазового состояния облаков с привлечением экспериментальных данных.

В Главе 1 автором перечислены условия образования тропосферных облаков, приведён обзор микрофизических параметров и свойств облаков и облачных частиц, а в Главе 2 представлен достаточно подробный обзор существующих в настоящее время приборов и методов дистанционного зондирования тропосферных облаков. Видно, что автором была проведена большая работа с литературой и он хорошо разбирается в физических процессах разных метеорологических явлений.

Главы 3 и 4 диссертации посвящены собственно разработке и реализации метода оценки по спутниковым данным фазового состояния воды в тропосферных облаках. Так, в Главе 3 подробно с математической точки зрения описаны физические процессы, происходящие в облаке со смешанной фазой. Описана модель рассеяния на сфероидальных частицах воды и льда, а также подробно описан алгоритм численного моделирования оптических свойств облачной атмосферы. На основе приведённых в Главе 3 физико-математических выкладок автором была программно реализована радиационная модель облачной атмосферы, позволяющая оценивать оптические свойства облаков по их микрофизическим параметрам с учётом свойств подстилающей поверхности. Здесь также приведены результаты некоторых численных экспериментов по моделированию рассеяния электромагнитных волн облачными частицами. Полученные автором результаты показали, что предложенную модель можно использовать не только для теоретических

расчётов, но и оценок параметров облачности на практике, что является не менее важной задачей.

Глава 4 диссертации посвящена разработке и программной реализации алгоритмов определения облачной маски, а затем для облачных пикселей – оптической толщины, водозапаса и фазового состояния воды в облаке. По данным измерений в каналах 1, 2, 3 (видимый диапазон), 4, 9 и 10 (ИК-диапазон) аппаратуры SEVIRI с геостационарного метеоспутника Meteosat-10 проводится детектирование облачной маски. Далее путём решения обратной задачи с помощью модели Эддингтона определяется оптическая толщина облаков по данным прибора SEVIRI (каналы 1-3) при заданных значениях альbedo однократного рассеяния и параметра асимметрии индикатрисы рассеяния. Затем на основе микрофизических свойств облака и учёта диэлектрических свойств облачных частиц методом параметризации рассчитываются водозапас и ледозапас облака, а затем фазовое состояние воды в облаке. Главным ограничением применения предложенного автором метода является светлое время суток, т.к. для расчётов используются значения альbedo в видимом диапазоне. С целью проверки работы созданного программного комплекса автором осуществлено сопоставление оценок водозапаса облака по спутниковым данным с результатами измерений наземного микроволнового радиометра.

Разработанный автором программный комплекс для получения микрофизических параметров облачного покрова работает пока только в экспериментальном режиме. Однако очевидно, что полученные наработки можно будет реализовать и для создания автоматического программного комплекса получения значений облачных параметров по спутниковым данным сначала для климатических исследований, а затем и в оперативном режиме. К сожалению, в настоящее время большая продолжительность процесса обработки спутниковой информации не позволяет надеяться на использование получаемой информации для оперативных анализа и прогноза погоды. Но вполне может использоваться для климатических исследований.

В работе Нгуен Т.Т. использует данные шести каналов спутникового сканирующего прибора SEVIRI/Meteosat-10, однако похожий набор каналов имеет и другая спутниковая аппаратура, например, радиометр AVHRR с полярно-орбитальных спутников серии NOAA, а также приборы МСУ-МР и МСУ-ГС с российских соответственно полярно-орбитального и геостационарного метеоспутников «Метеор-М» и «Электро». Что делает возможным перенос методики и на другие спутниковые данные и даёт возможность использовать её не только в субглобальном (для круга обзора SEVIRI/Meteosat-10), но и глобальном масштабе. К сожалению, автором в работе не было высказано подобной мысли (о переносе методики на другие спутниковые данные).

Из других недостатков, замеченных мною в работе следует упомянуть следующие:

- 1) На рис. 4.14 диссертационной работы приведена зависимость водозапаса от водности. На самом деле, такая связь очень неоднозначна. Т.к. водозапас – это интегральная величина от водности в зависимости от толщины облачного слоя. Два облака с одинаковой водностью могут иметь совершенно разный водозапас из-за разной толщины, например, St ($dH=0,5-2$ км), Ns ($dH=1-4$ км) и Cu ($dH=0,5-5$ км). Не совсем понятно, как автор определяет или задаёт толщину облачного слоя, потому что для корректного определения оптической плотности облака она тоже важна.
- 2) Во Введении написано, что «предлагаемый в работе алгоритм определения оптических свойств облачной атмосферы основан на их зависимости от высоты солнца, которая меняется с течением времени, и постоянстве альbedo подстилающей поверхности». Последнее не совсем правильно, т.к. альbedo поверхности тоже меняется со временем: пески и горы меняют альbedo в зависимости от степени их увлажнения, растительность меняется в течение года, появляется и исчезает снежно-ледовый покров и т.д. Так можно говорить только в случае, если все измерения и оценки проводятся над водной поверхностью (альbedo которой можно считать условно постоянным). В работе же про это сказано не было. Правда, часть оценок была

выполнена для центральной Атлантики, но часть относилась к району Санкт-Петербурга, для которого альбедро условно можно тоже считать константой, если условия в течение выбранного периода не менялись, но это в работе не было отмечено.

- 3) В главе 3 написано, что численная модель диэлектрических свойств воды и льда имеет диапазон работ от -40 до $+40^{\circ}\text{C}$. Но верхняя граница облачности может иметь и более низкие температуры (-60°C и ниже), например, у мощных Св. Не совсем понятно, как эту модель можно применять к таким облакам.

В целом, высказанные замечания не принижают актуальность и значимость диссертационной работы. Научная новизна и практическая ценность данной работы не вызывают сомнения. Полученные результаты и выводы позволяют сделать заключение о возможности использования программного комплекса на основе предложенной методики в автоматическом режиме для оперативной и исследовательской работы. В целом, можно сделать заключение о том, что обширная работа, проделанная автором, вполне может претендовать на законченное научное исследование, проведённое на высоком современном и научном уровне. Результаты работы изложены последовательно и достаточно подробно, понятным языком, выводы логичны и обоснованы.

Работа вполне соответствует уровню кандидатской диссертации по рассматриваемой специальности. Диссертация написана с соблюдением всех установленных требований и даёт чёткое представление о проделанной работе. Автореферат и публикации соответствуют основному содержанию диссертации.

Можно сделать заключение о том, что представленная диссертация отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к работам на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук, а её автор Нгуен Т.Т. заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология, агрометеорология».

Официальный оппонент кандидат географических наук, старший научный сотрудник
ФГБУ «НИЦ «Планета» _____ Волкова Елена Викторовна

22 марта 2017 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета»

Адрес: 123242, г. Москва, Большой Предтеченский переулок, д. 7

Тел.: (499) 252 37 17, e-mail: quantocosa@bk.ru

Подпись Е.В.Волковой заверяю,
учёный секретарь ФГБУ «НИЦ «Планета», к.э.н.



М.М. Бухарова