

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ФГБУ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР КОСМИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ «ПЛАНЕТА»

**МЕТОДИКА КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ**

Г.М. Иоффе (ФГБУ «НИЦ» «Планета» (ioffe@planet.iitp.ru),
А.А. Воронин НИИ «Фотон» (foton@rsreu.ru),
Третьякова Л.П. (ФГБУ «НИЦ» «Планета» (ioffe@planet.iitp.ru))

Одобрено
Центральной методической комиссией
по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам
Росгидромета 27.05.16

г. Москва

2015г.

Введение

Данная методика предназначена для специалистов – метеорологов Европейского Центра ФГБУ “НИЦ “Планета”, осуществляющих ежедневный визуальный контроль тропической зоны Земного шара с целью обнаружения тропических циклонов (ТЦ) и определения координат их центров. Созданная на основе координат файловая база данных (БД), используется в дальнейшем для расчета тематических карт и анимационных продуктов.

Образование и развитие тропических циклонов, одного из опаснейших явлений природы, происходит над акваториями океанов в тропических широтах обоих полушарий, где редка сеть метеорологических станций. До появления метеорологических спутников Земли было очень сложно зафиксировать моменты возникновения тропических циклонов и проследить за траекториями их движения. Многие циклоны так и оставались неопознанными и давали о себе знать лишь тогда, когда на их пути встречались торговые или рыболовецкие суда, либо обитаемые участки суши. Почти всегда эта встреча заканчивалась трагедией. Ураганный ветер и огромные волны сметали все на своем пути, принося неисчислимы бедствия и многочисленны человеческие жертвы. Естественно, что климатические данные о тропических циклонах страдали большой неточностью.

С появлением метеорологических искусственных спутников Земли ситуация кардинально изменилась. Ни одна вихревая структура облачности в тропической зоне не остается незамеченной. Появилась возможность не только определять районы и моменты зарождения тропических циклонов, но и прослеживать траектории их движения в течение всего периода их существования. Появилась, широко используемая во многих странах, автоматизированная технология (V. Dvorak, США), позволяющая по конфигурации и размеру облачного массива тропического циклона и его яркостной температуре определять интенсивность ТЦ, что особенно важно при ограниченных возможностях прямых измерений.

Однако, не смотря на интенсивное развитие науки и техники, тайна возникновения тропических циклонов до конца не разгадана. Почему, из многочисленных депрессий, возникающих в тропической зоне обоих полушарий, в среднем одна из десяти получает свое дальнейшее развитие и

достигает стадии тропического шторма или урагана? Вопрос до конца не изучен и остается открытым. Поэтому и точность прогнозирования возникновения тропических циклонов остается на достаточно низком уровне и является предметом интенсивных исследований.

Несмотря на то, что в нашей стране и за рубежом за годы космической эры накоплен обширный статистический и аналитический материал по тропическим циклонам, любые дополнительные сведения о районах и периодичности их возникновения, перемещении и эволюции могут принести определенную пользу при дальнейшем изучении процессов возникновения и развития ТЦ и разработки методов их прогнозирования.

Исходя из вышеизложенного, в ФГБУ “НИЦ “Планета” была разработана методика определения по спутниковым изображениям количественных характеристик движения тропических циклонов, построения тематических карт, гистограмм, а также анимационных продуктов (файлов), позволяющих в динамике проследить возникновение и развитие тропических циклонов.

Методику разработали Зав. отделом Г.М. Иоффе и старший научный сотрудник НИИ “Фотон” А.А. Воронин.

Оформление “Методики...” и подбор иллюстрационного материала осуществила зав. сектором Третьякова Л.П.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОЛУЧЕНИЯ ДАННЫХ О ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНАХ

Методика космического мониторинга тропических циклонов в своей основе рассчитана на использование файловой базы данных временных и географических координат центров тропических циклонов за определенный период времени.

На Рис.1 представлена технологическая схема сбора, обработки, анализа и распространения данных о тропических циклонах.

Технология включает в себя два этапа.

Этап 1. Определение временных и географических координат центров тропических циклонов, формирование на их основе телеграмм “VORTEX” и занесение их в файловую базу данных.

Этап 2. Анализ файловой базы данных и получение информационных продуктов в виде тематических карт, таблиц, гистограмм и анимационных файлов.

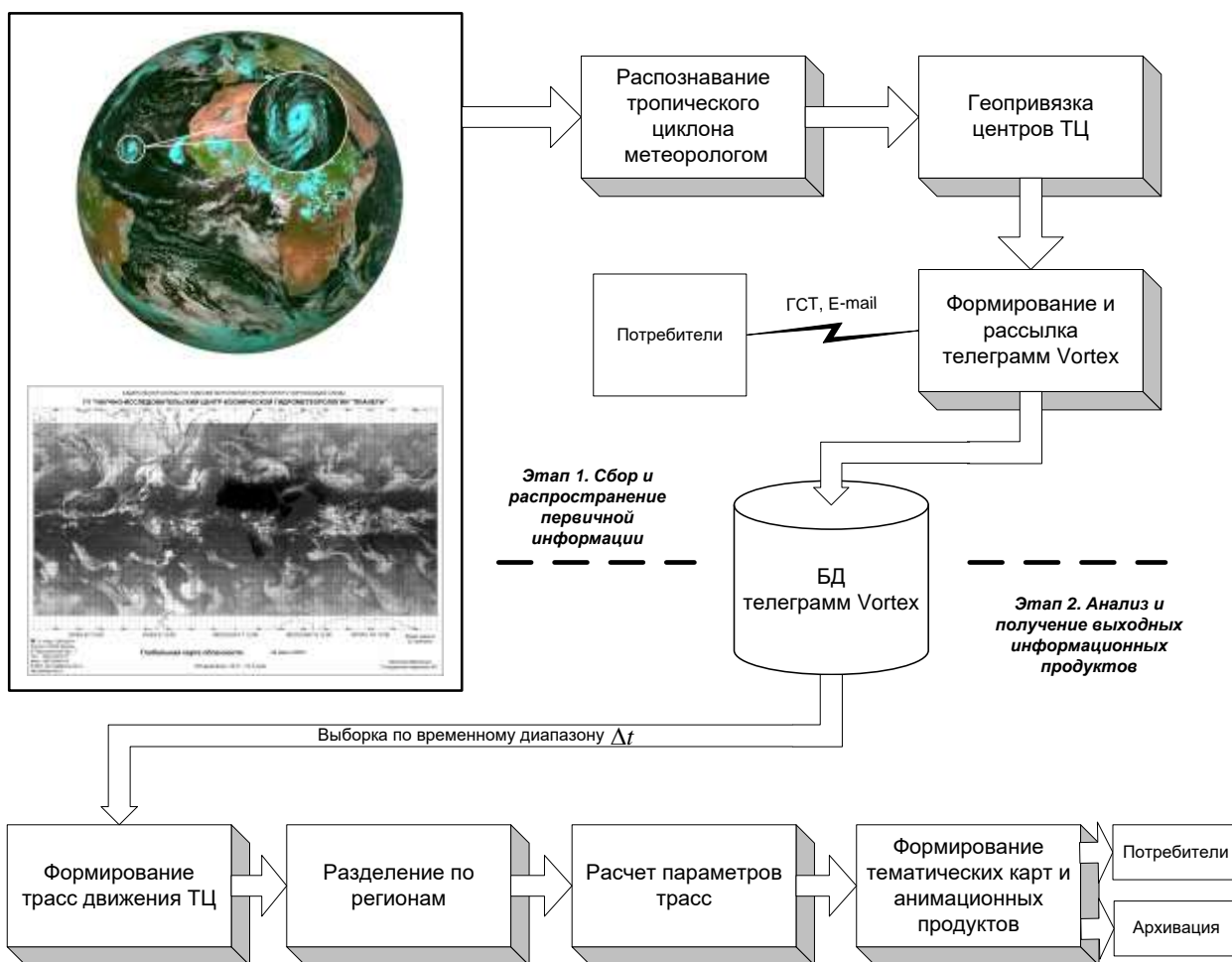


Рис.1 Технологическая схема получения данных о тропических циклонах.

2. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ЦЕНТРОВ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ И ФОРМИРОВАНИЕ ФАЙЛОВОЙ БАЗЫ ДАННЫХ (ЭТАП 1)

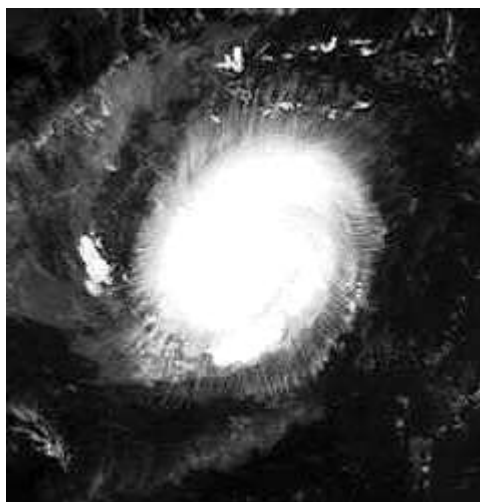
Исходной информацией для определения временных и географических координат центров тропических циклонов являются спутниковые изображения, полученные с отечественных и зарубежных геостационарных ИСЗ в видимом и инфракрасном участках спектра. Созданные в ФГБУ “НИЦ “Планета” программные комплексы “PlanetaMeteo” и “PlanetaMeteoGS” позволяют в интерактивном режиме “скалывать” со спутниковых изображений координаты центров тропических циклонов, составлять телеграммы в международной кодовой форме “VORTEX” и на их основе формировать файловую базу данных. Автоматизирована лишь техническая

сторона вопроса (скалывание координат, определение их значений, формирование телеграмм). Само же отыскание центров тропических циклонов осуществляется визуально метеорологом-дешифровщиком. Это самый ответственный и порой очень сложный этап данной технологии, требующий от специалиста определенного навыка и опыта работы со спутниковой информацией. Дело в том, что центр тропического циклона, как центр сходимости облачных спиралей, хорошо просматривается, как правило, только в максимальной стадии его развития, когда в центральной части облачного массива циклона образуется темное пятно округлой формы, так называемый “глаз бури”. Центр “глаза бури” и является центром тропического циклона. Здесь все однозначно и абсолютно точно. На всех же других стадиях развития циклона, точность определения координат его центра, как правило, связана с определенными трудностями. Особенно это проявляется на начальной и конечной стадиях развития циклона, когда сходящиеся облачные спирали еще недостаточно развиты (начальная стадия) или уже практически разрушились (конечная стадия) и на спутниковых изображениях прослеживаются с трудом. Другой причиной усложняющей работу дешифровщика, является наличие над центральным облачным массивом циклона мощной шапки перистообразных облаков, указывающих на интенсивное его развитие. С появлением перистообразных облаков положение центра циклона маскируется их покровом.

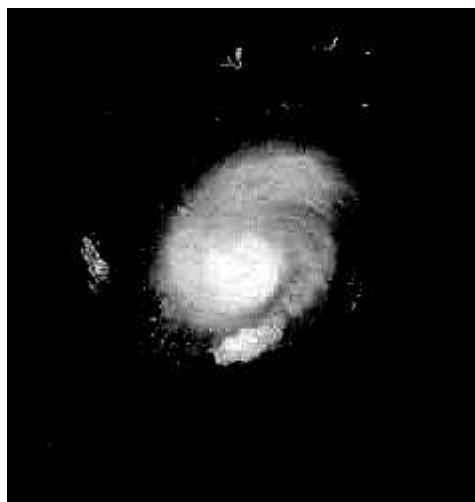
Во всех сложных ситуациях дешифровщику приходится использовать определенные приемы, которые в конечном итоге все же позволяют с определенной степенью точности определять координаты центров тропических циклонов.

Одним из таких приемов является использование, так называемых, анимационных файлов, которые позволяют в динамике прослеживать весь жизненный путь циклона от момента возникновения до полного исчезновения. Анимационные файлы создаются ежедневно с нарастающим итогом для каждого геостационарного спутника (всего их пять). В зависимости от района возникновения тропического циклона выбирается анимация с соответствующего спутника и внимательно, буквально по кадрам, прослеживаются изменения в конфигурации облачного поля ТЦ в интересующий нас период времени. Иногда это приходится делать несколько раз подряд, пока не удастся уловить момент возникновения циклона или его исчезновения. В большинстве случаев это удается сделать.

Другим важным приемом является использование, так называемого, “метода контрастирования” изображения, который позволяет “убирать” с экрана маскирующую перистообразную облачность и выявлять расположенные под ней конвективные облака, закрученные в спираль (Рис 2).



До контрастирования.



После контрастирования.

Рис. 2

Для этого, из меню панели инструментов вызывается на экран дисплея окно “контрастирование” с гистограммой яркостных характеристик изображения. Правый и левый маркеры (вертикальные пунктирные линии) постепенно смещают относительно друг друга, таким образом, и до тех пор, пока на изображении не начнет проявляться вихревая структура облачности (Рис.3).

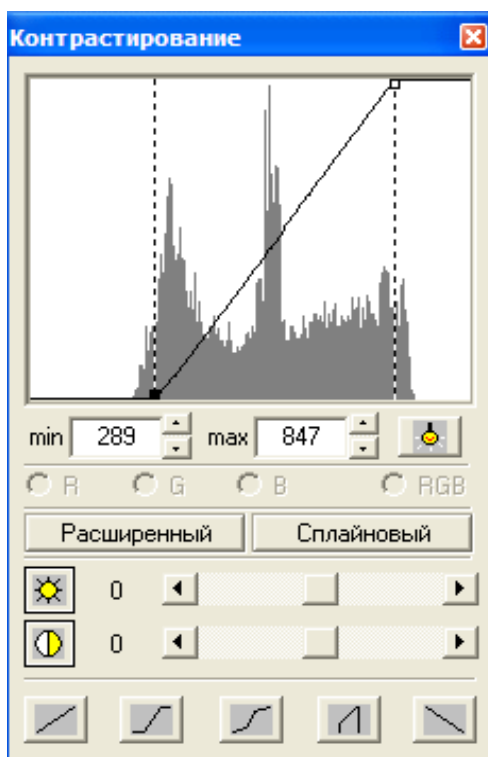


Рис.3 Гистограмма яркостных характеристик изображения.

При выявлении центров тропических циклонов могут возникать нестандартные ситуации не только затрудняющие определение их координат, но иногда и вовсе приводящие к неверной идентификации облачного образования, как тропического циклона. Так, например, нередко в зоне облачности тропического циклона, как правило, в завершающей стадии его развития, не далеко от его центра возникает облачный вихрь, состоящий из низкой кучевообразной облачности хорошо просматривающийся на телевизионных изображениях (рис.4).

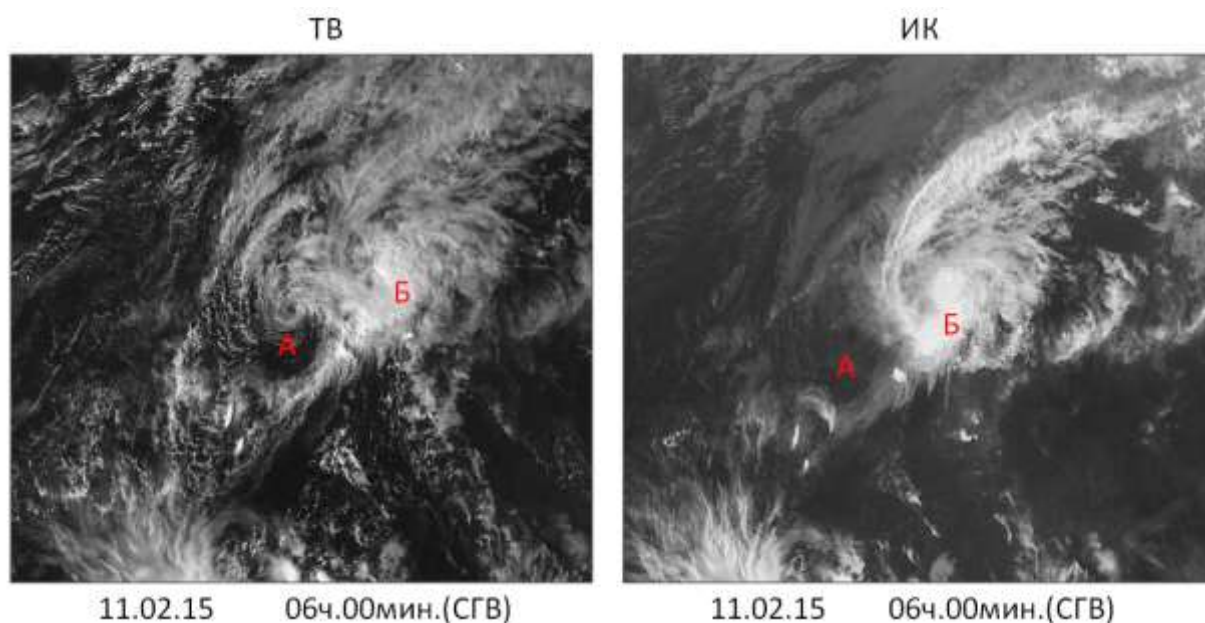


Рис.4 Возникновение “вторичного облачного вихря” (А) в зоне разрушающегося тропического циклона (Б).

На инфракрасных изображениях из-за довольно высокой температуры верхней границы облаков этот вихрь, как правило, практически не просматривается. Облачность же тропического циклона еще хорошо просматривается как на телевизионных, так и на инфракрасных изображениях и продолжает смещаться в соответствии с ведущим потоком в данном районе. Поскольку вновь возникший облачный вихрь является низким барическим образованием (в отличие от тропического циклона, который является высоким барическим образованием), то он и смещается в соответствии с направлением воздушного потока в нижней тропосфере. Нередко, направление его смещения не только не совпадает с направлением

движения тропического циклона, но и бывает противоположным. Иногда “вторичный” облачный вихрь (не путать с вторичным облачным вихрем умеренных широт) продолжает существовать определенный период времени уже после полного исчезновения тропического циклона и отчетливо просматривается на телевизионных изображениях. И вот тут возникает соблазн (как показала практика) продолжать отождествлять этот ни к чему не обязывающий облачный вихрь с уже несуществующим тропическим циклоном, что в свою очередь приводит к искажению траектории движения ТЦ и периода его существования.

Чтобы избежать подобных ошибок, необходимо привлекать к анализу не только исходные ТВ и ИК – изображения, но и анимационные файлы по данной территории, по которым можно достаточно уверенно проследить весь жизненный цикл тропического циклона.

Для осуществления контроля над правильностью определения координат центров тропических циклонов, необходимо сравнивать текущие координаты центра ТЦ с координатами центра того же циклона за предыдущие сутки.

Особенность тропических циклонов заключается в том, что в отличие от внетропических циклонов они движутся, как правило, в западном направлении с северной или южной составляющей, соответственно для северного и южного полушарий, и только достигнув точки поворота, движутся в обратную сторону (по периферии субтропических антициклонов). Отсюда вывод: текущие координаты тропических циклонов (до точки поворота) должны быть северо-западнее предыдущих координат для северного полушария и юго-западнее для южного. В большинстве случаев так оно и есть. Но бывают ситуации, когда циклон отклоняется от классической схемы и начинает двигаться в любом направлении, но только не в том, в котором мы ожидаем. Поэтому не следует искусственно “притягивать” текущие координаты к “нужным”, а просто еще раз проанализировать данную ситуацию (желательно и за предыдущие сутки) и убедиться, что координаты определены правильно.

Рассматриваемая методика предполагает регистрацию координат центров тропических циклонов один раз в сутки – 06ч.00мин. по среднему Гринвичскому времени (СГВ). Если информация за этот срок по каким-либо причинам отсутствует, то используются изображения за ближайший синоптический срок.

Определение координат центров тропических циклонов осуществляется посредством наведения курсора в предполагаемый центр ТЦ и нажатием левой клавиши “мыши” при нажатой кнопке “Ctrl”. Точность определения координат 0,1 градуса.

Полученные в результате “скальвания” координаты центров тропических циклонов и время их регистрации отображаются в соответствующей части рабочей панели по сбору координат – окно “Тропические циклоны” (Рис.5).

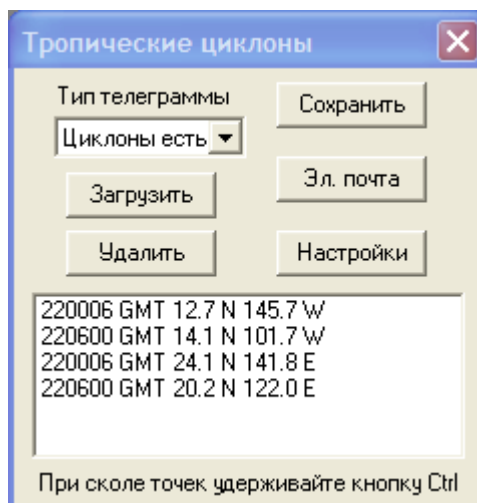


Рис 5. Рабочая панель по сбору координат центров тропических циклонов.

После снятия координат центров всех выявленных за данные сутки тропических циклонов, не зависимо от стадии их развития, формируется телеграмма в международной кодовой форме “VORTEX” посредством нажатия кнопки “Сохранить” на рабочей панели программы (Рис.6)

```
ZCZC 333 77240
TWRS10 RUMS 220900
VORTEX
220600 GMT 12.7 N 145.7 W
220600 GMT 14.1 N 101.7 W
220600 GMT 24.1 N 141.8 E
220600 GMT 20.2 N 122.0 E
NNNN
```

Рис 6. Телеграмма “VORTEX”.

Одновременно, по этой же команде телеграмма “VORTEX” поступают в сформированную на одном из оперативных серверов ФГБУ “НИЦ “Планета” файловую базу данных (БД).

При нажатии кнопки “Эл. Почта” телеграммы “VORTEX” автоматически рассылаются потребителям по глобальной системе телесвязи (через “Авиаметтелеком”) и по электронной почте.

В БД заносятся координаты центров только тех циклонов, которые достигли, как минимум, стадии шторма, т.е. стадии образования собственно тропического циклона. Координаты многочисленных депрессий, не получивших дальнейшего развития и существующих, как правило, не более 1-3 суток, в БД не заносятся. Поэтому, если в процессе работы выяснилось, что ранее обнаруженная вихревая структура облачности не получила своего дальнейшего развития на текущей информации, необходимо удалить ее координаты из телеграмм “VORTEX” за все предыдущие дни и по новой сохранить их в БД.

П р и м е ч а н и е. Если вихревая структура облачности существовала не более **двух суток**, то ее координаты из телеграмм “VORTEX” можно не удалять, так как при дальнейшей автоматизированной обработке БД программа сама исключит их из расчета.

Существует три варианта телеграмм “VORTEX”:

1. Телеграммы с координатами центров тропических циклонов;
2. Телеграммы со стандартным текстом “VORTEX NIL” – когда тропические циклоны отсутствуют.
3. Телеграммы со стандартным текстом “LACK OF DATA” – когда отсутствует по каким-либо причинам исходная спутниковая информация (выход из строя бортовой или наземной аппаратуры, нарушение линий связи и т.п.).

С первым и вторым вариантами все ясно и здесь пояснения не требуются. Несклько сложнее с третьим вариантом. Когда информация отсутствует полностью (очень редкий вариант), то здесь тоже все ясно - формируется третий вариант телеграммы. Но информация может отсутствовать частично, причем как раз над той территорией, где в предыдущие сутки был зафиксирован тропический циклон. Или наоборот, имеется информация только с одного спутника и на ней обнаружен

тропический циклон, а вся остальная часть тропической зоны не освещена, но мы знаем, что в предыдущие сутки там тоже отмечались тропические циклоны. Или же информация отсутствует частично, а на имеющейся информации циклоны не обнаружены. Не было их над всей территорией тропической зоны и в предыдущие сутки. Как быть в этом случае? Какую давать телеграмму? Вихрей нет? А вдруг они возникли за прошедшие сутки как раз там, где отсутствует информация, что весьма вероятно. А давать телеграмму о том, что нет данных, тоже как-то не логично – подавляющая часть территории освещена. И таких вариантов может быть множество. На все случаи жизни телеграмм не напасешься. Из множества зол необходимо выбирать меньшее.

Поэтому, в этих случаях устанавливается следующий порядок формирования телеграмм “VORTEX”:

1. Если на карте тропической зоны имеется информация хотя бы с одного спутника и на ней обнаружен хотя бы один тропический циклон, то независимо от того, существовали ли в предыдущие сутки тропические циклоны над неосвещенной территорией или нет, дается первый вариант телеграммы с координатами центра(ов) тропического(их) циклона(ов).

2. Если на карте тропической зоны отсутствует информация хотя бы с одного спутника, а над освещенной территорией не обнаружен ни один тропический циклон, дается третий вариант телеграммы – нет данных.

3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ПОСТРОЕНИЯ ТЕМАТИЧЕСКИХ КАРТ, ТАБЛИЦ, ГИСТОГРАММ И АНИМАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ (ЭТАП 2)

Второй этап технологии использует созданную файловую БД временных и географических координат центров тропических циклонов. Предметом анализа и рассмотрения второго этапа являются уже не отдельные центры тропических циклонов, а их последовательности - трассы (траектории движения), от начала зарождения циклона до его разрушения.

Задача синтеза трасс ТЦ на основе анализа данных отдельных координат за определенный период реализуется по следующему алгоритму. Для заданного временного диапазона происходит последовательный просмотр всех занесенных в БД координат центров тропических циклонов. Для каждой текущей точки от начала заданного периода производится

попытка связать ее с координатами одной из точек из последующих суток, удовлетворяющей трем критериям:

- обе точки должны находится в одном полушарии.
- скорость смещения циклона между двумя потенциально связанными точками не должна превышать заданного порога. По умолчанию установлен порог в 50 км/ч, но при необходимости его можно менять.
- не существует другой точки-претендента из текущих суток, для которой анализируемая точка из последующих суток была бы наиболее оптимальным продолжением трассы.

Найденная точка добавляется в текущую синтезируемую трассу и одновременно удаляется из списка анализируемых точек. После этого она начинает считаться текущей и уже для нее из следующих суток подыскивается по тем же критериям следующая оптимальная точка. Когда в процессе работы не находится следующая точка, удовлетворяющая всем перечисленным критериям, синтез трассы прекращается и траектория движения тропического циклона считается построенной. После этого, выбирается следующая начальная точка из списка необработанных точек с самым ранним временем регистрации, и процедура повторяется до тех пор, пока все точки не будут соотнесены с той или иной трассой.

В процессе работы может возникнуть ситуация, когда по **техническим** причинам в один из дней рассматриваемого периода данные о координатах центров тропических циклонов могут отсутствовать (третий вариант телеграммы “VORTEX”). В этом случае, как исключение, точка-претендент на продолжение трассы ищется не в следующих сутках, а через сутки. Но если и в этих сутках информация о центрах циклонов отсутствует, синтез трасс прекращается.

После построения всех трасс происходит их дополнительная фильтрация – удаляются все трассы, содержащие менее трех точек (как правило, это тропические возмущения или депрессии).

Поскольку траектория движения тропического циклона представляет собой протяженный по времени объект, существующий от нескольких суток до двух-трех недель, то для того, чтобы в дальнейшем учесть все трассы, попадающие в рассматриваемый период (включая и те трассы, которые начались до рассматриваемого периода и лишь в нем закончились, а так же те трассы, которые начались в рассматриваемом периоде и закончились за его

пределами), диапазон анализируемых данных о центрах тропических циклонов расширен на 28 суток в обе стороны от рассматриваемого периода. Этого вполне достаточно, чтобы все трассы были учтены.

Во всех алгоритмах дальнейшего анализа данных учтена эта особенность для отбраковки тех трасс, которые ни одной точкой не попали в рассматриваемый временной диапазон.

Данную ситуацию поясняет Рис.7

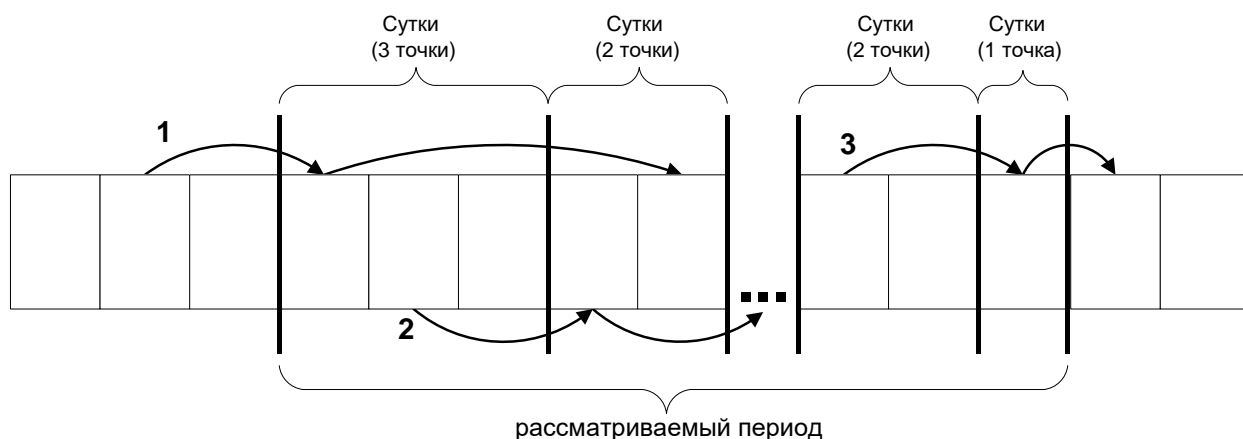


Рис.7 Пояснение к алгоритму анализа трасс.

Трасса 1 не будет участвовать в анализе, но будет частично отображена на карте траекторий движения ТЦ.

Трасса 2 будет участвовать в анализе и будет полностью отображена на карте траекторий движения ТЦ.

Трасса 3 будет участвовать в анализе и будет частично отображена на карте траекторий движения ТЦ.

Синтезированные рассмотренным алгоритмом трассы представляют собой основу для формирования всех последующих информационных продуктов.

3.1 Виды информационной продукции

На втором этапе данной технологии формируются тринадцать видов выходных информационных продуктов, образцы которых представлены в “Приложении” к данной “Методике ...”. К ним относятся:

1. Глобальная карта траекторий движения тропических циклонов (Рис.16);
2. Таблица количественных характеристик движения тропических циклонов (Рис. 17);
3. Карта траекторий движения тропических циклонов по Тихому океану (Рис. 18);
4. Карта траекторий движения тропических циклонов по Индийскому океану (Рис. 19);
5. Карта траекторий движения тропических циклонов по Атлантическому океану (Рис. 20);
6. Глобальная карта повторяемости тропических циклонов (Рис. 21);
7. Глобальная карта очагов возникновения тропических циклонов (Рис.22);
8. Гистограммы годового хода среднемесячных характеристик движения тропических циклонов (Рис. 23);
9. Гистограммы межгодовой изменчивости характеристик движения тропических циклонов (Рис. 24);
10. Гистограммы многолетних среднемесячных характеристик движения тропических циклонов (Рис. 25);
11. Анимационные файлы с изображением **вращающегося** вокруг своей оси ТЦ одновременно в трех спектральных каналах (ТВ, ИК, ВП) с фиксированным центром циклона в центре кадра (циклон как бы стоит на месте, а смещается картографическая основа) (Рис.26);
12. Анимационные файлы с изображением в одном из спектральных каналов **движущегося** тропического циклона в заданном регионе, в рамках которого, умещается весь жизненный цикл ТЦ (Рис. 27);
13. Монтаж космических изображений тропического циклона на всех стадиях развития (демонстрационная карта) (Рис. 28 и 29).

Первые десять видов продукции реализуются программным комплексом “PlanetaMeteo”. 11-13 информационные продукты - программным комплексом “PlanetaMeteoGS”.

На Рис. 8 и 9 представлен общий вид рабочих панелей программных комплексов “PlanetaMeteo” и “PlanetaMeteoGS” для расчета тематических карт, таблиц, гистограмм параметров движения тропических циклонов и анимационных продуктов.

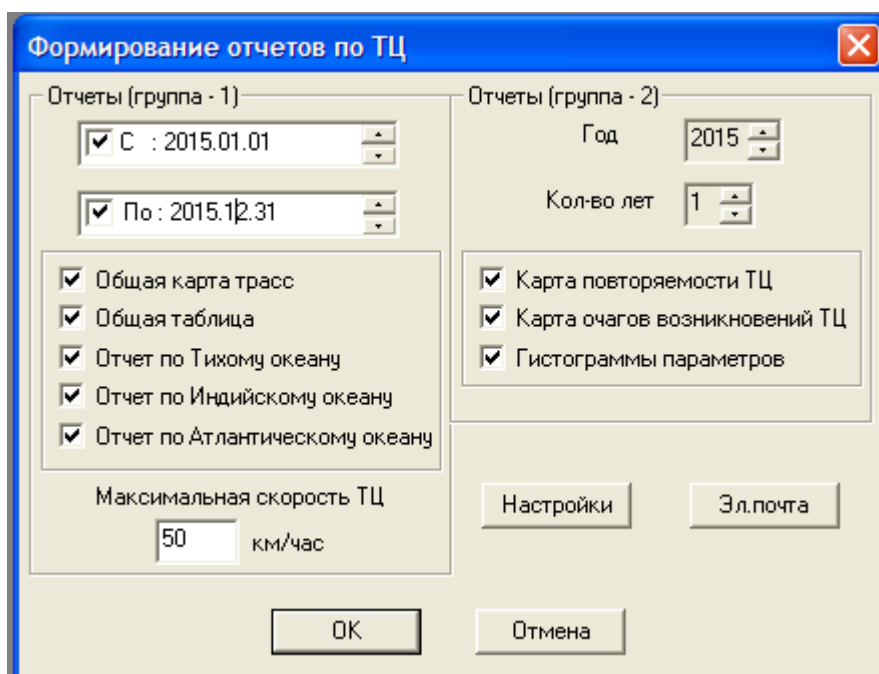


Рис. 8 Общий вид рабочей панели для получения информационных продуктов (“PlanetaMeteo”).

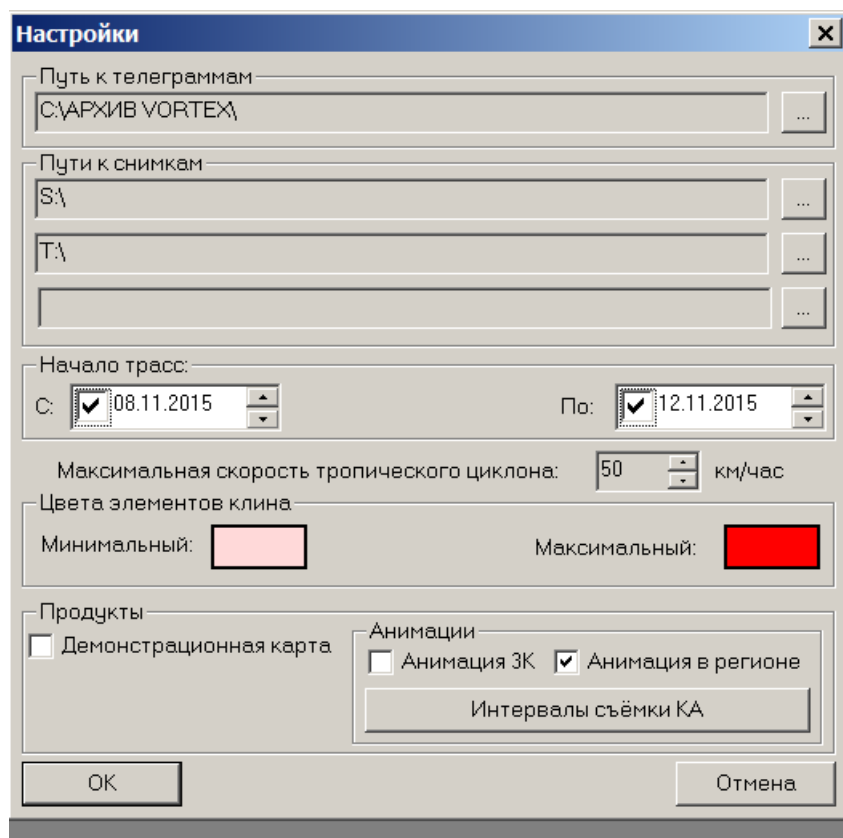


Рис. 9 Общий вид рабочей панели для получения информационных продуктов (“PlanetaMeteoGS”).

Для осуществления расчета необходимо указать даты начала и окончания рассматриваемого периода и пометить галочками те виды продукции, которые необходимо получить. Расчет может вестись как для одного вида продукции, так и для всех сразу.

Подробный порядок проведения оперативных работ и настройки программных средств для получения информационных продуктов изложен в отдельной Инструкции и в данном документе не рассматривается.

Рассмотрим более детально каждый вид информационной продукции.

3.1.1 Глобальная карта траекторий движения тропических циклонов

На цветную карту Мира в проекции Меркатора (для всех последующих видов продукции выбрана именно эта проекция) наносятся все траектории движения тропических циклонов, соответствующие заданному периоду времени. Траектория движения циклона представляет собой набор точек координат центров тропических циклонов за весь период его существования

с суточной дискретностью, соединенных между собой прямыми линиями. Точки и линии наносятся различными цветами, которые при необходимости можно изменять. Можно изменить так же размер точек и толщину линий. Точки начала и окончания трасс подписываются соответствующими датами. Для фрагментов трасс (начало или конец которых, выходят за пределы рассматриваемого периода) предусмотрены дополнительные знаки – стрелки. Если справа от даты **начала** трассы расположена стрелка с направлением “влево” (к дате), то начало траектории находится до рассматриваемого периода. Если справа от даты **окончания** трассы расположена стрелка с направлением “вправо” (от даты), то конец траектории находится после рассматриваемого периода.

Карты рассчитываются с периодичностью: месяц, квартал, полугодие, год. Практически можно посчитать карты за любой период времени (за любое количество лет), но конкретики в этих картах уже не будет. Из-за многократного наложения траекторий движения друг на друга картина будет смазана.

На Рис.10 и 11 представлены карты с траекториями движения тропических циклонов, рассчитанным по зарубежным и отечественным данным за многолетний период. Сравнительный анализ показывает полную идентичность полученных результатов, что в свою очередь свидетельствует



Рис. 10 Траектории движения тропических циклонов за период с 1985 - 2005г.г. (по зарубежным данным).

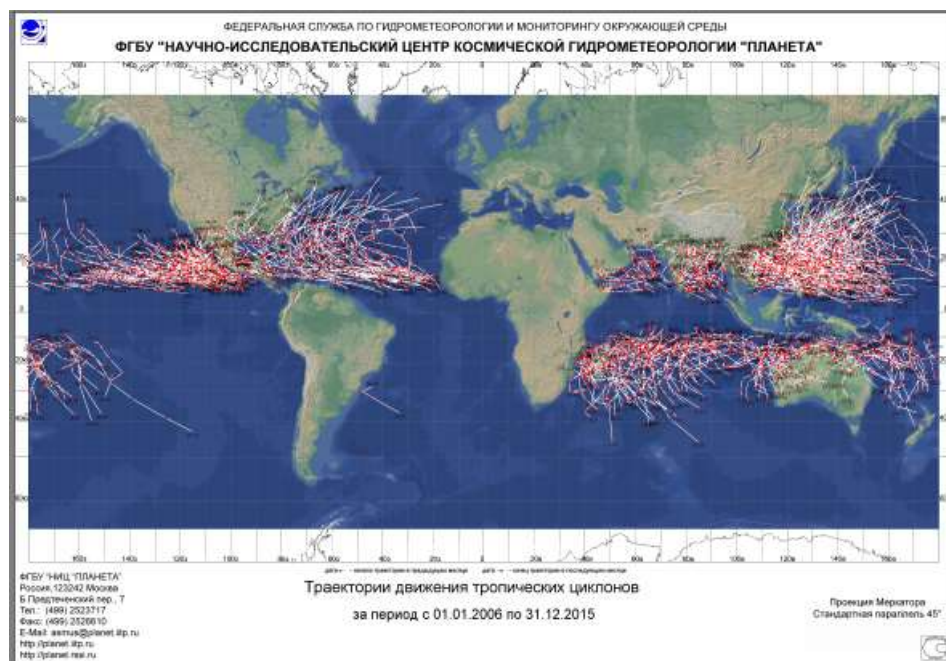


Рис.11 Траектории движения тропических циклонов за период с 2006 - 2015г.г. (ФГБУ “НИЦ “Планета”).

не только о качестве выдаваемой продукции, но и о неизменности во времени районов возникновения тропических циклонов и путей их движения.

3.1.2 Глобальная таблица количественных характеристик движения тропических циклонов.

В данную таблицу заносятся количественные характеристики движения тропических циклонов за заданный период времени по семи позициям:

- общее количество возникших ТЦ;
- скорость движения ТЦ;
- продолжительность существования ТЦ;
- путь, пройденный ТЦ;
- географическая широта зарождения ТЦ;
- географическая широта разрушения ТЦ;
- географическая широта точки поворота ТЦ.

Данные рассчитываются отдельно для Северного и Южного полушарий, как по каждому океану отдельно, так и для трех океанов в целом. Акватория Тихого океана в северном полушарии традиционно поделена на две части – северо-западную и северо-восточную.

При расчете характеристик движения ТЦ их трассы всегда учитываются целиком. Как уже отмечалось выше, для вовлечения трассы в расчет необходимо, чтобы ее начало было зафиксировано в рассматриваемом периоде. Таким образом, трасса начавшаяся до рассматриваемого периода, но закончившаяся в нем не будет учтена в расчетах. Все остальные трассы, начавшиеся в рассматриваемом периоде будут участвовать в расчетах (включая и те трассы, которые закончились позже рассматриваемого периода).

Таким образом, общее количество возникших циклонов соответствует количеству трасс, начавшихся в рассматриваемом периоде.

Средняя скорость движения ТЦ – это сумма расстояний между всеми сегментами всех трасс, участвующих в расчете, деленная на суммарный временной диапазон существования всех тропических циклонов в рассматриваемом периоде.

Максимальная и минимальная скорости движения ТЦ это соответственно максимальная или минимальная скорость ТЦ, зафиксированная в заданном периоде.

Для всех последующих характеристик максимальные и минимальные значения вычисляются аналогично – как максимальное и минимальное значение анализируемого параметра в заданный период. Все средние значения вычисляются по общей формуле – сумма значений параметра за заданный период деленная на количество значений параметра за этот период.

Продолжительность существования ТЦ – время между первой и последней точками траектории движения.

Пройденный путь – сумма длин всех сегментов траектории движения.

Широта зарождения и разрушения ТЦ – соответственно широта начальной и последней точек траектории движения.

Точка поворота ТЦ – это точка, определяемая по одному из трех правил. На Рис. 12 приведены примеры определения точки поворота ТЦ.



Первое правило

Второе правило

Третье правило

Зеленым цветом выделена точка поворота.

Оранжевым цветом обведены точки трассы, анализируемые при определении точки поворота.

Рис. 12 Примеры правил определения точки поворота тропического циклона.

Первое правило – если в рассматриваемой трассе первая точка является начальной точкой траектории движения, вторая – расположена восточнее первой, а третья – восточнее второй точки, то точкой поворота считается первая точка.

Второе правило – если на протяжении всей трассы найдены любые четыре подряд точки – вторая точка расположена западнее первой, третья точка восточнее второй, а четвертая восточнее третьей, то точкой поворота считается вторая точка.

Третье правило – если в трассе найдены подряд три точки, из которых вторая точка с широтой не менее 14° широты лежит западнее первой, третья восточнее второй и является **последней**, то точкой поворота считается вторая точка.

Данные правила справедливы как для Северного полушария, так и для Южного.

Таблицы, как и глобальные карты траекторий движения тропических циклонов, которые они характеризуют, рассчитываются с периодичностью: месяц, квартал, полугодие, год.

При необходимости они могут рассчитываться за любое количество лет.

3.1.3 Локальные карты траекторий движения тропических циклонов по Атлантическому, Индийскому и Тихому океанам.

Представляют собой часть карты Мира соответственно по

Атлантическому, Индийскому и Тихому океанам.

Алгоритм построения локальных карт аналогичен алгоритму создания глобальных карт траекторий движения тропических циклонов.

На каждой локальной карте с правой стороны присутствует таблица с количественными характеристиками движения ТЦ для данного океана. Карты рассчитываются с периодичностью: месяц, квартал, полугодие, год.

3.1.4. Глобальная карта повторяемости тропических циклонов.

Представляет собой карту Мира, на которой цветовой гаммой отображены районы с наибольшей активностью тропических циклонов.

Учитывая, что диаметр центрального облачного массива ТЦ в среднем составляет около 600 км, для каждой трассы вычисляется зона, каждая точка которой удалена не более чем на 300км. от траектории движения (по обе ее стороны). На карте для каждой точки трассы подсчитывается количество пересекающихся зон, в которые эта точка попадает. Их количество и определяет характеристику повторяемости тропических циклонов за данный период времени для данной точки.

Точки в зависимости от значения рассчитанной характеристики раскрашиваются в определенные цвета в соответствии с градационным клином, отображенным в легенде в нижней части карты. Каждая градация клина соответствует определенному числу случаев повторяемости ТЦ.

Карты рассчитываются за год и за пять лет. При необходимости их можно рассчитывать за любое количество лет.

3.1.5 Глобальная карта очагов возникновения тропических циклонов.

На карте Мира условными обозначениями (кругами) отмечаются точки соответствующие моментам возникновения всех ТЦ за рассматриваемый период. Условные обозначения наносятся на карту последовательно по возрастающей от более ранних к более поздним датам. Это означает, что если две начальные точки от разных циклонов находятся рядом или накладываются друг на друга, то сверху будет всегда располагаться символ более поздней информации. В центре каждого условного обозначения указывается дата возникновения ТЦ.

Это правило относится и к картам, рассчитанным за многолетний период. При наложении символов за разные годы друг на друга, сверху всегда будет отображаться условное обозначение с более поздней датой (годом).

Карты рассчитываются за год и за пять лет.

На многолетних картах каждому году соответствует определенный

цвет символов, который указан в легенде в нижней части карты.

3.1.6 Гистограммы характеристик движения тропических циклонов.

В графическом виде представлены изменения количественных характеристик движения ТЦ, как в течение года, так и за несколько лет.

Рассчитываются три вида гистограмм:

- гистограммы годового хода среднемесячных характеристик ТЦ;
- гистограммы межгодовой изменчивости среднемесячных характеристик ТЦ.
- гистограммы многолетних среднемесячных характеристик ТЦ.

Каждый продукт разбит на две колонки – для северного и южного полушарий соответственно.

Гистограммами представлены все количественные характеристики движения ТЦ в соответствии с “Глобальной таблицей ...”. Все гистограммы выполнены в одном масштабе. Для каждого параметра высота столбика гистограммы вычисляется относительно его максимального значения. Над каждым столбиком гистограммы нанесена средняя количественная характеристика параметра за соответствующий период с точность до одной десятой.

Гистограммы годового хода среднемесячных характеристик движения ТЦ строятся за один год и окрашены в зеленый цвет.

Гистограммы межгодовой изменчивости среднемесячных характеристик движения ТЦ строятся за пять лет. Столбцы гистограмм, принадлежащие каждому году, окрашены в различные цвета и соответствуют цветам, указанным в легенде в нижней части карты.

Гистограммы многолетних среднемесячных характеристик движения ТЦ строятся за пять лет и окрашены в синий цвет. При необходимости карты можно рассчитывать от двух лет и более (любое количество лет).

3.1.7 Анимационные продукты.

Разработано два вида анимационных продуктов:

-анимация изображения, при которой тропический циклон, вращаясь вокруг своей оси, смещается относительно неподвижной координатной сетки в заданном регионе (“анимация в регионе”);

- анимация изображения, при которой тропический циклон, вращаясь вокруг своей оси, остается неподвижным в центре кадра, а смещение координатной сетки относительно центра кадра указывает на его движение.

Особенность первого анимационного продукта заключается в том, что анимация изображения в районе возникновения тропического циклона начинается за двое суток до появления первых признаков возникновения вихревой структуры, что в свою очередь позволяет детально анализировать метеорологическую обстановку, предшествующую зарождению ТЦ.

Второй способ анимации изображения позволяет анализировать динамику развития тропического циклона одновременно в трех спектральных каналах: видимом, инфракрасном и в канале водяного пара (“анимация в трех каналах”).

Еще одна важная особенность обоих анимационных продуктов, которая выгодно отличает их от множества других видов анимации, создаваемых в ФГБУ “НИЦ “Планета”, заключается в том, что все изображения выдаются с полным разрешением, позволяющим различать мельчайшие детали анализируемых объектов. Это очень важно, в этом и заключается весь смысл данной работы, чтобы можно было **детально** проанализировать весь жизненный цикл ТЦ.

Технология получения “анимации в регионе” заключается в следующем.

В зависимости от **начальных** и **конечных** координат выбранной для построения анимации трассы, из карты Мира автоматически “вырезается” регион, в котором полностью уместится вся траектория движения тропического циклона. При создании анимации этот регион (карта) будет являться основой, на которую будут накладываться все изображения ТЦ относящиеся к данной трассе.

Из базы данных, где хранится информация с геостационарных ИСЗ, выбираются подряд все инфракрасные изображения, на которых зафиксирован данный ТЦ (от момента возникновения и до полного разрушения) и поочередно накладываются в соответствии с координатами центра ТЦ на подготовленную карт - основу, формируя, таким образом, отдельные кадры, из которых, и будет состоять данная анимация. При последовательном просмотре сформированных кадров с помощью плеера, на экране монитора воспроизводится картина с движущимся ТЦ на фоне неподвижной координатной сетки.

Для удобства пользования скорость воспроизведения можно изменять – как увеличивать, так и уменьшать. Движение можно остановить и просматривать изображение по отдельным кадрам. Можно вернуться назад и начать воспроизведение с любого места.

Данную анимацию можно сформировать из изображений любого из трех имеющихся спектральных каналов: ИК, ТВ или ВП. По умолчанию рассчитываются анимации, сформированные из инфракрасных изображений.

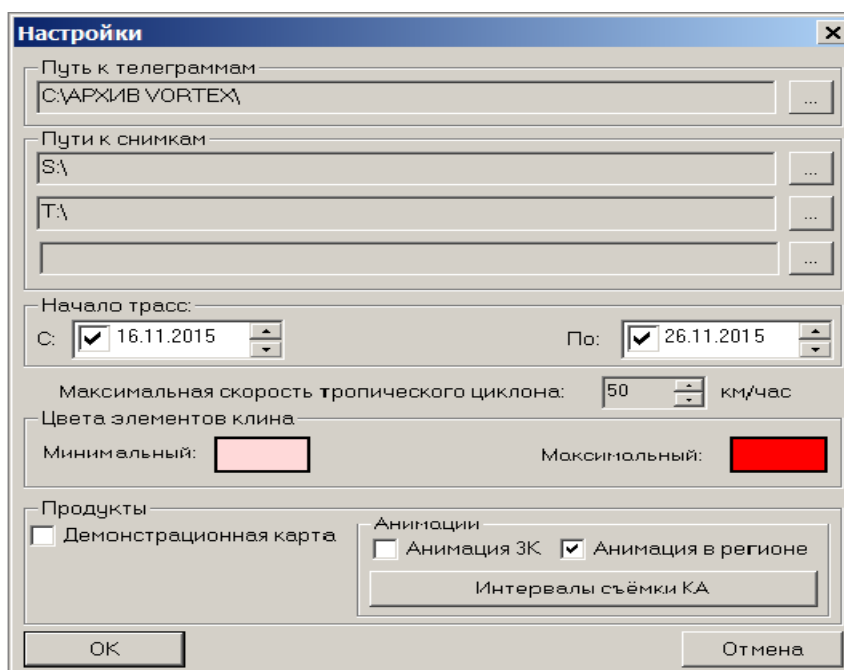
Технология получения “Анимации в трех каналах” несколько сложнее вышеописанной.

В зависимости от координат **начальной** точки возникновения интересующего нас ТЦ, из карты Мира вырезается кадр (квадрат), в центре которого находится данная точка. Размер кадра выбирается таким образом, чтобы он заведомо был больше диаметра облачного массива ТЦ. При необходимости его можно увеличить или уменьшить. Этот кадр и будет являться основой, на которую будут в дальнейшем накладываться все изображения, относящиеся к данному циклону за весь период его существования. Данный анимационный продукт содержит три таких кадра для формирования анимации в трех спектральных каналах.

Из базы данных выбираются подряд все изображения в трех спектральных каналах (ИК, ТВ, ВП), относящиеся к данному ТЦ, и из каждого изображения вырезается круг в центре которого, умещается весь облачный массив ТЦ. Диаметр круга, так же, как и размер кадра, заведомо больше диаметра облачного массива ТЦ. При необходимости его размер можно изменять. Затем, вырезанные таким образом фрагменты изображения, поочередно накладываются на подготовленную карт – основу (каждый спектральный канал помещается в свой квадрат) таким образом, чтобы центр квадрата всегда совпадал с центром циклона на каждом изображении. Одновременно происходит сдвиг координатной сетки относительно центра квадрата на величину разницы координат центров циклона на текущем и предыдущем изображениях.

При ускоренном просмотре сформированных кадров, на экране дисплея воспроизводится картина с вращающимся вокруг фиксированной оси тропическим циклоном на фоне смещающейся координатной сетки.

На рис.13 представлен общий вид рабочей панели для расчета



анимационных продуктов.

Рис.13 Общий вид рабочей панели для расчета анимационных продуктов.

Для осуществления расчета необходимо галочкой пометить тот вид продукции, который необходимо получить и установить даты начала и конца рассматриваемого периода.

Анимационные файлы рассчитываются для всех зарегистрированных тропических циклонов.

3.1.8 Монтаж космических изображений тропического циклона на всех стадиях развития (демонстрационная карта).

Представляет собой фрагмент карты Мира на который нанесены инфракрасные изображения тропического циклона с суточной дискретностью от момента зарождения до полного разрушения. Это единственный автоматически рассчитываемый информационный продукт, требующий интерактивной доработки.

Дело в том, что при составлении монтажа, как правило, происходит наложение друг на друга облачности тропического циклона между соседними сутками, причем более поздняя информация всегда оказывается сверху, прикрывая структуру облачности ТЦ за более ранние сроки, что, в свою очередь, в значительной степени ухудшает общее визуальное восприятие полученного монтажа. Задача дешифровщика состоит в том, чтобы с помощью соответствующего инструмента “выделение области” (кнопка с эллипсом на панели инструментов) отсечь от облачного массива ТЦ не относящуюся к нему близлежащую внутримассовую облачность, а также прикрывающую его облачность ТЦ соседних суток. Это довольно

кропотливый и длительный процесс, требующий от специалиста определенного умения и навыков в работе со спутниковыми изображениями.

На Рис.14 представлены монтажи космических изображений ТЦ полученные в автоматическом режиме и после интерактивной коррекции.

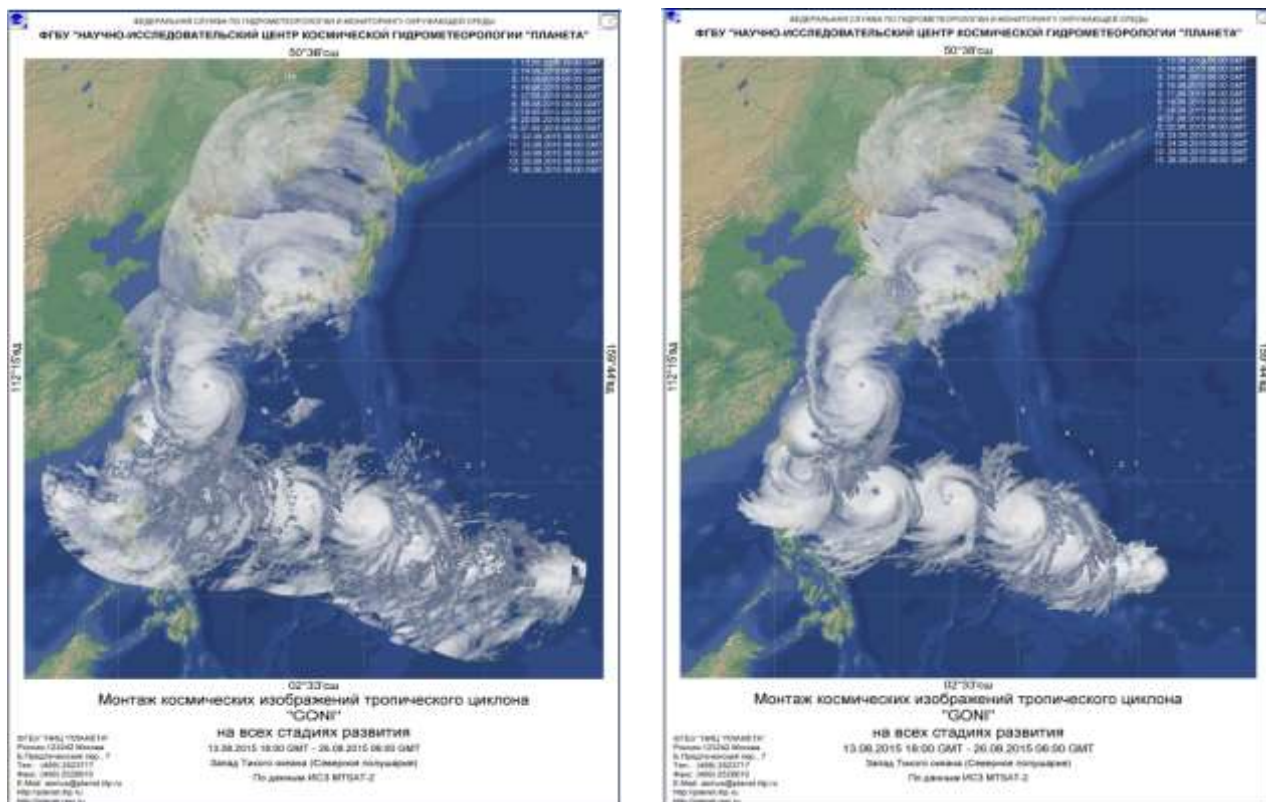


Рис.14 До коррекции.

После коррекции.

Демонстрационные карты рассчитываются не для всех тропических циклонов, а выборочно или по спецзаказу.

Желательно, чтобы отобранный для построения монтажа тропический циклон удовлетворял трем условиям:

- быстрое смещение (главное условие);
- наличие всех стадий развития;
- длительный период существования.

Такое сочетание встречается не так уж часто, поэтому и монтажей удается создать не более десятка за год.

Технология создания демонстрационных карт заключается в следующем. В зависимости от начальных и конечных координат выбранного для расчета ТЦ из карты Мира вырезается регион (карт-основа), в котором

бы поместился весь жизненный цикл данного ТЦ. Из базы данных вызываются изображения, соответствующие времени каждого узла данной трассы (за каждые сутки). Из каждого найденного изображения вырезается круг с изображением тропического циклона диаметр которого, заведомо больше диаметра облачного массива циклона. Это сделано для того, чтобы уже на первом этапе создания монтажа отсечь хотя бы часть облачности не принадлежащей данному ТЦ. При необходимости диаметр круга можно уменьшить или увеличить. Центр круга всегда совпадает с центром циклона за каждые сутки. В соответствии с координатами центров ТЦ вырезанные изображения последовательно помещаются в соответствующее место на подготовленную карт- основу, создавая, таким образом, целостную картину изображений ТЦ за весь период его существования.

С помощью специального программного инструментария можно повысить информативность сформированного продукта, а именно:

- изменить яркость и контрастность каждого изображения;
- при необходимости, заменить инфракрасные изображения на телевизионные (за тот же срок наблюдения);
- исключить из монтажа полностью перекрывающиеся изображения или заменить их на изображения за другой срок наблюдения (внеся соответствующие изменения в телеграмму “VORTEX”).

Демонстрационные карты создаются в двух вариантах – с нанесенной на монтаж траекторией движения ТЦ с указанием стадии его развития и без траектории движения.

Траектория движения ТЦ представляет собой ломанную линию, состоящую из отдельных отрезков, соответствующих суточному смещению ТЦ. Каждому участку трассы в зависимости от стадии развития ТЦ присваивается определенный цвет в соответствии со “Шкалой ураганов Саффира-Симпсона”, устанавливающей соответствие между скоростью ветра в ТЦ и стадией его развития.

Название ТЦ и его интенсивность (стадии развития) берутся из интернета (сайт “Кооперативного института спутниковой метеорологии”, США).

На Рис. 15 представлена диалоговая панель модификации демонстрационной карты, позволяющая совершать все вышеперечисленные операции.

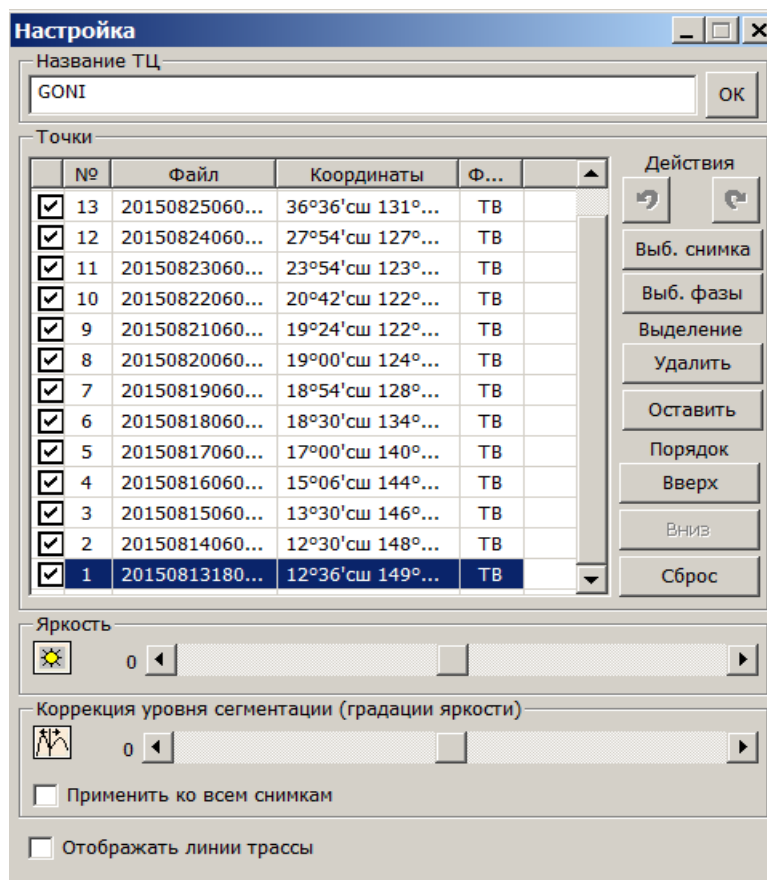


Рис.15 Диалоговая панель модификации демонстрационной карты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Л.С. М и н и н а Практика нефанализа /Под ред. В.А. Бугаева. – Л.: Гидрометеиздат, 1970.
2. Р у к о в о д с т в о по использованию спутниковых данных в анализе и прогнозе погоды / Под ред. И.П. Ветлова и Н.Ф. Вельтищева. – Л.: Гидрометеиздат, 1982.
3. А. А. В о р о н и н, В.В. Еремеев, Г.М. Иоффе, В.А. Кровотынцев, А.Е. Кузнецов и др. Компьютерные технологии формирования

гидрометеорологических карт по спутниковым изображениям. –
Исследование Земли из космоса, 2009, № 4.

4. T.L. Olander and C.S. Velden, “The Advanced Dvorak Technique (ADT) – Continued Development of an Objective Scheme to Estimate Tropical Cuclone Intensity Using Geostationary Infrared Satellite Imagery”, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2007.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ИЛЛЮСТРАЦИИ

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	2
1. Технологическая схема получения данных о тропических циклонах.....	3
2. Методика определения координат центров тропических циклонов и формирования файловой базы данных (этап 1).....	4
3. Методика расчета и построения тематических карт, таблиц, гистограмм и анимационных продуктов (этап 2).....	11
3.1 Виды информационной продукции.....	13
3.1.1 Глобальная карта траекторий движения тропических циклонов.....	16
3.1.2 Таблица количественных характеристик движения тропических циклонов.....	18
3.1.3 Карты траекторий движения тропических циклонов по Атлантическому, Индийскому и Тихому океанам.....	20
3.1.4 Глобальная карта повторяемости тропических циклонов.....	20
3.1.5 Глобальная карта очагов возникновения тропических циклонов.....	21
3.1.6 Гистограммы характеристик движения тропических циклонов.....	21
3.1.7 Анимационные продукты.....	22
3.1.8 Монтаж космических изображений тропического циклона на всех стадиях развития (демонстрационная карта).....	24
4. Список литературы.....	28
5. Приложение.....	29