

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра метеорологии и климатологии

**Влияния облачности на радиационный баланс Земли по данным
спутниковых измерений**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки _____ 4 _____ курса _____ 411 _____ группы

направления (специальности) _____ 05.03.05 Прикладная гидрометеорология _____
код и наименование направления (специальности)

_____ географического факультета _____

наименование факультета, института, колледжа

_____ Сурковой Яны Викторовны _____

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

_____ доцент, к.г.н. _____

должность, уч. степень, уч. звание

_____ подпись, дата _____

_____ М.Ю. Червяков _____

инициалы, фамилия

И.о. зав. кафедрой

_____ доцент, к.г.н. _____

должность, уч. степень, уч. звание

_____ подпись, дата _____

_____ М.Ю. Червяков _____

инициалы, фамилия

Саратов 2019

Введение. В настоящее время проблеме формирования и изменений климата уделяется особое внимание [1]. Особую роль в оценке климатических изменений играют космические наблюдения, так как только они могут дать глобальное представление о земной климатической системе и ее изменениях [2]. Для понимания закономерностей климата и его изменений наиболее перспективными оказались спутниковые данные по облачному покрову и радиационному балансу Земли [3].

Облачность играет важную роль в земной климатической системе, участвуя в гидрологическом цикле и оказывая существенное влияние на радиационный баланс Земли [4]. Всемирный метеорологический день в 2017 году имеет девиз: «Понимание облаков», который был озвучен в послании генерального секретаря ВМО. Данная тема подчеркивает огромное значение облаков для климата.

Возрастающая актуальность данных наблюдений радиационного баланса Земли (и радиационного баланса подстилающей поверхности) определяется, прежде всего, их важным значением для анализа пространственно-временной изменчивости климата; роли радиационных факторов формирования климата и его изменений, а также соответствующих обратных связей (облачно-радиационной) [3]. Облака играют жизненно важную роль в регулировании энергетического баланса и климатической системы Земли.

Целью бакалаврской работы является анализ данных измерений потока отраженной коротковолновой радиации радиометром ИКОР-М на ИСЗ серии «Метеор-М» с целью построения графиков распределений значений альbedo и поглощённой солнечной радиации на верхней границе атмосферы, оценка пространственно-временной изменчивости этих характеристик, а также выявление взаимосвязи между величиной альbedo и облачностью.

Для реализации, поставленной нами цели, были намечены следующие задачи:

1. С помощью научной литературы рассмотреть информацию о радиационном балансе Земли, облачном покрове на Земле и их спутниковом мониторинге;

2. Построить графики распределений значений альbedo и поглощённой солнечной радиации на верхней границе атмосферы;

3. Изучить изменения альbedo и поглощённой солнечной радиации в Мировом океане;

4. Мониторинг тропических циклонов по спутниковым данным; 5. Рассмотреть распределение альbedo и облачности над тропическими циклонами;

5. Оценить вклад облачности в величину альbedo для океанов, а также изучить взаимосвязь между величинами.

Основное содержание работы. В настоящее время вариации радиационных характеристик Земли успешно изучаются с помощью космических систем, так как радиационный баланс Земли на верхней границе атмосферы играет важную роль в формировании процессов общей циркуляции атмосферы и климата.

Большая часть инструментальных измерений компонентов РБЗ выполнена за рубежом. В России было несколько проектов по измерениям составляющих РБЗ [2].

В 2003 г. научному коллективу под руководством Ю.А. Склярова (главный конструктор) было предложено создать полностью автономный радиометр, получивший название ИКОР-М. Вывод на орбиту ИСЗ «Метеор-М» № 1 состоялся 16 сентября 2009 года. Полноценная информация стала поступать с ноября 2009 года.

Радиометр ИКОР-М предназначен для измерений уходящей коротковолновой радиации на верхней границе атмосферы (ВГА). Это дает возможность получать значения альbedo и поглощенной солнечной радиации, как составляющих радиационного баланса Земли, и осуществлять их мониторинг [5].

Поглощённая солнечная радиация является одной из ключевых переменных Земной климатической системы. Пространственно-временные её вариации определяются, в первую очередь, распределением облачности, характером подстилающей поверхности, планетарным альbedo Земли, временем года и сезонным движением Солнца.

В программе редактирования и анализа полей для ИКОР «IKOR Fields Editor» были созданы шаблоны для расчета среднезональных составляющих радиационного баланса Земли для каждого океана.

Над экваториальной зоной Мирового океана наблюдаются большие значения поглощённой солнечной радиации. С июля по март значения

поглощённой радиации достигают 350-400 Вт/м², в остальные месяцы до 300-350 Вт/м².

В Атлантическом океане зона наибольшего поглощения солнечной радиации (400-450 Вт/м²) наблюдается в мае-июле в пределах от 20° до 40° северной широты и в ноябре-январе от 7,5° до 45° южной широты. В Тихом океане максимальные значения поглощенной солнечной радиации в ноябре-январе по данным ИКОР-М колеблется в пределах от 15° до 37,5° южной широты. В северном полушарии значений 400-450 Вт/м² не наблюдается. Наиболее высокие значения поглощённой солнечной радиации в Индийском океане заметны в октябре-январе в полосе 10-35° южной широты. Такое высокое поглощение радиации, возможно, можно объяснить большой повторяемостью ясного неба (0-3 балла).

Минимальные значения поглощённой радиации в Мировом океане достигали величин приблизительно до 50 Вт/м². Самые низкие значения отмечаются март-сентябрь для южного полушария, октябрь-февраль для северного [6].

Величины альбедо являются важнейшими характеристиками земной климатической системы, которые дают информацию о снежном и ледовом покрове, облачности и подстилающей поверхности [2].

Анализируя графики распределения альбедо можно выявить территории с максимальными и минимальными значениями величин альбедо. Самые большие значения характерны для приполярных районов. Так для Атлантического океана наибольшее альбедо достигается в осенне-зимний период, составляя 45-50 % в 2010-2014 гг. и 50-60 % в последующие.

Альбедо тропической зоны Мирового океана в среднем колеблется в пределах 15-20 %, но в некоторых районах максимум достигает величин 30 %, как например, в июле – октябре в Атлантическом океане в широтной зоне 5-15° южной широты. Такие высокие значения альбедо обусловлены развитием мощной конвективной облачности.

В зонах конвективной облачности над акваториями океанов, например, во внутритропической зоне конвергенции (ВЗК), которая располагается примерно на широте 5-10° с.ш., величины альbedo также велики. Так, в тропической части Тихого океана севернее экватора альbedo составляет 25 %.

Минимальные величины альbedo во всех океанах имеют значения 10–15 % и располагаются вблизи экватора. Также минимальные величины альbedo 5-10 % наблюдаются в ноябре-январе в зоне выше 60° с.ш. и в апреле-сентябре в зоне ниже 30° ю.ш.

Особый режим распределения альbedo наблюдается в Индийском океане. Этот океан уникален тем, что большая его часть находится в южном полушарии. Наибольшие значения альbedo в тропической зоне достигают 35 %. Эта область характеризуется постоянством аномально высоких значений альbedo в течение летних месяцев. Данный феномен можно объяснить регулярным действием Азиатского летнего муссона, во время которого развивается мощная кучево-дождевая облачность [7].

К настоящему времени накоплен и продолжает регулярно пополняться архив спутниковых снимков и данных альbedo. На спутниковых снимках видимого диапазона были выявлены циклонические вихри, из которых позже развиваются циклоны и ураганы. В программе для ИКОР «IKOR Archive Viewer» были найдены витки спутника в момент прохождения тропических циклонов. По витку были сняты значения альbedo над тропическим циклоном и в зонах вблизи него.

В результате был составлен архив тропических циклонов. Величины мгновенных значений альbedo для поверхностей тропических циклонов варьируются от 36 до 55 %. Это объясняется развитием мощной кучево-дождевой облачности в циклонах.

Для витка были построены широтные распределения альbedo. На рисунке (в соответствии с рисунком 1) показан пример широтного распределения альbedo за 3 сентября. Из рисунка видно, что трек орбиты проходит через значительные поля облачности в Тихом океане в районе 30° северной и южной

широты. На графике широтного распределения этим зонам соответствует увеличение значений альbedo до 0,3—0,4. Низкие значения альbedo менее 0,2 можно наблюдать по обе стороны от экватора в районе 5° северной и южной широт, что соответствует чистому безоблачному океану. Наиболее высокие значения альbedo южнее 60° южной широты свидетельствуют о выходе спутника в зону Антарктических льдов [2].

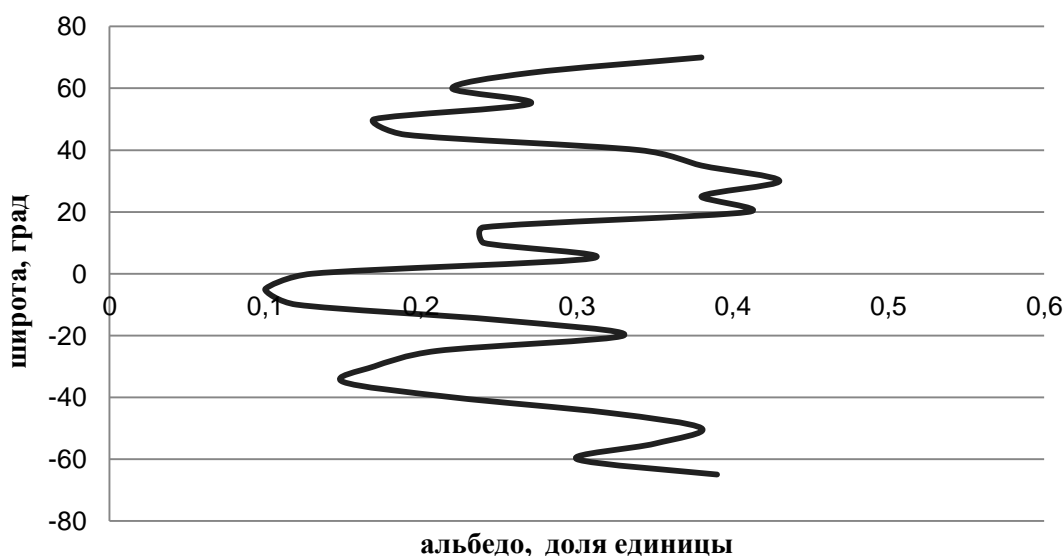


Рисунок 1 – Широтное распределение мгновенных значений альbedo по витку во время прохождения тропического циклона Norman 3 сентября 2018 г (составлено автором)

Облачность является одним из наиболее важных факторов изменчивости радиационного режима Земной климатической системы, облака оказывают существенное воздействие на формирование климата [2].

Для выявления взаимосвязи облачности с альbedo были сняты значения данных величин за период с 2015 по 2018 год. По данным были построены карты среднемесячного и среднегодового хода альbedo и облачности над Атлантическим океаном (25-35° з.д.) и двумя частями Тихого океана – западной (140-150° з.д.) и восточной (160-170° в.д.).

Анализируя карты среднегодового распределения альбедо и облачности можно выявить участки с максимальными и минимальными значениями величин. Самые большие значения характерны для районов $45-50^\circ$ северного и южного полушария. Так для этих областей альбедо достигает 35 % (в соответствии с рисунком 2). Такие высокие значения альбедо над этими регионами обусловлены облачным покровом со значением 0,9.

В зонах конвективной облачности над акваториями океанов, во внутритропической зоне конвергенции (ВЗК), которая располагается примерно на широте $5-10^\circ$ с.ш., величины альбедо также велики. Так, в восточной зоне Тихого океана наблюдается два максимума альбедо севернее и южнее экватора, и составляют 30 %.

Минимальные величины альбедо в Тихом океане имеют значения 15 – 20 % и располагаются вблизи экватора. Таким низким значениям альбедо соответствуют значения облачности от 0,3 до 0,5. В восточной части Тихого океана зоны с минимальными величинами альбедо располагаются по обе стороны от ВЗК.

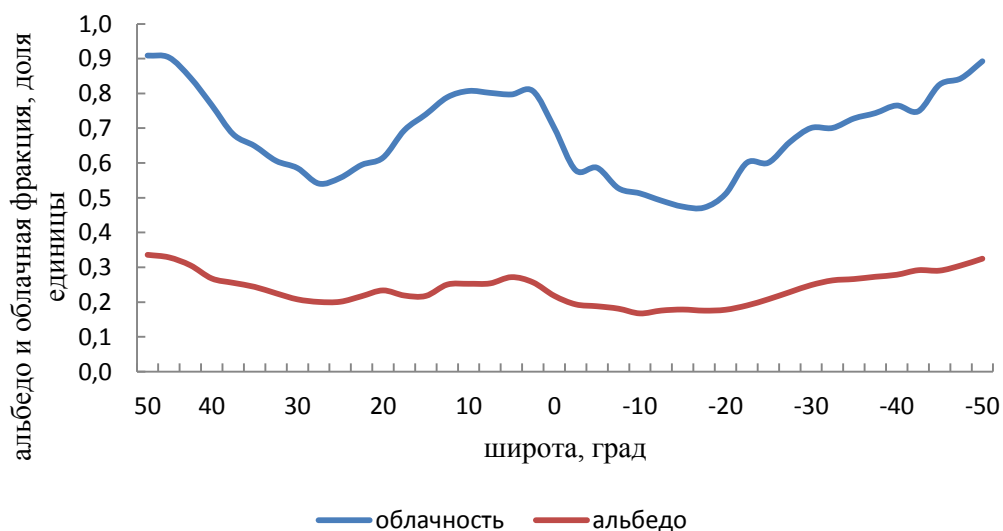


Рисунок 2 – Среднегодовой ход облачности и альбедо над Атлантическим океаном за 2018 г. (составлено автором)

Таким образом, широтные распределения облачности позволяют выделить характерные зоны с максимальными значениями облачности: экваториальную (0-10° с.ш.), и умеренную северную (30- 50° с.ш.) и южную (30-50° ю.ш.). В течение года в обоих полушариях сохраняется характерный широтный ход с максимумами в умеренных и приэкваториальных областях Земли [2].

В ходе сравнения распределений облачности и альбедо было выявлено наличие корреляции для каждого океана. Например, коэффициент корреляции за 2018 год для Атлантического океана составляет 0,93 (в соответствии с рисунком 3), для западной части Тихого океана – 0,97, для восточной – 0,91. Высокое значение коэффициента корреляции в среднем за год над Мировым океаном обусловлено тем, что океан является практически однородной поверхностью, поэтому на его альбедо может повлиять только наличие над ним облачности [2].

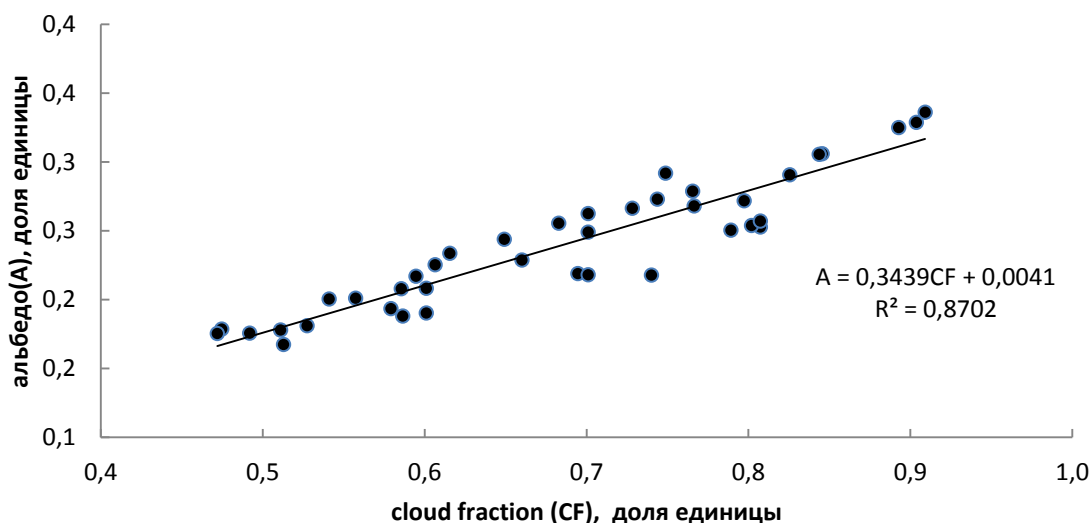


Рисунок 3 - Связь облачности и альбедо для Атлантического океана за 2018 г. (составлено автором)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе исследований, выполненных в бакалаврской работе, можно сформулировать следующие основные результаты:

В программе для ИКОР «IKOR Fields Editor» были созданы шаблоны для расчета среднезональных составляющих радиационного баланса Земли для Атлантического, Тихого и Индийского океанов. По шаблонам рассчитывались среднемесячные значения поглощённой солнечной радиации для океанов. Минимальные значения поглощённой солнечной радиации отмечаются в марте-сентябре для южного полушария, в октябре-феврале для северного. Максимальное значение поглощённой солнечной радиации наблюдалось в тропической зоне Мирового океана и составило до 450 Вт/м².

Получены данные о распределении и вариациях альбедо для Мирового океана, а также каждого океана в отдельности. Максимальные значения альбедо для Мирового океана наблюдаются в осенне-зимний период, достигая в среднем 55 %. Такие большие значения обусловлены наличием зоны с максимумом облачности. В районе ВЗК (5-10° с.ш.) альбедо для Тихого и Атлантического океанов достигает 25 % в летне-осенний период. Особый режим альбедо над экваторией Индийского океана, где в летние месяцы развивается летний Азиатский муссон. Так, в зоне 12,5-25° с.ш. летом формируются центры с высокими значениями альбедо, обусловленными развитием здесь мощной кучево-дождевой облачности. Альбедо данной зоны может достигать в эти периоды значений 30-35 % [2].

Оценены величины мгновенных значений альбедо для поверхностей тропических циклонов. В целом, значения варьируются в пределах 40-50 % и обусловлены тем, что в тропических циклонах наблюдается плотный облачный покров, состоящий из мощных кучево-дождевых и высоких перистых облаков.

Рассмотрена и оценена взаимосвязь величины альбедо и облачности. В результате был выявлен широтный ход облачности и альбедо с максимумами в

умеренных и приэкваториальных областях и минимумами на экваторе и по обе стороны от ВЗК.

В ходе анализа данных альбедо и облачности были найдены значительные коэффициенты корреляции для Тихого и Атлантического океанов. Высокие значения коэффициента корреляции (более 0,9) объяснены тем, что на альбедо океана может повлиять только наличие над ним облачного покрова.