



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра прикладной океанологии ЮНЕСКО-МОК и КУПЗ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(Магистерская диссертация)

**«ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ
ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ ПОСЛЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ТРОПИЧЕСКОГО
ЦИКЛОНА В ОТКРЫТОЙ ЧАСТИ ОКЕАНА»**

Исполнитель: Кузнецов Артем Александрович, студент группы ПО-М18-1-6

Научный руководитель: кандидат географ. наук, доцент Шевчук Олег Игоревич

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

(ученая степень, ученое звание)

(фамилия, имя, отчество)

« ___ » _____ 20__ г.

Санкт-Петербург

2020

Оглавление

Введение	3
1 Физико-географическое описание района исследования	5
1.1 Тихий океан.	5
Характеристики воды.....	6
Климат.....	7
1.2 Атлантический океан.	8
Климат.....	10
Срединно-Атлантический хребет.....	11
1.4. Тропические циклоны	13
1.4.1. Структура.....	14
1.4.2 Механизм развития	17
1.4.3 Жизненный цикл	18
1.5 Спутниковые наблюдения	21
2 Исходные данные и методы исследования	24
2.1 Исходные данные	24
2.2 Методы исследования	32
2.2.1 Тренд временного ряда	32
2.2.2. Среднее значение.....	33
3.1. Восстановление температуры поверхности океана.	35
3.1.1 Тропический циклон Игорь.	35
3.1.2 Тропический циклон Ирма	43
3.1.3 Тропический циклон Николь.....	49
3.1.4 Тропический циклон Лестер.....	53
3.1.5 Тропический циклон Кеннет	58
3.1.6 Тропический циклон Ирвин	63
3.1.7. Тропический циклон Сеймур	66
Заключение	70
Список литературы	72

Введение

Тропические циклоны, перемещаясь над океаном, вызывают в нем заметные возмущения, такие как генерация аномально высоких ветровых волн, инерционных течений и внутренних волн. Так же вызывают интенсивное перемешивание в верхнем слое океана, что приводит к изменению солености и заметному понижению температуры поверхности океана.

В данной работе производится расчет восстановления температуры поверхности океана после прохождения тропических циклонов разного происхождения и мощности в двух океанах, а именно в Атлантическом и Тихом и сравнения их.

На протяжении нескольких десятков лет происходит активное изучение воздействия тропических циклонов на поверхность океана. Описание, исследование и параметризация этих процессов крайне важны для улучшения прогноза эволюции и интенсивности тропических циклонов.

Данные, использованные в работе, сняты спутниками, а именно микроволновыми инструментами.

Спутниковые микроволновые инструменты являются незаменимыми источниками информации о тропических циклонах, благодаря их всепогодности и глобальному покрытию

Актуальность работы связана с тем, что тропические циклоны до сих пор являются объектом масштабных исследований.

Объектом исследования являются тропические циклоны Игорь, Ирма и Николь в Атлантическом океане. Кеннет, Ирвин, Лестер и Сеймур в Тихом океане. Циклоны были выбраны так, чтобы они отличались происхождением и мощностью в одном океане, но были похожи между двумя океанами, для более детального сравнения изменения и восстановления температуры поверхности океана.

Предметом исследования является температура поверхности океана, которая изменяется с приходом тропического циклона.

Исходя из выше сказанного, целью исследования стало: изучение изменения температуры поверхности океана после прохождения тропического циклона (ТЦ) и выявления сроков восстановления температуры на основе спутниковых наблюдений, сравнение изменения данных процессов в Тихом и Атлантическом океане.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующее задачи:

1. На основе спутниковых наблюдений построить траекторию движения циклонов с нанесением интенсивности циклона по мере его прохода над океаном и обозначения точек исследования.
2. В период \pm месяц от момента прохождения циклона, построить температурные поля для оценки общей обстановки изменения температуры поверхности океана.
3. Проанализировать изменчивость температуры поверхности океана в выбранных точках
4. Определить период восстановления температуры поверхности в двух океанах после прохождения ТЦ.
5. Сравнить полученные результаты.

1 Физико-географическое описание района исследования

12 апреля 1961 года Юрий Гагарин совершил первый космический полет на ракете-носителе «Восток» и своими глазами увидел удивительную планету под названием «Земля». Удивительная она по многим причинам, но самое уникальное в ней – это наличие большого количества жидкой воды. В разных агрегатных состояниях, а именно в виде водяного пара и льда воду можно найти на других планетах, астероидах или метеоритах, но в жидком состоянии только на Земле. Это связано с тем, что вода в жидком состоянии может существовать в сравнительно небольшом диапазоне температур, а именно от 0°C до 100°C и такие условия продолжительное время сохранялись только на Земле. Хранилищем этого богатства является Мировой океан. Мировой океан покрывает три четверти нашей планеты, в Северном полушарии водой покрыто 61%, а Южное 81%. Океанографы выделяют следующие океаны (они же части Мирового океана):

1.1 Тихий океан.

Тихий океан – самый большой и глубокий океан на Земле. Тихий океан ограничен Северно Ледовитым океаном на севере, Южным океаном на юге. На западе и востоке его граничат континенты Азии, Австралии и Америки. Площадь самого большого океана составляет 165250000 км². Его средняя глубина составляет 4000 метров. Самым глубоким местом считается Марианская впадина, расположенная на Западе северной части Тихого океана и является самой глубокой точкой в мире, достигая глубины 10 928 метров. Тихий океан также содержит самую глубокую точку в Южном полушарии.

В западной части Тихого океана есть много крупных пограничных морей, в том числе Южно-Китайское море, Восточно-Китайское море, Японское море, Охотское море, Филиппинское море, Коралловое море и Тасманское море.

Тихий океан послужил дорогой для важных миграций. Около 3000 лет до н.э австронезийские народы на острове Тайвань освоили искусство передвижения на дальние дистанции на каноэ и достигли Филиппин, Индонезию и Юго-Восточную Азию.

Из-за влияния тектонических плит, Тихий океан каждый год сокращается примерно на 2,5 см с трех сторон, а Атлантический океан, напротив, увеличивается.

Вдоль нерегулярных западных границ Тихого океана расположено множество морей, крупнейшими из которых являются море Целебес, Коралловое море, Восточно-Китайское море (Восточное море), Филиппинское море, Японское море, Южно-Китайское море (Южное море), море Сулу, Тасманово море и Желтое море (Западное море Кореи). Индонезийский морской путь (включая пролив Малакка и Торресов пролив) соединяется с тихим и Индийским океанами на Западе, а пролив Дрейка и пролив Магеллана связывают Тихий океан с Атлантическим океаном на востоке. На севере Берингов пролив соединяет Тихий океан с Северным Ледовитым океаном.

По большей части Тихий океан считается спокойным, однако иногда возникают тропические штормы, рассмотренные в данной работе. Вокруг Тихоокеанского побережья полно вулканов и земли часто страдают от землетрясений. Цунами, вызванные подводными землетрясениями, опустошили многие острова и в некоторых случаях разрушили целые города

Характеристики воды

Объем Тихого океана, составляющий около 50,1 процента мировых океанических вод, оценивается примерно в 714 миллионов кубических километров. Температура поверхности воды в Тихом океане может варьироваться от -1,4 °С (точки замерзания воды в полярных районах) до 30 °С (вблизи экватора). Соленость так же изменяется в широтном направлении, достигая максимума в 37 ‰ в юго-восточной области и 32 ‰ на крайнем севере, поскольку происходит меньшее испарение морской воды.

Движение тихоокеанских вод обычно происходит по часовой стрелке в Северном полушарии и против часовой стрелки в южном полушарии. Северное экваториальное течение, направленное на запад вдоль широты 15°N пассатами, поворачивает на север вблизи Филиппин, чтобы стать течением Курошио. Поворачивая на восток примерно на 45°N , Курошио разветвляется, и часть воды движется на север, как алеутское течение, в то время как остальные поворачивают на юг, чтобы воссоединиться с Северным экваториальным течением. Алеутское течение разветвляется по мере приближения к Северной Америке и образует основу циркуляции против часовой стрелки в Беринговом море. Его южный рукав становится холодным медленным, южным течением Калифорнии. Южное экваториальное течение, протекающее на запад вдоль экватора, поворачивает на юго-восток от Новой Гвинеи.

Климат

Климатические модели Северного и Южного полушарий в целом зеркально отражают друг друга. Пассаты в Южной и Восточной частях Тихого океана удивительно устойчивы, в то время как условия в северной части гораздо более разнообразны, например, суровые зимние температуры на восточном побережье Российской Федерации контрастируют с более мягкими условиями Британской Колумбии в зимние месяцы.

В тропической и субтропической частях Тихого океана южное колебание Эль-Ниньо влияет на погодные условия.

В западной части Тихого океана муссоны и связанные с ними влажные сезоны в летние месяцы контрастируют с сухими ветрами зимой, которые дуют над океаном с азиатской суши. Во всем мире активность тропических циклонов достигает пика в конце лета, когда разница между температурами воздуха на высоте и температурой морской поверхности является наибольшей; однако каждый конкретный бассейн имеет свои сезонные закономерности. В мировом масштабе май является наименее активным месяцем, в то время как сентябрь является самым активным месяцем. Ноябрь

– это единственный месяц, в котором все бассейны тропических циклонов активны. В Тихом океане находятся два наиболее активных бассейна тропических циклонов: северо-западная часть Тихого океана и восточная часть Тихого океана, рассмотренная в этой работе. Тихоокеанские ураганы формируются к югу от Мексики, иногда поражая западное мексиканское побережье и иногда юго-запад Соединенных Штатов между июнем и октябрём, в то время как тайфуны, формирующиеся в северо-западной части Тихого океана, перемещаются в Юго-Восточную и Восточную Азию с мая по декабрь. Тропические циклоны также формируются в Южно-Тихоокеанском бассейне, где они иногда воздействуют на островные государства.

В Арктике обледенение с октября по май может представлять опасность для судоходства, как и стойкий туман с июня по декабрь. В Южном полушарии из-за штормовых и облачных условий, связанных с экстратропическими циклонами, оседлавшими реактивный поток, обычно называют западными зонами ревущих сороковых, яростных пятидесятих и визжащих шестидесятих в зависимости от различных степеней широты.

1.2 Атлантический океан.

Атлантический океан является вторым по величине и глубине океаном на Земле. Океан располагается от субарктических широт до Антарктиды. На востоке границей между Атлантическим и Индийским океанами служит меридиана мыса Игольный (20° в.д.) до побережья Антарктиды. Между Тихим и Атлантическим океанами принято считать границу от мыса Горн (меридиана $68^{\circ}04'$ з.д.). Граница с Северным Ледовитым океаном проходит по восточному входу Гудзонова пролива, далее через Девисов пролив и по побережью острова Гренландия до мыса Брустер, через Датский пролив до мыса Рейдинупюр на острове Исландия, по его побережью до мыса Герпир, затем к Фарерским островам, далее к Шетландским островам и по 61° северной широты до побережья Скандинавского полуострова.

Площадь Атлантического океана составляет 91,66 млн. км², 16% от этой площади приходится на моря, заливы и проливы и составляет 14,69

млн.км². [1] Наиболее известными морями и основными заливами являются: Ирландское море, Бристольский залив, Северное море, Норвежское море, Балтийское море (Ботнический залив, Финский залив, Рижский залив), Бискайский залив, Средиземное море (море Альборан, Балеарское море, Лигурийское море, Тирренское море, Адриатическое море, Ионическое море, Эгейское море), Мраморное море, Чёрное море, Азовское море, Гвинейский залив, море Рисер-Ларсена, море Лазарева, море Уэдделла, море Скоша (последние четыре иногда относят к Южному океану), Карибское море, Мексиканский залив, Саргассово море, залив Мэн, залив Святого Лаврентия, море Лабрадор. Также выделяют море Ирмингера (между Гренландией и Исландией), Кельтское море, море Ируаз, ватты у побережья Нидерландов и другие части. Объем вод насчитывает 329,7 млн км³, что составляет около 25% объема Мирового океана. [1]

История формирования Атлантического океана начинается в мезозойскую эру. Суперконтинент Пангея в результате раскола распадается на два материка: Гондвана и Лавразия. Между этими континентами располагался древний океан Тетис. В следствии реверсивного движения материков на конец триасового периода образовалась первая океаническая литосфера нынешней Северной Атлантики. В результате соединения океанских бассейнов вышеупомянутого океана Тетис, располагавшегося на востоке и Тихого океана, располагающегося на западе, образовалась Атлантическая впадина. Далее на протяжении многих периодов происходило сокращение размеров Тихого океана, что приводило к увеличению впадины Атлантического океана. Современная океаническая литосфера Южной Атлантики является продуктом Африки и Южной Америки, образовавшиеся в результате раскола Гондваны. Во время мелового периода произошел раскол Лавразии, вызвавший отделение современных Северной Америки от Европы. В настоящее время продолжается развитие Атлантического океана. Об этом могут судить литосферные плиты, продолжающее расходиться по сегодняшний день.

Примерная скорость расхождения Южноамериканской и Африканской плит составляет 3-4 см в год, происходящая в Центральной Атлантике. В Северной Атлантике со скоростью 1,7-2,3 см в год продолжается расползание Евразийской и Североамериканской плит.

Климат

В связи с тем, что Атлантический океан занимает большую меридиональную протяженность, а так же подвергается воздействию Антарктического и Исландского минимумов, Гренландского и Антарктического максимумов, которые являются главными атмосферными центрами на поверхности океана можно наблюдать разнообразие климатических условий. Помимо этого, большое влияние на температурный режим Атлантики оказывает водообмен с Северным Ледовитым океаном и Средиземным морем.

Атлантический океан примечателен расположением на всех климатических поясах планеты Земля. Для тропических широт характерно обильное количество осадков и незначительные сезонные колебания температуры. Средний показатель для данных широт составляет 20°C. Соответственно к северу и югу от тропических широт располагаются субтропические пояса. В субтропиках происходит более заметный показатель сезонного колебания температуры, а именно от 10°C зимой до 20°C летом. В отличие от тропиков, осадки в этих районах наблюдаются преимущественно летом. В данной работе наиболее интересны именно субтропическая зона. Это связано с частым образованием в этой зоне тропических циклонов. Умеренные широты характеризуются равномерным выпадением осадков в течение года (около 1000мм).[2]

Изменчивость температуры воды в Атлантическом океане не большая: в экваториально-тропическом поясе составляет 1-3°C, у субтропических и умеренных широт этот показатель составляет 5-8°C, в приполярных широтах данные разделяются на северную и южную часть. Для северной части колебание температуры воды в течение года – примерно 4°C, в южной же

колебания практически не происходит и составляет не более 1°C. В экваториальных и тропических широтах самые теплые воды. Температура поверхности океана в данных местах не опускается ниже 26°C.

Так же, для субтропической зоны характерна наибольшая соленость в поверхностных водах (до 37,25 ‰). Максимум же можно отметить в Средиземном море – 39 ‰. Экваториальная зона характеризуется большим количеством осадков, соответственно значение солености в данной зоне снижается до 34 ‰.[2]

Влагообмен, который представляет из себя непрерывный процесс перемещения воды под действием солнечной радиации и силы тяжести. Благодаря влагообмену в атмосфере возникают облака и выпадают осадки. Выделяют малый, большой и внутриматериковый влагообмен. Особенность формирования влагообмена заключается в том, что за год из южного полушария в северное переносится $6,6 \times 10^{11}$ г/с влаги. Если принять что весь пар осаждается в экваториальной зоне, то сконденсированное количество влаги будет составлять 22 % количества осадков, выпадающих в данной зоне. В южное полушарие за год переносится 4×10^{11} г/с влаги, что составляет 17 % количества осадков, выпадающих в экваториальной зоне.

Стационарный поток влаги обусловлен крупномасштабными квазинеподвижными вихрями, климатическими центрами высокого и низкого давления (центрами действия атмосферы) и орографическими особенностями подстилающей поверхности (в том числе неоднородным характером распределения океанов и материков). И наконец, нестационарный поток пара обусловлен крупномасштабными подвижными вихрями, к которым относятся циклонические и антициклонические образования.

Срединно-Атлантический хребет

В данной работе для исследования более интересна западная часть Атлантики, а не весь океан. Это связано с тем, что тропические циклоны, достигают размеров в 6-8° то есть категории «большой» и «очень большой» именно в этой зоне. Разделение Атлантического океана на западную и

восточную часть происходит по Срединно-Атлантическому хребту. Выделение исследуемой области представлено на рисунке 1.2.

Меридиональный Срединно-Атлантический хребет берет свое начало у берегов Исландии под названием хребта Рейкьянес. Его осевую структуру образует базальтовый гребень, рифтовые долины в рельефе слабо выражены, но на флангах известны действующие вулканы. Срединно-океанический хребет пересекают поперечные зоны разломов Гиббс и Рейкьянес в районе $52-53^{\circ}$ с.ш. На широте $52-53^{\circ}$ с. ш. срединно-океанический хребет пересекают поперечные зоны разломов Гиббс и Рейкьянес. За ними начинается Срединно-Атлантический хребет с чётко выраженной рифтовой зоной и рифтовыми долинами с многочисленными поперечными разломами и глубокими грабенами. На широте 40° с. ш. срединно-океанический хребет образует Азорское вулканическое плато, с многочисленными надводными (образующими острова) и подводными действующими вулканами. К югу от Азорского плато в рифтовой зоне под известковыми илами мощностью 300 м залегают базальты, а под ними глыбовая смесь ультраосновных и основных пород. В этом районе наблюдается современная бурная вулканическая и гидротермальная деятельность. В приэкваториальной части Северо-Атлантический хребет разбит большим числом поперечных разломов на ряд сегментов, испытывающих значительные (до 300 км) латеральные смещения относительно друг друга. У самого экватора с глубоководными разломами связана впадина Романш с глубинами до 7856 м.

Южно-Атлантический хребет имеет меридиональное простирание. Здесь хорошо выражены рифтовые долины, число поперечных разломов меньше, поэтому этот хребет выглядит более монолитным по сравнению с Северо-Атлантическим хребтом. В южной и средней частях хребта выделяются вулканические плато Вознесения, островов Тристан-да-Кунья, Гоф, Буве. Плато приурочено к действующим и недавно действовавшим вулканам. От острова Буве Южно-Атлантический хребет поворачивает на

восток, огибает Африку и в Индийском океане смыкается с Западно-Индийским срединным хребтом.[2]

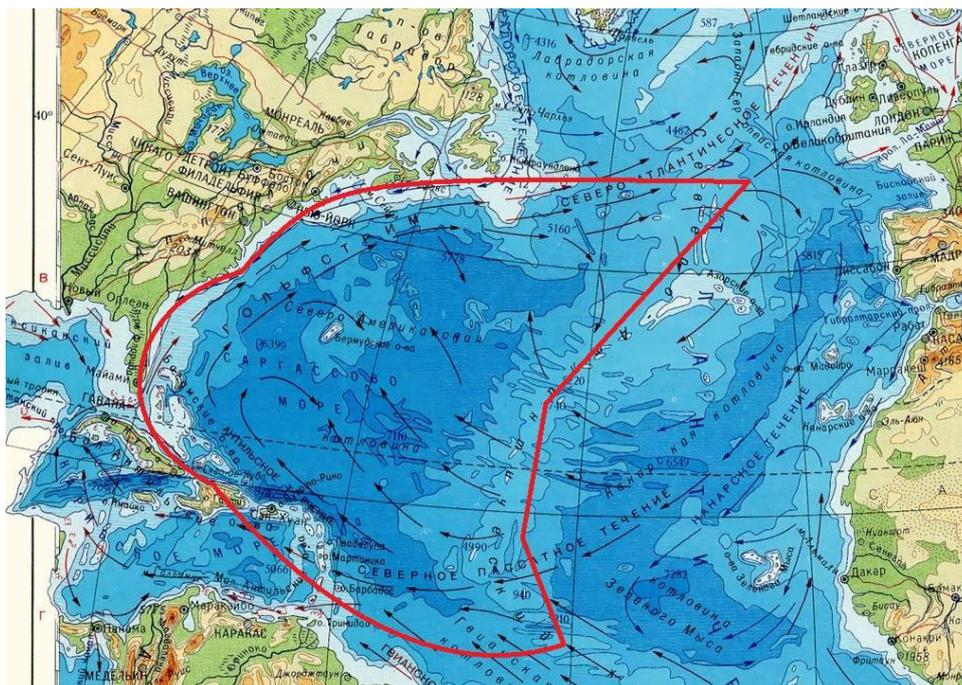


Рисунок 1.2 – Исследуемая область. Западная часть Атлантического океана.

Индийский океан. Площадь – 76,17 млн.км², а средняя глубина превышает 3,7 км (наиболее глубокой его точкой является Яванская впадина глубиной более 7,2 км).[1]

Северный Ледовитый. Площадь – 14,75 млн. км², а средняя глубина – около 1,2 км, при этом самая большая глубина океана была зафиксирована в Гренландском море и немного превышает 5,5 км.

Южный (Антарктический). Весной 2000 г. было принято решение в районе Антарктиды выделить отдельный океан между 35° ю. ш. (ориентируясь на признаки циркуляции воды и атмосферы) до 60° ю. ш. (ориентируясь по форме рельефа дна). Официально его размеры составляют 20,327 млн. км².[4]

1.4. Тропические циклоны

Тропический циклон – тип циклона, или погодной системы низкого давления, которая возникает над тёплой морской поверхностью и сопровождается мощными грозами, выпадением ливневых осадков и ветрами

штормовой силы. Тропические циклоны получают энергию от поднятия влажного воздуха вверх, конденсации водяных паров в виде дождей и опускания более сухого воздуха, что получается в этом процессе, вниз. Этот механизм принципиально отличается от механизма внетропических и полярных циклонов, в отличие от которых, тропические циклоны классифицируются как «циклоны с тёплым ядром».

Термин «тропический» происходит от географического расположения, в котором в большинстве случаев образуются подобные циклоны.

Тропические циклоны так же можно назвать тайфунами, но так принято на Дальнем Востоке и в Юго-Восточной Азии. Есть еще одно название – ураган, приемлемое для Западного полушария.

Ураганы возникают над поверхностью крупных водоемов и поддерживают свою силу именно над водой, попадая на сушу они быстро теряют свою мощь. В связи с этим, наибольшей опасности подвергаются прибрежные районы и острова, в отличие от районов, находящихся в глубине материков. Но до них могут доходить ливневые дожди, вызванные ураганом, и приводящие к наводнениям. Существует и положительная сторона, вызывания ливневых дождей приносят влагу в районы с засухой. Так же тропические циклоны переносят энергию из субтропических широт в умеренные, что является неотъемлемой составляющей глобальных процессов циркуляции атмосферы. Благодаря данному процессу, температура на различных участках поверхности Земли уменьшается, что приводит к более умеренному климату.

1.4.1. Структура

Тропические циклоны являются относительно компактными штормами. Ветра, дующие по спирали, сходящимися вокруг центральной области очень низкого атмосферного давления. За счет силы Кориолиса, ветры отклоняются от направления барического градиента и закручиваются против часовой стрелки в Северном полушарии и по часовой стрелке в Южном.

Структуру тропического циклона можно поделить на три концентрические части: внешняя, средняя и центральная. Радиальная ширина (разность между внутренним и внешним радиусами) внешней части составляет 30-50км, а скорость ветров равномерно увеличивается по мере приближения к центру циклона. Для глаза или центральной части, диаметром 30-60км, характерно уменьшение скорости ветра. Движение воздуха имеет преимущественно нисходящий характер, а небо часто остается ясным. Обычно глаз правильной круглой формы, размерами от 3 до 370 км в диаметре. Наиболее распространенный радиус глаза 30-60 км, характерный для среднего и большого типа. Стоит отметить, что у зрелых тропических циклонов глаз расширяется кверху. Этому явлению дали название «эффект стадиона» из-за того, что при просмотре изнутри циклона в глаз, расширение напоминает трибуны.[6]

Атмосферное давление в глазу тропического циклона очень низкое, в тайфуне Тип, образовавшийся 4 октября 1979 года зарегистрирован рекорд минимального значения атмосферного давления на уровне Земной поверхности (870 гПа или 652 мм ртутного столба). Так же температура в глазу несколько выше, чем за пределами тропического циклона на этой же высоте. [7]

Слабые тропические циклоны в отличие от сильных характеризуются частичным или полным покрытием тучами, которые имеют название центрального плотного облачного покрова и в данной зоне наблюдается значительная грозовая активность.

Стеной глаза считается так называемое кольцо, состоящее из плотных грозных кучевых облаков, находящихся в окружении глаза. Грозные кучевые облака в этом месте занимают наибольшую высоту в пределах циклона, однако, максимальная скорость ветров наблюдается на небольшой высоте, а именно над самой поверхностью воды или суши (обычно около 300 м). [5] Наибольшую угрозу и разрушение представляет собой прохождение района через стену глаза.

Тропические циклоны 3 категории или выше обладают несколькими циклами замены стены глаза в течении своего движения. Происходить сужение старой стены до 10-25 км, циклон слабеет, а именно скорость ветров в пределах стены падает, температура внутри глаза снижается, но на замену старой приходит новая, большего диаметра. С приходом новой стены ураган быстро возвращает свою силу до прежних значений. [8]

Внешняя часть тропического циклона представляет собой полосы плотных грозных кучевых облаков, которые двигаются в направлении стены глаза, сливаются с ней и усиливают циклон. Так же, как и в стене глаза, воздух поднимается вверх, при этом, в пространстве между полосами облаком воздух опускается.

При выхода урагана на сушу, дождевые полосы в большом количестве концентрируются потоки воздуха. Данный эффект проявляется в результате трения о поверхность. Но при этом увеличивается количество выпадаемых осадков, достигая значения в 250 мм в сутки. [9]

Тропические циклоны также образуют облачный покров на очень больших высотах (близко к тропопаузе) за счет центробежного движения воздуха на этой высоте. Этот покров состоит из высоких перистых облаков, которые движутся от центра циклона и постепенно испаряются и исчезают. Эти облака могут быть достаточно тонкими, чтобы через них можно было видеть солнце и могут быть одним из первых признаков приближения тропического циклона.

В различных базах данных, размеры тропических циклонов характеризуются по-разному. Наиболее распространенной является расстояние от центра циркуляции до последней внешней изобары, данное расстояние называют радиусом внешней замкнутой изобары (radius of outermost closed isobar, ROCI). При значении радиуса меньше двух градусов широты, что составляет примерно 222 км, циклон определяется как «карликовый» или «очень маленький». 2-3 градуса широты характеризуют циклона, как «малый». Радиус от 3 до 6 градусов широты, что составляет

примерно от 333 до 667 км определяется как циклон «средних размеров». «Большим» ураган можно считать если его радиус составит 6-8 градусов широты. Более 8 градусов широты относятся к категории «Очень большие», радиус такого циклона превышает 888 км.[10]

1.4.2 Механизм развития

Энергия испарения служит главным источником энергии для тропического циклона, которая освобождается при конденсации водяных паров. Испарения происходит благодаря солнечной радиации. В метеорологии ураганы описываются, как некоторый тип конвекционной системы на мезошкале, развивающийся при поглощении тепла, исходящего от мощного источника.

В пределах стены глаза и в пределах других дождевых полос происходит поднятие теплого влажного воздуха, при поднятии воздух расширяется и охлаждается. Относительная влажность растет, в следствие чего часть накопленной влаги конденсируется и выпадает в виде осадков. До момента поднятия в тропопаузу воздух продолжает охлаждаться и набирать влагу. В тропопаузе воздух перестает охлаждаться и теряет практически всю влагу. Охлажденный сухой воздух опускается до поверхности океана, где снова увлажняется и процесс повторяется. При благоприятных условиях задействованная энергия превышает расходы на поддержание этого процесса, избыточная энергия тратится на увеличение объёмов восходящих потоков, увеличение скорости ветров и ускорение процесса конденсации, то есть ведёт к образованию положительной обратной связи. [11] Поэтому, для поддержания благоприятных условий, тропический циклон должен находиться над теплой и влажной поверхностью, то есть над океаном. При выходе на сушу, доступ к необходимому источнику влажного и теплого воздуху теряется и ураган быстро слабеет. В результате эффекта Кориолиса вращение Земли добавляет конвекционному процессу закручивание.

1.4.3 Жизненный цикл

Наибольшая активность тропических циклонов приходится на конец лета. Связано это с разницей между температурами океанской поверхности и глубинными слоями океана наибольшая. Процесс формирования тропических циклонов до сих пор не до конца понятен и является объектом интенсивных исследований. Для образования тропического циклона необходимо шесть факторов, хотя в некоторых случаях циклон может образоваться и без некоторых из них.

Первым фактором является температура приповерхностного слоя океана. Толщиною не менее 50 м слой воды должен быть температуры не менее 26,5°C. Эта температура минимальна достаточна для вызывания неустойчивости в атмосфере и поддержания существования грозовой системы. [12]

Второй необходимый фактор – это быстрое охлаждение воздуха с высотой. При таком распределении вертикальной температуры становится возможным высвобождения энергии конденсации, что является главным источником энергии тропического циклона.

Третий фактор – высокая влажность воздуха в тропосфере, а именно в её нижних и средних слоях. Влажность воздуха создает благоприятные условия для дестабилизации тропосферы. [12]

Четвертым фактором принято считать низкий вертикальный градиент ветра, поскольку большой градиент ветра разрывает циркуляционную систему тропического циклона. [12]

Пятым фактором можно называть то, что возникновение тропических циклонов происходит на расстоянии не менее, чем 5 градусов широты от экватора. Только на таком расстоянии сила Кориолиса достаточно сильна для отклонения ветра и закручивания атмосферного вихря. [12]

И наконец, шестым фактором является тот факт, что для образования урагана нужна уже существующая зона низкого давления или неустойчивой погоды.

В Атлантике сезоном тропических циклонов принято считать период с 1 июня по 30 ноября, но пик приходится на конец августа - начало сентября.[13]

Движение ураганов так же, как и их образование зависит от нескольких факторов. Прежде всего, от преобладающих ветров, возникающих вследствие глобальных циркуляционных процессов. Тропические циклоны подключаются к данным ветрам и двигаются вместе с ними.

В тропических районах северной части Атлантического океана пассаты образуют тропические волны, берущие своё начало у африканского побережья, проходящие Карибское море, Северную Америку и затухающие в центральных районах Тихого океана. Данные волны являются местом образования большей части тропических циклонов для этого района.[14] В данной работе два из трех циклонов образованы в месте образования пассатами тропических волн.

Эффект Кориолиса, возникающий в результате вращения Земли не только влияет на закручивание вихрей, но и на их траекторию движения. Ураган, движимый пассатами на запад отклоняется к полюсам, при отсутствии других сильных потоков воздушных масс.[15] Поскольку воздействие пассатов накладывается на движение воздушных масс внутри циклонов на его полярной стороне, сила Кориолиса там сильнее. В результате этих факторов тропический циклон оттягивается к полюсы планеты. После прохождения Срединно-Атлантического хребта западные ветры умеренного пояса ослабляются и в результате циклоны Северного полушария поворачивают со временем на север.

Принято считать, что тропический циклон выходит на сушу при прохождении над сушей его центра циркуляции, независимо от состояния периферийных областей. Ухудшение погоды и штормовые предупреждения обычно начинаются над предполагаемым участком суши за несколько часов до выхода на сушу центра циклона. В этот период — до полного выхода тропического циклона на сушу — ветры могут достигнуть своей наибольшей

силы. В таком случае принято говорить о «прямом ударе» урагана о берег. Таким образом, момент выхода циклона на берег фактически означает середину штормового периода для районов, где это случается. Меры безопасности должны приниматься до момента достижения ветрами определенной скорости или до момента достижения определенной интенсивности дождя, а не быть связанными с моментом выхода тропического циклона на сушу.

Затухание или рассеяние ураганов или тайфунов происходит несколькими путями. Первый из этих путей – выход тропического циклона на сушу, питание теплым влажным воздухом прекращается, и тропический циклон быстро теряет энергию, а в следствии рассеивается. В большинстве случаев, при выходе тропического циклона на сушу, рассеивание происходит за один или два дня, превращаясь при это в неорганизованную зону низкого давления. Бывают случаи, когда после выхода на сушу, циклон вновь попадал в океан и снова обретал силу, как это случилось с ураганом Иван 20 сентября 2004 года. При прохождении циклоном горной местности, ослабление происходит быстрее, но в связи с быстрой необходимостью циклону освободиться от большого количества дождевой воды происходит множество смертоносных наводнений и оползней. Примером такого случая является тропический циклон Митч в 1998 году. Так же, важным фактором рассеивания циклона является его передвижение. Если циклон не будет двигаться, то слишком большое испарение и перемешивания может понизить температуру на 5°C и она составит ниже необходимых $26,5^{\circ}\text{C}$, а при отсутствии теплого поверхностного слоя воды тропический циклон существовать не может. При этом же условия циклон не сможет выжить при попадании в участок моря, в котором температура будет ниже необходимой.

При усилении вертикального градиента ветра, что сдвигает ось конвекционной тепловой машины циклон так же ослабевает и в итоге рассеивается.

1.5 Спутниковые наблюдения

Системы дистанционного зондирования является мировым лидером в области обработки и анализа данных микроволновой печи от спутниковых микроволновых датчиков. Специализация происходит в развитии алгоритма, тарировке аппаратуры, совершенствованиях продукции океана, и утверждении продукта. За последние 40 лет компания, у которой были взяты данные для работы, использует более чем 30 спутников с микроволновыми приборами радиометра, эхолота и рассеивателя. В настоящее время, для оперативной работы производить данные спутниковых наблюдений используют четыре вида датчиков: SSMIS, AMSR2, WindSat, и ASCAT. Геофизические данные, полученных от этих датчиков поступают в режиме, близком к реальному времени для мирового научного сообщества и широкой общественности через ФТП и веб-сайт.

SSMIS – это спутниковые пассивные микроволновые радиометры. Эта серия приборов используется на спутниках Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) с 1987 года. Океанические измерения, полученные на основе радиометрических наблюдений, включают скорость поверхностного ветра, атмосферный водяной пар, облачную жидкую воду и скорость дождя. Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) является спутниковой программой, служащей в основном для Министерства обороны США, в основном выполняющая мониторинг метеорологии. В таблице 1.5 представлены все номера спутников, использующие SSMIS.

Таблица 1.5. – Номера спутников, использующее SSMIS и период их действия[16]

Спутник	Дата начала использования	Дата остановки
F08 SSM/I	Июль 1987г.	Декабрь 1991г.
F10 SSM/I	Декабрь 1990г.	Ноябрь 1997г.
F11 SSM/I	Декабрь 1991г.	Май 2000г.
F13 SSM/I	Май 1995г.	Ноябрь 2009г.

F14 SSM/I	Май 1997г.	Август 2008г.
F15 SSM/I	Декабрь 1999г.	По настоящее время
F16 SSMIS	Октябрь 2003г.	По настоящее время
F17 SSMIS	Декабрь 2006г.	По настоящее время
F18 SSMIS	Октябрь 2009г.	По настоящее время
F19 SSMIS	Апрель 2014г.	По настоящее время

Системы дистанционного зондирования Земли выполняют детальную обработку данных SSM / I и SSMIS в 2 этапах. На первом этапе создается промежуточный продукт (обозначенный "rt" в названии файла), который предоставляется как можно скорее, как правило, в течение нескольких часов с момента записи данных. Этот продукт может быть неполным или содержать ошибки местоположения и ошибочными данными температуры, присущие данным, предоставленным нам. Эти ошибки удаляются с окончательной обработкой, обычно завершённой в течение нескольких дней после первоначального продукта, Конечный продукт заменяет промежуточный продукт автоматически, с обозначением " rt "в имени файла изменяя на "v7" или "v4".

AMSR2 – усовершенствованный микроволновый сканирующий радиометр, работающий на трех спутниках: первый из них - это космический корабль GCOM-W1 компании JAXA, запущенный 18 мая 2012 года и работающий по настоящее время. Вторым является космический корабль NASA EOS Aqua, запущенный 4 мая 2002 года. Данный спутник перестал вращаться 4 октября 2011 года. И третий –ADEOS-II JAXA, запущен 14 декабря 2002 года, но 25 октября 2003 года вышел из строя.

Обработка данных от всех этих спутников предусматривает получение данных температуры поверхности моря, скорости поверхностного ветра (низкая и средняя частота). Продукты amsr-2 и amsr-E ocean создаются с

обработкой версии 7, что делает их совместимыми с WindSat и SSM / I и SSMIS. [16]

Ключевой особенностью этих инструментов AMSR является способность видеть сквозь облака, тем самым обеспечивая непрерывное представление измерений океана.

Радиометр WindSat был разработан отделом дистанционного зондирования лаборатории военно-морских исследований (NRL) и военно-морским центром космической техники для Военно-морского флота США и национальным управлением интегрированной программы (IPO) Полярно орбитальной оперативной экологической спутниковой системы (NPOESS). Он был запущен 6 января 2003 года на борту спутника Coriolis Министерства обороны США. WindSat должен был продемонстрировать возможности полностью поляриметрического радиометра для измерения вектора ветра поверхности океана из космоса. До запуска единственным прибором, способным измерять векторы ветра в океане, были рассеиватели (активные микроволновые датчики). В дополнение к скорости и направлению ветра, аппаратура может также измерить температуру поверхности моря, влажность почвы, характеристики льда и снега и водяной пар. [16]

Данные ASCAT были полностью переработаны. Переработка была выполнена для реализации новой функции геофизической модели C-2015, которая была разработана на RSS для достижения высокого уровня согласованности между всеми рассеивателями и ветрами радиометра, на всех режимах скорости ветра. Алгоритм поиска ветра, используемый для V2.1 такой же, как в V1.2, за исключением небольших изменений в алгоритме контроля качества, маркировки дождя и устранения неоднозначности. Новый V2.1 ветры были получены с использованием перекалиброванных данных 11b sigma0 (запись климатических данных sigma0) из EUMETSAT.

Первый усовершенствованный рассеиватель (ASCAT) был запущен на спутнике Eumetsat MetOp-A в октябре 2006 года. Он начал функционировать в полном объеме в мае 2007 года и продолжает функционировать сегодня.

Еще один инструмент ASCAT начал работать на MetOp-B, когда был запущен в сентябре 2012 года. Оба спутника, MetOp-A и MetOp-B, имеют идентичные приборы ASCAT. Основной целью ASCAT является измерение скорости и направления ветра над океанами, хотя ASCAT также используется для изучения полярных льдов, влажности почвы и растительности. [16]

2 Исходные данные и методы исследования

2.1 Исходные данные

В качестве исходных данных для исследования были выбраны среднесуточные значения температуры поверхности Тихого и Атлантического океанов. Исходя из выбранных для работы циклонов, данные были разделены на несколько периодов. Для оценки общего поведения температуры поверхности океанов в изучаемых районах, помимо температур в момент прохождения циклонов, были взяты данные за месяц до и месяц после. Таким образом, в Атлантическом океане для изучения был выбран тропический циклон Игорь, проходивший над Атлантикой с 8 по 21 сентября 2010 года. Как было сказано ранее, данные были выбраны с учетом временного промежутка \pm месяц, поэтому для данного циклона были взяты данные с 8 августа по 21 октября 2010 года. Вторым циклоном в Атлантическом океане был выбран ураган Ирма. Ирма, существовавшая с 30 августа по 12 сентября 2017 года, была одним из самых смертоносных циклонов за последнее время, выбранные данные для данного урагана котируются датами: 30 июля – 12 октября 2017 года. Для сравнения, так же был выбран более слабый циклон в Атлантике – Николь. Николь проходила в Атлантическом океане с 4 по 18 октября 2016 года, соответственно, выбранные для обработки и изучения данные были с 4 сентября по 18 ноября 2016 года. В Тихом океане рассматриваются четыре циклона. Самый мощный из них – ураган Лестер, данные для этого урагана обрабатывались с

24 июля по 7 октября 2016 года, сам же ураган существовал с 24 августа по 7 сентября 2016 года. Вторым ураганом, взятым для исследования в Тихом океане – ураган Сеймур, проходивший в западной части океана с 23 по 28 октября 2016 года, данные так же были взяты за месяц до прохождения циклона – 23 сентября по 28 ноября, то есть месяц после. Третий циклон для изучения – ураган Кеннет (18-23 августа 2017 года). Температуру поверхности океана для Кеннет была выбрана с 18 июля по 23 сентября 2017г. Последний циклон, изученный в Тихом океане в данной работе – циклон Ирвин. Данные для этого урагана брались с 22 июня по 1 сентября 2017г. Сам же ураган проходил с 22 июля по 1 августа. Данные получены с сайта RSS[16], база данных GHRSSST-PP. В данном продукте представлены данные со спутника F19 SSMIS после вторичной обработки «v04.0».

Данные были взяты с портала «Remote sensing systems». Системы дистанционного зондирования (RSS) - научно-исследовательская компания, расположенная в Северной Калифорнии, специализирующаяся на спутниковом микроволновом дистанционном зондировании Земли. Основанная в 1974 году Фрэнком Дж.

Микроволновый спектр (от 1,4 до 89 ГГц) богат информацией об атмосфере (температура, влажность, облачность, осадки и др.), так же, как поверхность земли (температура, вегетация, влага и др.). Поскольку микроволновые методы могут проникать в облака, характеристики поверхности могут измеряться из космоса даже при наличии облаков. В настоящее время, RSS предлагает качественные продукты исследования температуры поверхности моря, скорости и направления ветра, водяного пара, солесодержания поверхности моря и температуры воздушной среды на различных высотах в атмосфере полученной от измерений радиометра и зонда. Данные откалиброваны и последовательно обработаны для того, чтобы произвести самые лучшие качественные продукты для пользы в исследовании климата.

Для определения траектории тропических циклонов и координат их центров, которые были выбраны для изучения, было необходимо использовать источник Nasa Worldview [19] представленный на рисунке 2.1.

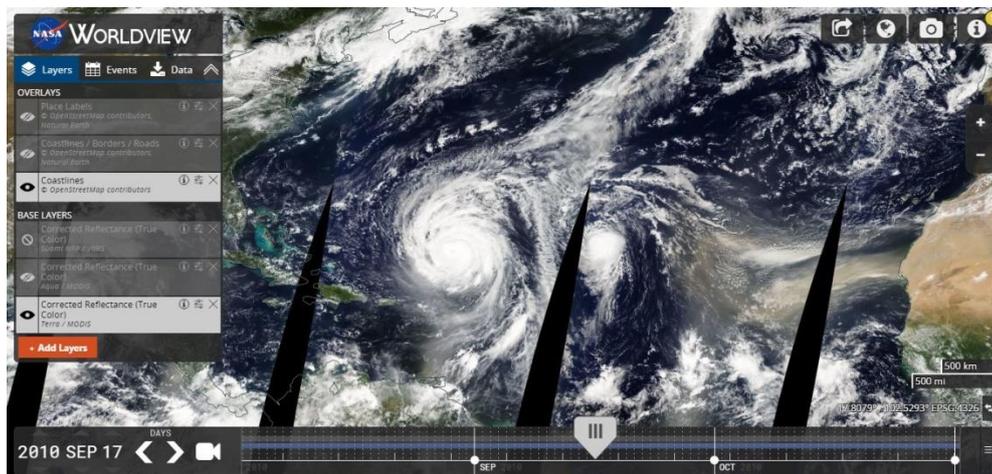


Рисунок 2.1 – Спутниковое изображение циклона Игорь 17 сентября 2010 года

После определения всех координат за каждые сутки всех трех циклонов была построена траектория каждого из них с нанесением мощности циклона, используя данные о мощности, представленные национальным центром ураганов США. Полученный результат представлен на рисунках 2.1.1-2.1.7. Так же на этих рисунках отмечены точки, выбранные для исследования. Точки 1-5 – основные и являются центрами циклона. Точки для каждого циклона выбраны индивидуально и связаны с теми или иными его характеристиками.

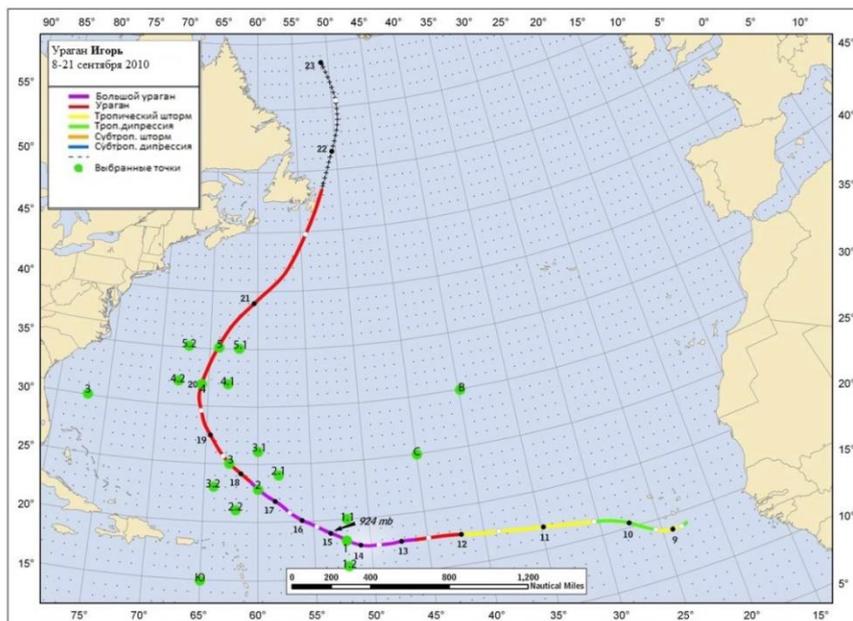


Рисунок 2.1.1. – Траектория ТЦ Игорь с нанесенными точками, выбранными для исследования.

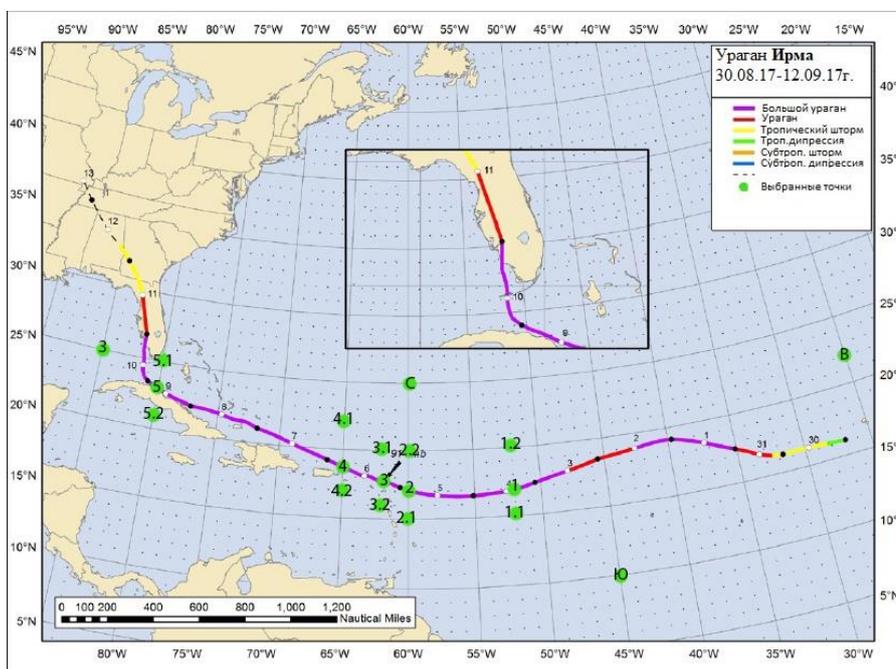


Рисунок 2.1.2 - Траектория ТЦ Ирма с нанесенными точками, выбранными для исследования.

Точки 1.1,1.2 – 5.1,5.2 находятся в непосредственной близости от центра циклона, в среднем на расстоянии 1-2 градуса широты от центра, в районе полос плотных грозовых кучевых облаков. На циклонах в Тихом океане данные точки не были взяты исходя из опыта по Атлантике. Особых изменений в данных точках не было и они были исключены.

Так же, для определения общей картины в данный период на каждом циклоне присутствует 4 независимые точки – С,Ю,З,В (север, юг, запад, восток соответственно)

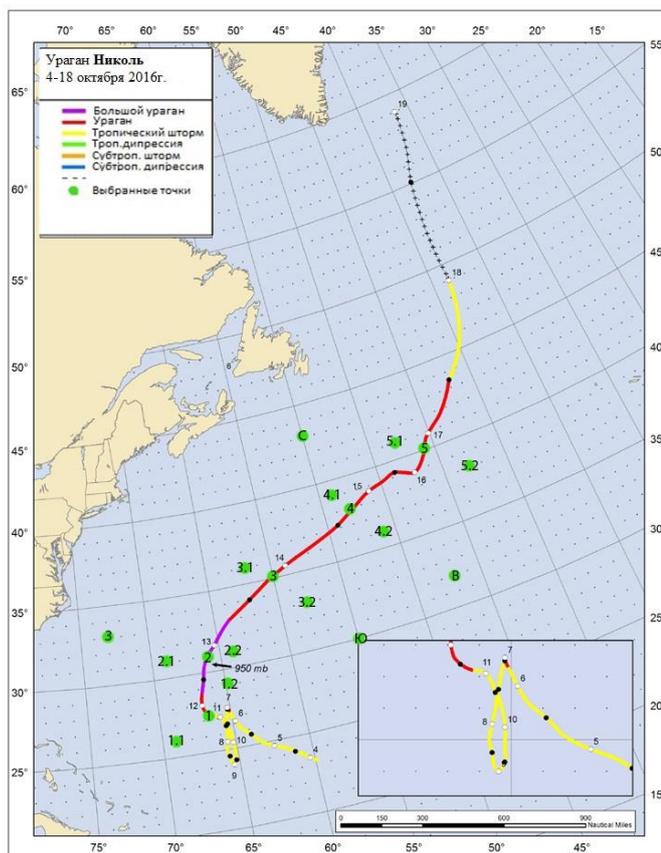


Рисунок 2.1.3 - Траектория ТЦ Николь с нанесенными точками, выбранными для исследования.

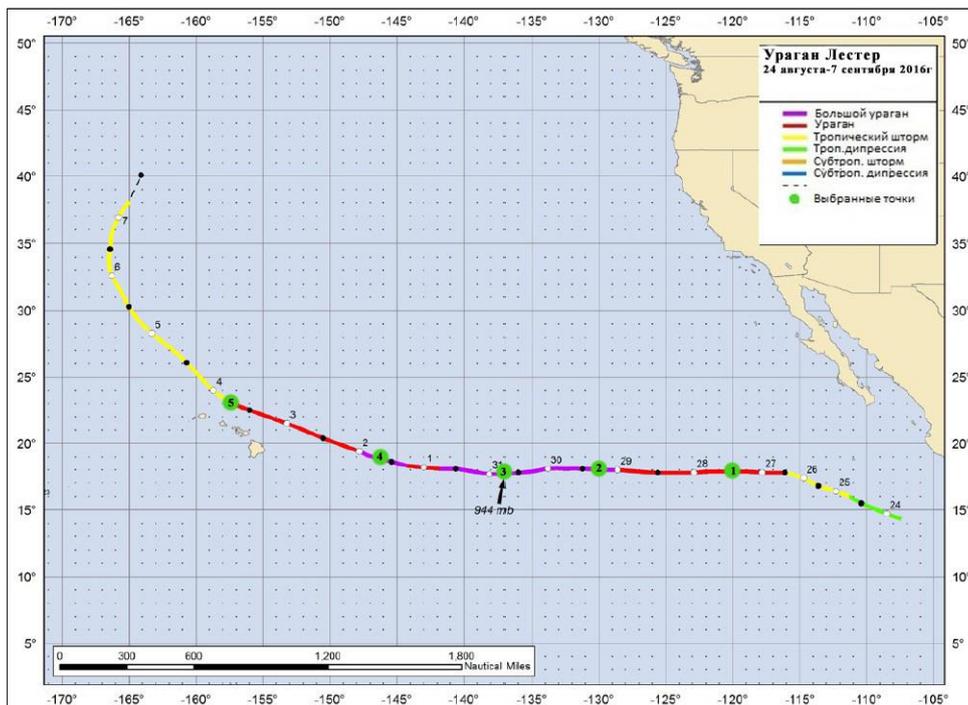


Рисунок 2.1.4 – Траектория ТЦ Лестер с нанесенными точками, выбранными для исследования.

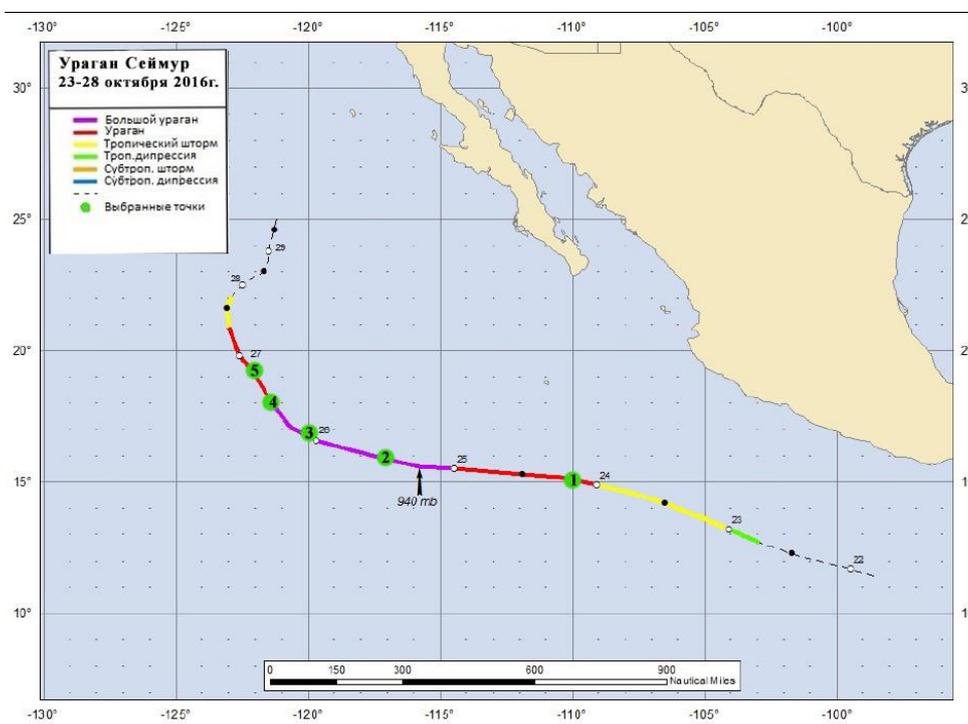


Рисунок 2.1.5 – Траектория ТЦ Сеймур с нанесенными точками, выбранными для исследования

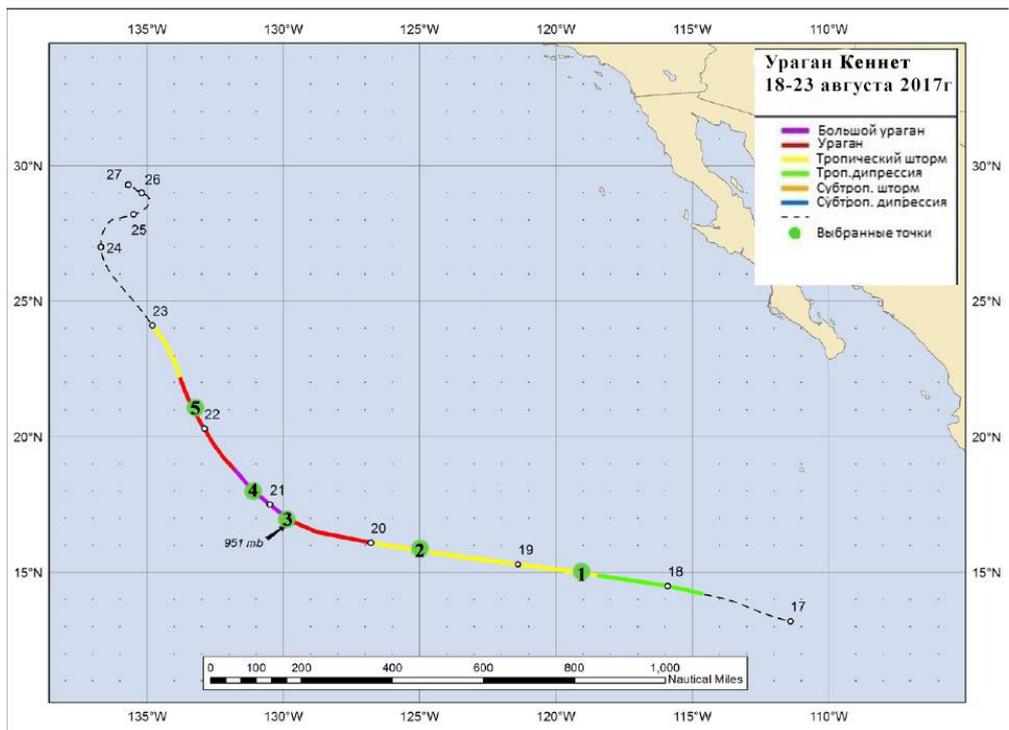


Рисунок 2.1.6 – Траектория ТЦ Кеннет с нанесенными точками, выбранными для исследования

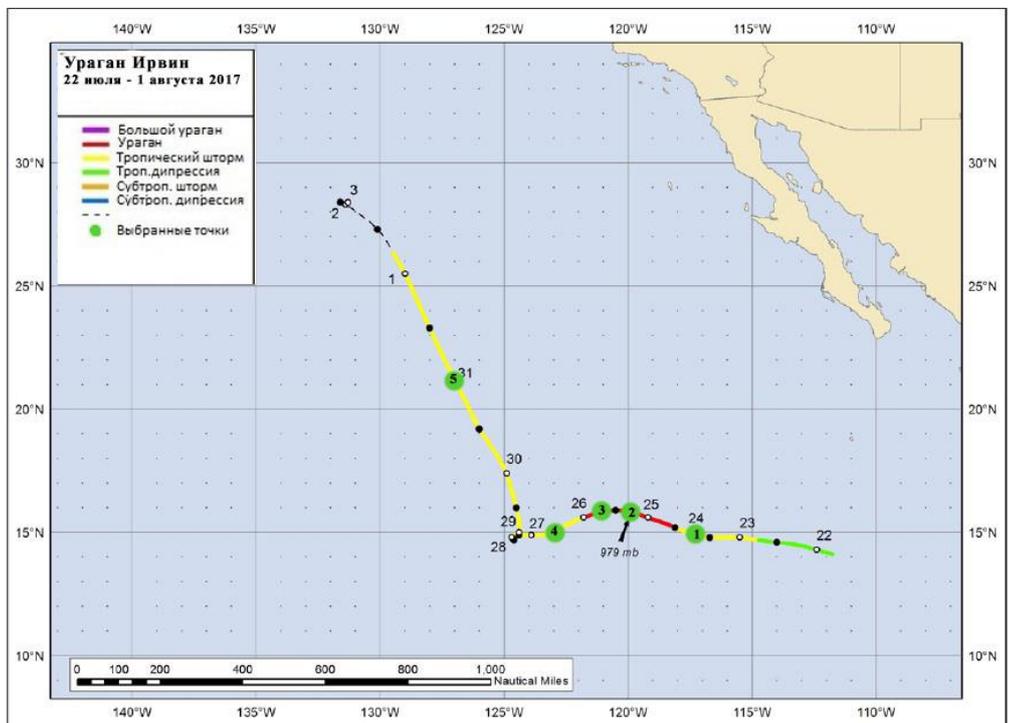


Рисунок 2.1.7 – Траектория ТЦ Ирвин с нанесенными точками, выбранными для исследования

По данным траекториям понятно, что ураганы в Тихом океане слабее, чем в Атлантическом. Самым мощным из этих семи циклонов является ураган Ирма. Игорь является ярким примером циклона, траектория движения которого изменяется в месте ослабления волн, созданных пассатами, и

поворачивает благодаря силе Кориолиса на север. Каждый тропический циклон особенный по-своему. Тропический циклон Николь на начальном этапе с 4 по 11 октября выполнил циклоническую петлю в районе 25° с.ш. 65° з.д. , затем неожиданно резко начал движение на север и быстро стал набирать мощность. 13 октября является пиком мощности тропического циклона Николь (точка №2). Несмотря на это, по отношению к двум остальным циклонам Атлантического океана, ураган Николь является относительно слабым.

Ураган Игорь с 8 по 12 сентября находился в стадии небольшого тропического шторма и буквально за сутки с 12 по 13 сентября набрал энергии до стадии «Большой Ураган». Игорь достигает своего пика 15 сентября (точка №1), далее постепенно поворачивает на север, при этом затухая и к 18 сентября слабеет до стадии «ураган». 21 сентября тропический циклон заметно ускорился и прошел 10° широты всего за один день, но 22 сентября Игорь выходит на остров Ньюфаундленд и при отсутствии питания тёплым влажным воздухом моментально теряет энергию и рассеивается.

Тропический циклон Ирма ведет себя не так, как остальные. Довольно быстро он становится «Большим ураганом», 1 сентября (на третий день, после образования), но затем происходит небольшой спад, всего на сутки (с 2 по 3 сентября). Далее тропический циклон Ирма снова возвещается в категорию «Большой Ураган» и остается в этом состоянии до выхода на сушу. На суше циклон рассеивается из-за отсутствия питания.

Ураган Лестер несколько схож с ураганом Игорь, хотя развитие ТЦ в Тихом океане происходит несколько дольше, чем в Атлантике. Лестер зарождается в виде тропической депрессии 24 августа 2017 года и достигает своего максимума лишь к 31 августа (точка №3). В степени «Большой ураган» он пробыл в общей сложности 3 дня, прервавшись 1 сентября.

Тропический циклон Сеймур проходил всего 5 дней, зародившись 23 октября меньше чем за сутки достигает стадии «тропический шторм» и уже

через два дня достигает своего максимума (точка №2). И в качестве «большого урагана» проводит несколько дней и стремительно затухает.

Ураган Ирвин самый слабый из семи представленных циклонов, наивысшей категории «большой ураган» он так и не достиг, но внес большой вклад в изменение температуры поверхности океана. По большей части Ирвин находился в стадии тропического шторма, а именно с 23 по 24 июля и с 26 июля по 1 августа. В точках 2 и 3 рассмотрены 2 дня, в которых он был ураганом. Свой максимум в 979Мб Ирвин достигает 25 июля (точка №2).

Ураган Кеннет своей траекторией и мощностью схож с ТЦ Сеймур, так же как и Сеймур Кеннет существовал всего 5 дней, стадия «большой ураган» прошла за сутки 21 августа и рассматривается в точке №4.

2.2 Методы исследования

2.2.1 Тренд временного ряда

Тренд представляет собой наличие во временной изменчивости исследуемой характеристики длиннопериодного колебания с периодом, существенно превышающим длину выборки.

Исходя из этого соображения, тренд может быть линейным или квадратичным, в зависимости от того, на какую часть длиннопериодного колебания попала выборка.

При изменении его длины тренд может появляться, исчезать, менять интенсивность и форму, при этом он не может образовывать циклы. Тенденции временного ряда это главные закономерности в развитии случайного процесса. В отличие от тренда, тенденция ряда может образовывать циклы. Тогда значимый тренд является частным случаем тенденции, но не наоборот. Локальный тренд – основной для всего временного ряда.

Сформулируем уравнение линейного тренда:

$$y = a_1 t + a_0 + \varepsilon,$$

Уравнение нелинейного (квадратичного) тренда:

$$y = a_2 t^2 + a_1 t + a_0 + \varepsilon,$$

где t – время.

Оценка на значимость тренда происходит путем вклада тренда в общую дисперсию ряда, что по сути, является аналогом коэффициента детерминации R^2 , поэтому точно так же может быть проверен на значимость путем проверки на значимость коэффициента корреляции, который равен $\sqrt{R^2}$.

2.2.2. Среднее значение

Средним значением множества чисел называют называется число, равное сумме всех чисел множества, деленная на их количество.

В данном случае производился подсчет среднего значения температуры поверхности океана в выбранной точке за определенный период в течении 10 лет.

Например, в ТЦ Игорь, в точке №5 (35° с.ш. 64° з.д.) средняя температура поверхности океана в течении 10 лет 8 августа составила 27.53°С. Данный результат был получен, используя формулу:

$$t_{cp} = \frac{t_{2007} + t_{2008} + t_{2009} + t_{2010} + \dots + t_{2017}}{10}$$

На основе этих значений были построены графики поверхностной температуры океана. На рисунках 2.2.2.1, 2.2.2.2, 2.2.2.3 представлены некоторые из них.

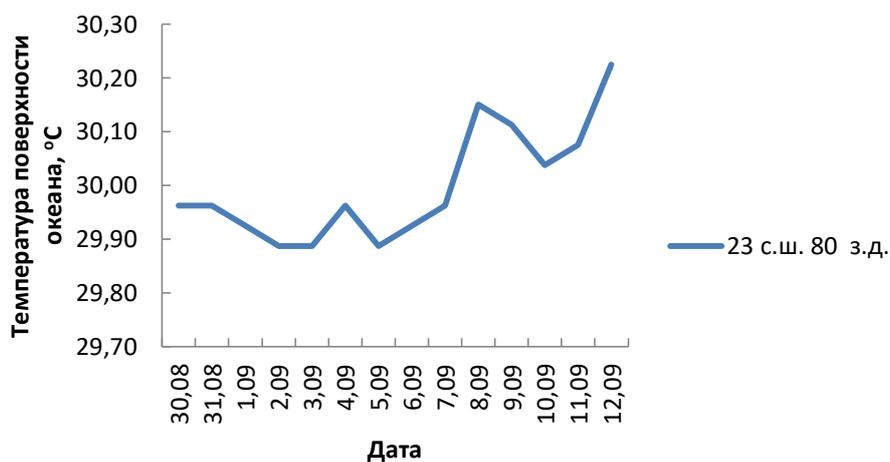


Рисунок 2.2.2.1 – Средняя ТПО за 10 лет (с 2007г по 2017г) в точке 23 с.ш. 80 з.д. в период с 30 августа по 12 сентября.

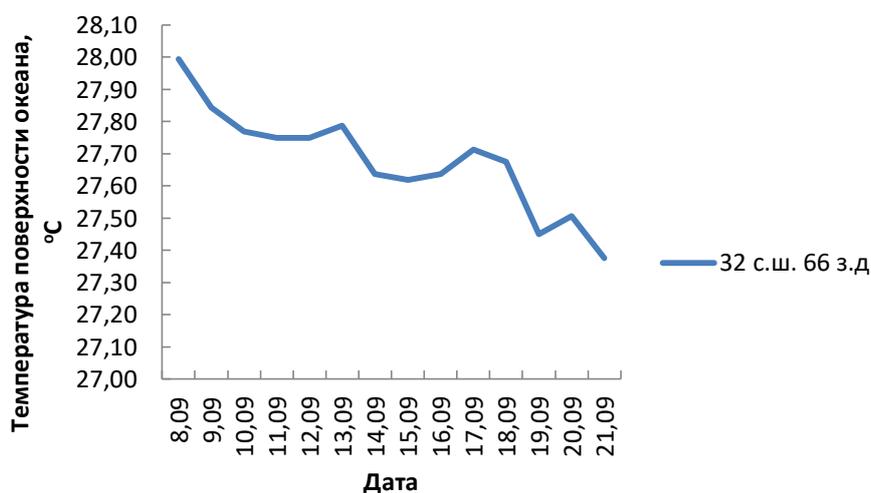


Рисунок 2.2.2.2 – Средняя ТПО за 10 лет (с 2007г по 2017г) в точке 32 с.ш. 66 з.д. в период с 8 по 21 сентября.

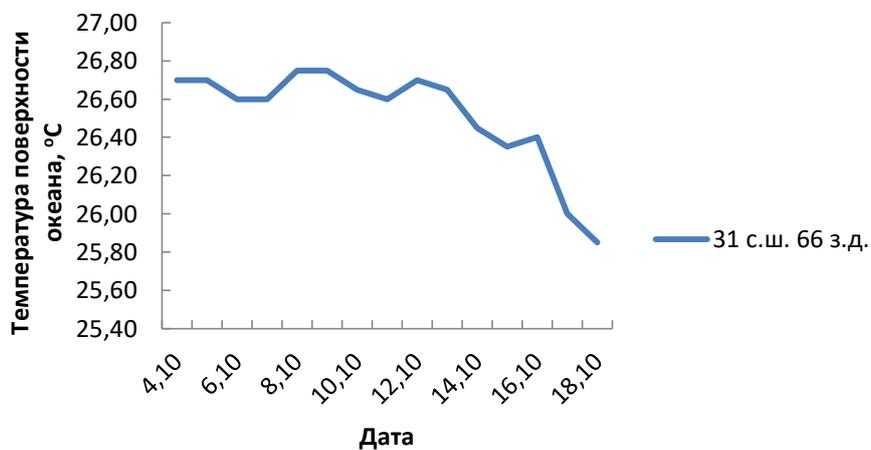


Рисунок 2.2.2.3 – Средняя ТПО за 10 лет (с 2007г по 2017г) в точке 31 с.ш. 66 з.д. в период с 4 по 18 октября.

По данным из выше представленных таблиц и рисунков можно сделать вывод, что резких колебаний температуры не происходило. На рисунках 2.2.2.2 и 2.2.2.3 происходит медленное снижение температуры поверхности океана, связанное со сменой сезона. На рисунке 2.2.2.1. температура поднимается, но не значительно, за данный период температура повысилась всего на $0,4^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, можно рассуждать о том, что никаких резких скачков температуры в данный период времени происходить не должен.

3 Изменение температуры поверхности океана, связанное с прохождением тропического циклона.

3.1. Восстановление температуры поверхности океана.

3.1.1 Тропический циклон Игорь.

Игорь – самый сильный тропический циклон в Атлантике в 2010 году. Ураган Игорь был невероятно большим и интенсивным, который поразил Бермудские острова. Позже он попал на остров Ньюфаундленд и был самым разрушительным ураганом в новейшей истории этого острова.

6 сентября широкая область низкого давления покинула африканское побережье и медленно двигалась на запад в течении нескольких дней. К 8 сентября поверхностная циркуляция была достаточно явно выражена и конвекции достаточно для образования тропического циклона. Циклон быстро усиливался.

После того, как циклон стал тропическим штормом (рисунок 2.1.1) циклон не мог укрепиться около суток. Фактически, система потеряла некую организацию. Циклон в конечном итоге достиг предела урагана 13 сентября. Вскоре, после этого центральная часть циклона была ярко сформулирована облаками и симметрична. Скорость ветра на этот момент достигала 80 м/с . [17]. Двигаясь через тропическую Атлантику, тропический циклон Игорь замедляется. За 14,15 и 16 сентября он прошел всего 10° широты, для сравнения за 11 сентября он прошел 9° широты.

После появления намеков на четко сформулированную структура глаза в тропическом циклоне, максимальные порывы ветра в Игре снижаются до 60 м/с. [17]. Окончательное формирование и укрепление Игора произошло 15 сентября. В этот момент скорость ветра достигала 83 м/с. [17] Ураган находился в колебании между северо-западным и западно-северо-западным направлением.

В районе Срединно-Атлантического хребта Игорь постепенно поворачивает на север. Сдвиг, который стал довольно сильным 18 сентября, влечёт за собой ослабление циклона. Циклон ослабился до степени «Ураган», но значительно расширился в размерах.

Ураган повернул на север-северо-восток, затем на северо-восток и ускорился перед канадскими приморскими городами. Циклон вырос еще больше по размеру, а скорость ветра достигала почти 90 м/с. [17]

Центр урагана оседлал восточный берег полуострова Авалон в Ньюфаундленде. Почти сразу после ухода из Ньюфаундленда Игорь стал полностью встроенный во фронтальную зону и превратившийся в энергичный экстратропический циклон. Циклон повернул на север и северо-северо-запад, его центр перемещается по северной Атлантике между Лабрадором и Гренландией 22 сентября. Система стала поглощаться другим крупным внематочным циклонами к началу 23 сентября.

Исходя из данных, взятых у компании в Северной Калифорнии «Remote sensing systems», предварительно их обработав были построены температурные поля участка по которому продвигался тропический циклон Игорь. Примеры таких построений представлены на рисунках 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 3.1.4,

На рисунке 3.1.2.1 изображено распределение поверхностной температуры в Атлантике 13 сентября 2010 года. На нем не наблюдается никаких аномалий. Распределение температуры полностью соответствует стандартному распределению для данного региона в это время года. Стоит

отметить, что к 13 сентября циклон Игорь только набрал свою мощь и не мог внести больших изменений в температуру поверхности океана.

На рисунке 3.1.2 изображено распределение поверхностной температуры в Атлантике 16 сентября 2010 года. В данный период Игорь уже набрал мощь и даже прошёл свой пик и сразу можно наблюдать изменение в поверхностной температуре. В районе 20 с.ш. 50 з.д. отчетливо видно понижение температуры

Анализируя выше представленные рисунки, можно с уверенностью заявить о том, что понижение температуры поверхности океана происходит из-за прохождения тропического циклона Игорь, естественно из-за активного вертикального перемешивания, вызванного им.

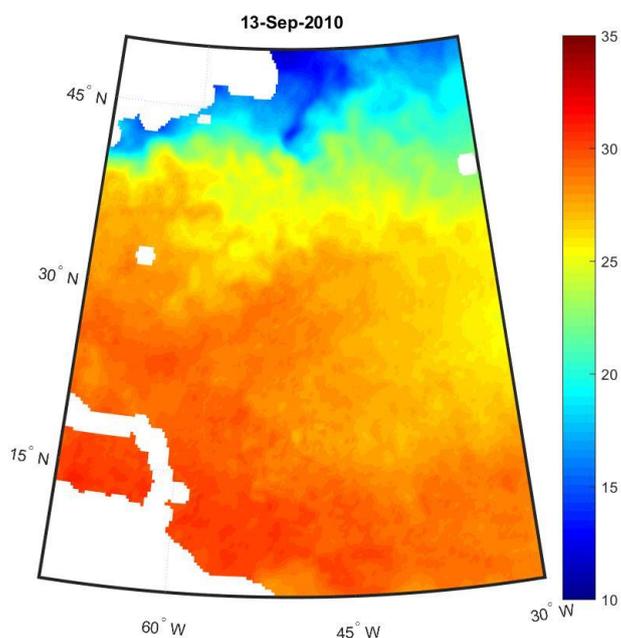


Рисунок 3.1.1. – Температура поверхности океана в западной части Атлантического океана 13 сентября 2010 года.

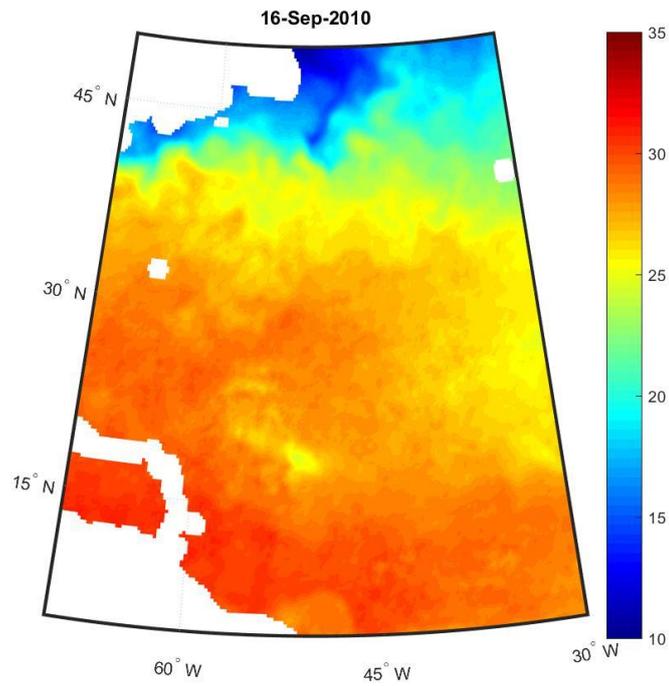


Рисунок 3.1.2 – Температура поверхности океана в западной части Атлантического океана 16 сентября 2010 года.

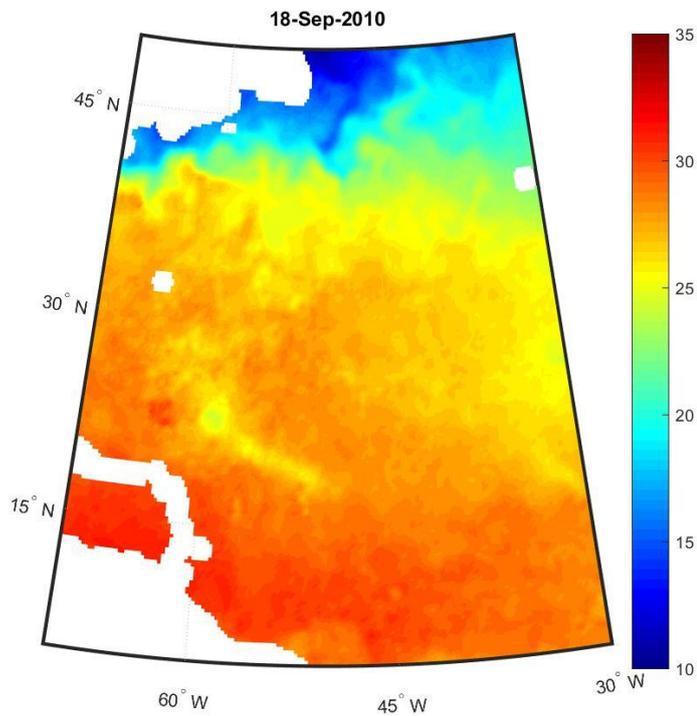


Рисунок 3.1.3 – Температура поверхности океана в западной части Атлантического океана 18 сентября 2010 года.

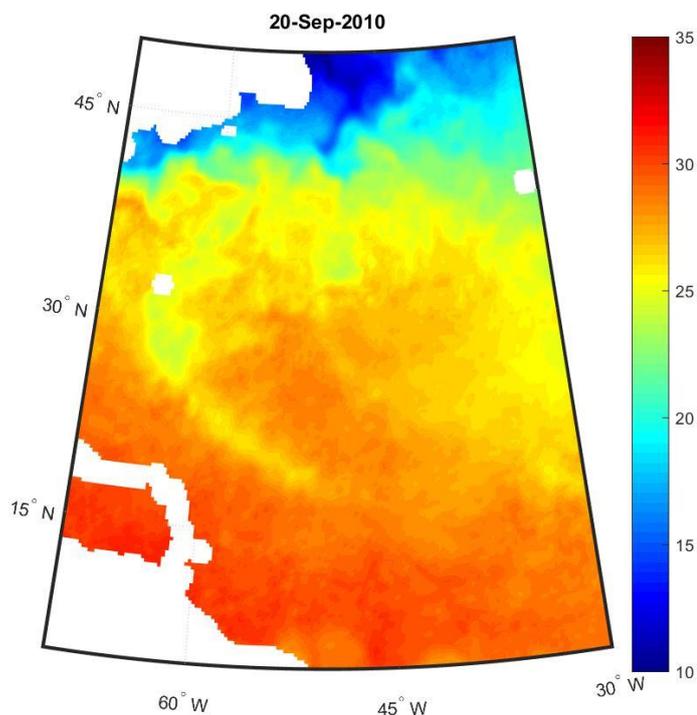


Рисунок 3.1.4 – Температура поверхности океана в западной части Атлантического океана 20 сентября 2010 года.

По траектории прохождения тропического циклона Игорь было выбрано 5 основных точек, их расположение представлено на рисунке 2.1.1, а координаты в таблице 3.1.7.1

Таблица 3.1.7.1 – Координаты выбранных для исследования точек в ТЦ Игорь

Точка №1	Точка №2	Точка №3	Точка №4	Точка №5
18 с.ш. 52 з.д	23 с.ш. 60 з.д	25 с.ш. 63 з.д	32 с.ш. 66 з.д	35 с.ш. 64 з.д

Для оценки понижения температуры в связи прохождением тропического циклона, на один график наносится средняя температура за 10 лет в данной точке (посчитанная в пункте 2.2.2) и температура за 2010 год (год прохода циклона Игорь) в период с 8 августа по 21 октября.

На рисунке 3.1.7.1 сразу бросается в глаза тот факт, что в 2010 год до 9 сентября температура в данной точке выше средней почти на градус. Это связано с трагедией, произошедшей 20 апреля 2010 года в Мексиканском заливе, а именно взрыв нефтяной платформы «Deepwater Horizon» и как следствие разлива 5 миллионов баррелей нефти.

В момент прохождения циклона можно наблюдать резкое падение температуры с 29°C до $26,5^{\circ}\text{C}$, а затем постепенное восстановление. Температура в 2010 году вернулась к значению среднего только 11 октября, а момент падения в данной точке произошел 15 сентября, соответственно период восстановления занял почти месяц. Данная точка приходится на пик ТЦ Игорь.

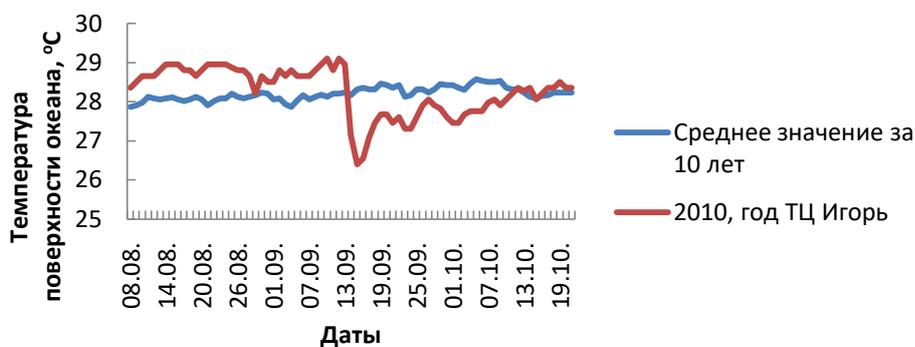


Рисунок 3.1.7.1. – Значение температуры поверхности океана в точке 18 с.ш. 52 з.д. относительно средней за 10 лет.

Точка №2, представленная на рисунке 3.1.7.2 примечательна тем, что не так сильно пострадала от трагедии, произошедшей в Мексиканском заливе. Об этом свидетельствует небольшой прирост по температуре поверхности, как у точки №1. 18 сентября, в день прохождения циклона, температура поверхности океана стремится к понижению. 16 сентября ТПО составляла $29,25^{\circ}\text{C}$, а 18 сентября уже $25,65^{\circ}\text{C}$. Температура снизилась почти на 4°C . Веною этому служит вертикальное перемешивание, вызванное ТЦ Игорь.

Температура восстановилась к своему стандартному значению 17 октября, соответственно, как и в точке №1 – восстановление заняло целый месяц.

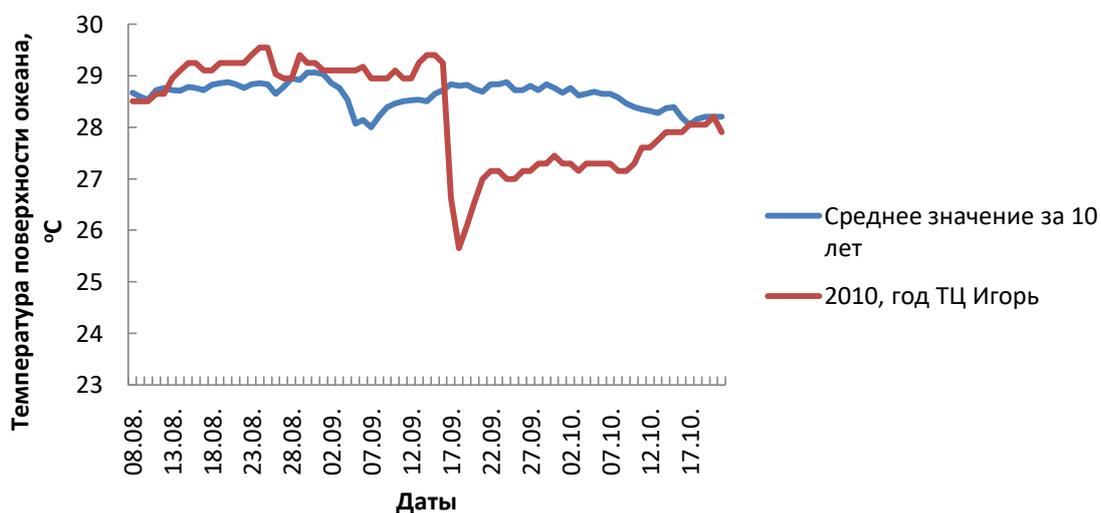


Рисунок 3.1.7.2. – Значение температуры поверхности океана в точке 23 с.ш. 60 з.д. относительно средней за 10 лет.

На рисунке 3.1.7.3 представлена наиболее интересная точка в данном циклоне. В районе 7 сентября на графике средних значений можно наблюдать понижение температуры, что не характерно для данных графиков. Объясняется это тем, что в данной точке на протяжении 10 лет каждый год проходит один или несколько циклонов, отсюда и понижение температуры на графике средних значений.

После ТЦ Игорь 4 октября в эту же точку приходит другой циклон – Сюзи, поэтому был построен тренд временного ряда (пункт 2.2.1) для среднего значения и времени восстановления. Гипотетически, без влияния внешних факторов и отсутствия второго циклона пришлось бы на пересечение трендов, а именно 10 октября. Падение температуры поверхности океана произошло 15 сентября, то есть восстановление длилось 25 дней, а при учете второго циклона (Сюзи), температура восстановилась 16 октября.

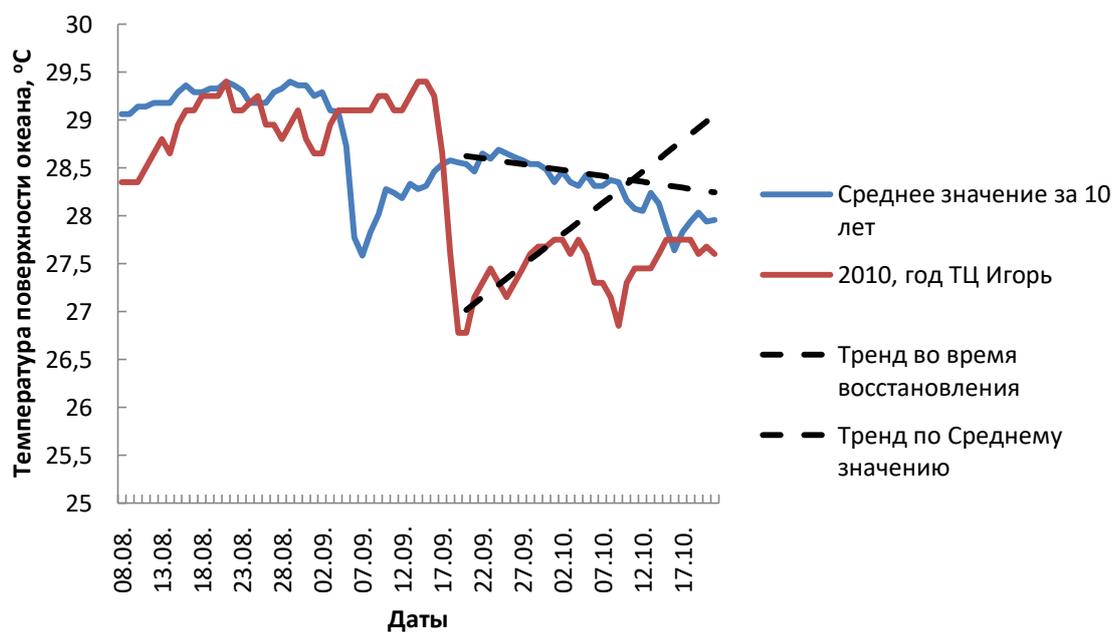


Рисунок 3.1.7.3. – Значение температуры поверхности океана в точке 25 с.ш. 63 з.д. относительно средней за 10 лет.

Точка №5, представленная на рисунке 3.1.7.4 наиболее ярко выражает восстановление температуры поверхности океана после циклона. 20 сентября температура плавно опускается на 1,5°C. Такое небольшое снижение температуры объясняется тем, что ТЦ Игорь на данном этапе ослаб до категории «Ураган» (рисунок 2.1.1). Далее температура постепенно восстанавливается и сравнивается со средними значениями в данной точке. Восстановление заняло 9 дней.

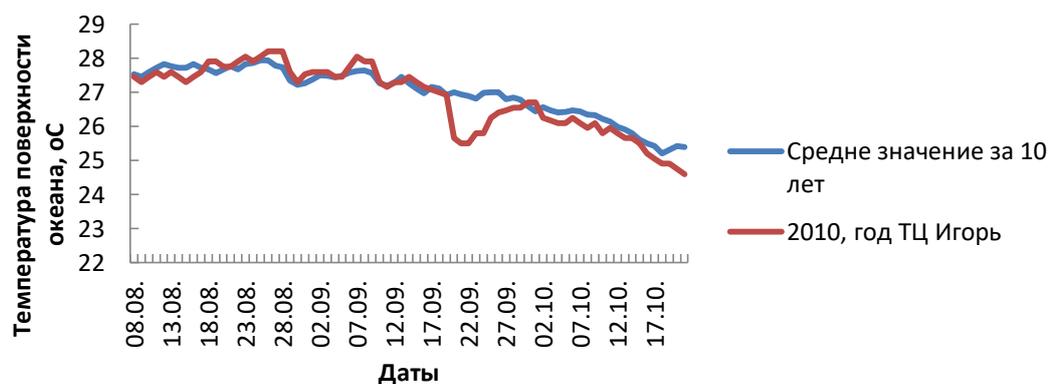


Рисунок 3.1.7.4. – Значение температуры поверхности океана в точке 35 с.ш. 64 з.д. относительно средней за 10 лет.

3.1.2 Тропический циклон Ирма

Тропический циклон Ирма считается долгоживущим ураганом, достигающим 5 (наивысшей) категории по шкале интенсивности Саффира-Симпсона. Ирма вызвала широкомасштабные разрушения в пострадавших районах и была одним из самых сильных и самых дорогостоящих ураганов, зарегистрированных в Атлантическом бассейне.

27 августа большая область низкого давления покидает западное побережье Африки, затем волна создает обширную область глубокой конвекции, которая с 28 по 29 августа становится более сосредоточенной. К 30 августа спутниковые снимки показали, что сформировалась четко определенная поверхностная циркуляция, и поскольку глубокая конвекция уже была достаточно организована, считается, что система стала тропической депрессией. Характеристики полос увеличились после генезиса, и депрессия стала тропической бурей спустя 6 часов.

Двигаясь на запад к югу от Срединно-Атлантического хребта над восточной Атлантикой, Ирма быстро укреплялась в условиях окружающей среды с низким вертикальным сдвигом ветра и довольно влажной нижней тропосферой, в то время как она находилась над слегка теплыми температурами морской поверхности.

У урагана Ирма глаз сформировался уже 31 августа, то есть всего через 30 часов после того, как она была тропической депрессией. Ирма достигла силы урагана еще в восточной части Атлантического океана, что не характерно для тропических циклонов в данной области, только поэтому можно судить о масштабности и мощи Ирмы. Значительного ураганного статуса Ирма достигла 1 сентября, это всего спустя два дня после генезиса. В это время, Ирма считалась интенсивным ураганом, не смотря на компактные размеры, на начальном этапе радиус урагана составлял всего 2-3 градуса широты, что присваивает ей категорию «Малый». 2 сентября Ирма замедлилась и ослабела, колеблясь между первой и второй категории

мощности. Основные причины данных колебаний являются замены стен глаза и вторжение сухого воздуха. Между тем, циклон поворачивает на юго-запад и ослабевает еще больше, но в следствии этого поворота Ирма приходит в зону с более высокой температурой поверхности океана и максимально быстро начинает усиливаться.

К 4 сентября глаз Ирмы рос в размерах, приобретая симметрию и стал лучше определяться. Ирма вновь усилилась, вероятнее из-за окончания цикла смены стен глаза, и двигалась в западном направлении. 5 сентября Ирма достигает своего пика интенсивности с максимальным ветром около 100 м/с.[18]

Все еще двигаясь на запад, Ирма совершила свой выход на остров Девы Горда на Британских Виргинских островах в 16:30 UTC 6 сентября по-прежнему в виде урагана 5 категории. Позже, в тот же день, когда Ирма отошла от Виргинских островов, разведывательные данные указали, что основной ураган немного ослабел, но совсем незначительно. Несмотря на то, что Ирма больше не находилась в пиковой интенсивности, она оставалась ураганом категории 5 с большим ветровым полем. 8 сентября Ирма слабеет до 4 категории, оставаясь «Большим Ураганом» и обрушивается на Багамские острова, в этот день заканчивается 60-часовой период интенсивности 5 категории, что является вторым самым длинным периодом в истории после урагана Куба в 1932 году. Далее Ирма слегка отклоняется влево и двигается к северному побережью Кубы. Разведывательные и микроволновые данные показывают, что внутреннее ядро стало более организованным, и, по оценкам, Ирма укрепилась до урагана категории 5 снова. Это означало первый ураганный выход 5-й категории на Кубе с 1932 года. Ирма следила за кубинскими ключами в течение всего дня, а его взаимодействие с землей заставило его значительно ослабеть, сначала на бурю категории 4 через несколько часов после выхода на берег кубинских ключей и затем до урагана категории 2.

Вскоре после этого форвардная скорость Ирма замедлилась, и она начала поворачиваться на северо-запад, что вызвало начало урагана над Флоридским проливом в начале 10 сентября. Когда Ирма перебралась через теплые воды Флоридского пролива, ураган снова достигает 4 категории. Когда Ирма вышла на юго-запад Флориды, получила удар в виде сильного сдвига ветра и влияния земли, что заставило циклон терять энергию и ослабевать.

Исходя из данных, взятых у компании в Северной Калифорнии «Remote sensing systems», предварительно их обработав были построены температурные поля участка по которому продвигался тропический циклон Ирма. Примеры таких построений представлены на рисунках 3.1.5, 3.1.6, 3.1.7, 3.1.8.

Как и в случае с тропическим циклоном Игорь, на рисунке 3.1.5 не наблюдается никаких аномалий. На момент 30 августа Ирма находилась в стадии «Тропический шторм» и не могла принести существенного изменения температуры поверхности океана

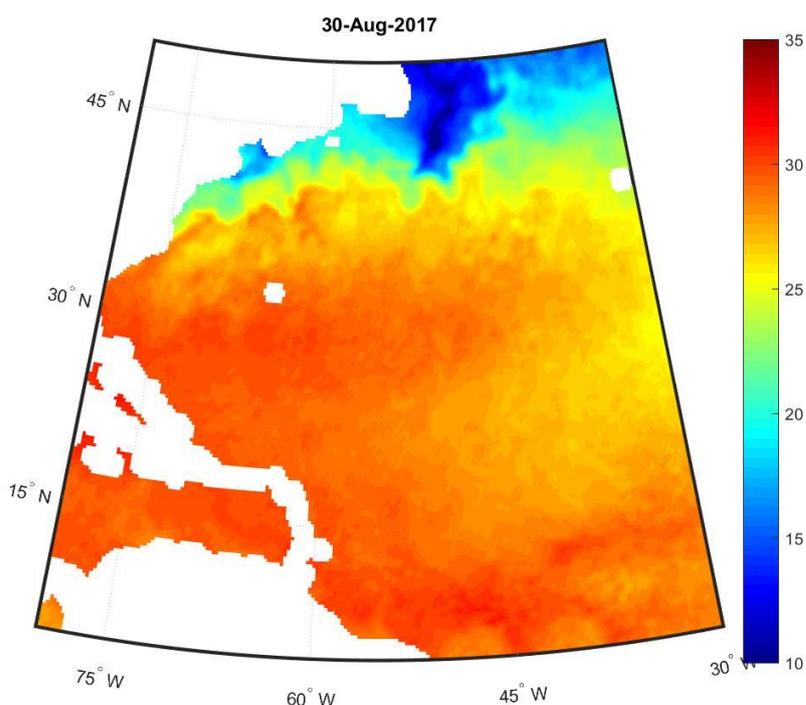


Рисунок 3.1.5 – Температура поверхности океана в западной части Атлантического океана 30 августа 2017 года.

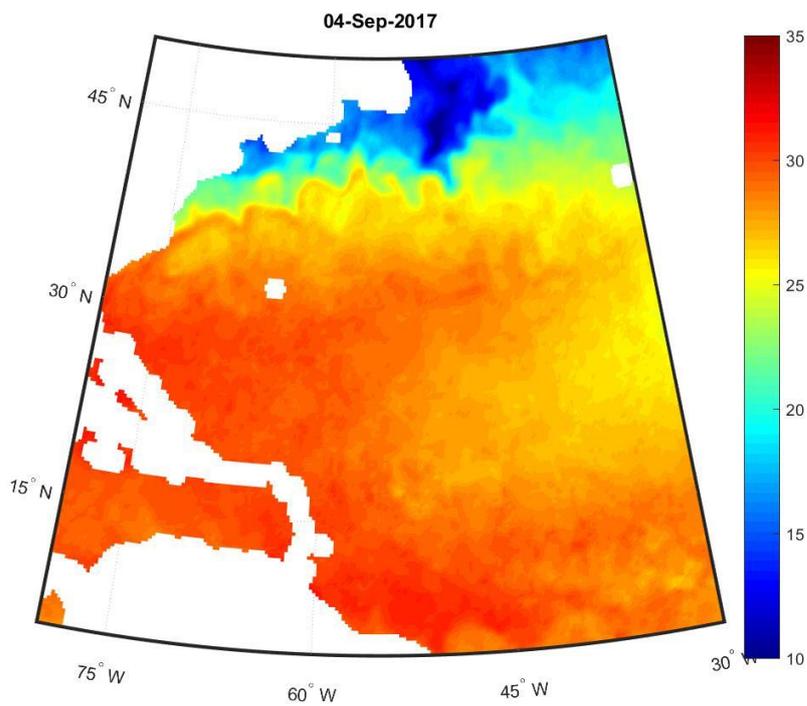


Рисунок 3.1.6 – Температура поверхности океана в западной части Атлантического океана 04 сентября 2017 года.

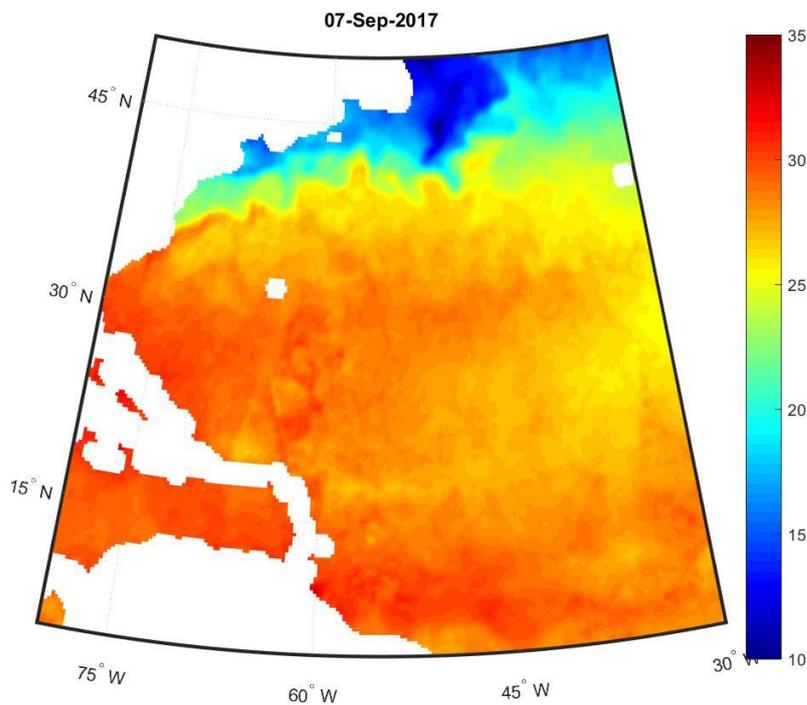


Рисунок 3.1.7 – Температура поверхности океана в западной части Атлантического океана 7 сентября 2017 года.

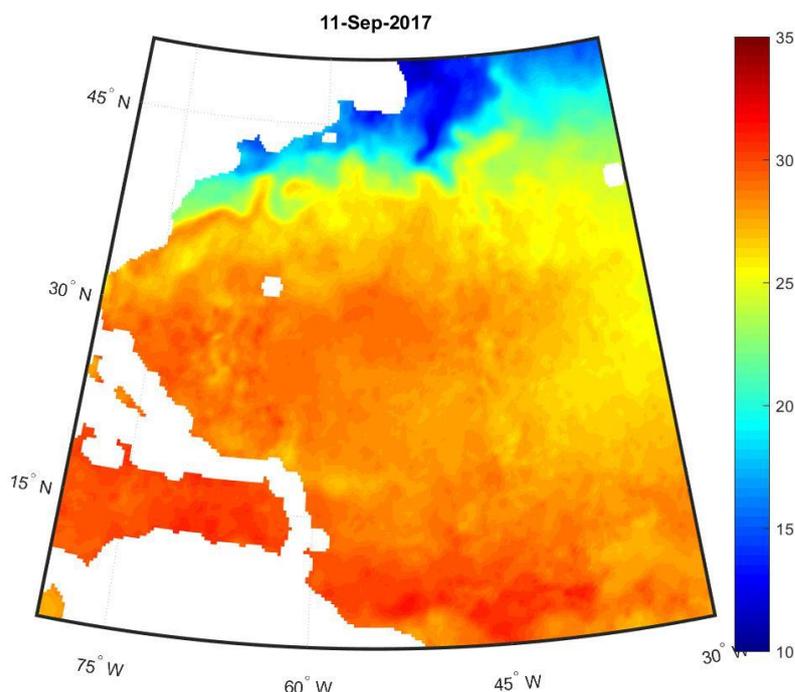


Рисунок 3.1.8 – Температура поверхности океана в западной части Атлантического океана 11 сентября 2017 года.

На рисунке 3.1.6. ситуация меняется. 4 сентября центр ТЦ Ирма находился в районе 55 з.д., что отчетливо видно на данном рисунке. С востока на запад от 25 с.ш. до 15 с.ш. растягивается желто-оранжевое пятно на красном фоне, что свидетельствует о понижении температуры поверхности океана за счет вертикального перемешивания.

По всей траектории тропического циклона Ирма было выбрано 5 основных точек, расположенных в центре циклона, их расположение представлено на рисунке 2.1.2, а координаты в таблице 3.1.7.2.

Таблица 3.1.7.2 – Координаты выбранных для исследования точек в ТЦ Ирма

Точка №1	Точка №2	Точка №3	Точка №4	Точка №5
17 с.ш. 52 з.д.	17 с.ш. 60 з.д.	18 с.ш 62 з.д.	19 с.ш 65 з.д.	23 с.ш. 80 з.д.

Как и в предыдущем случае, для оценивания спада температуры в связи прохождением тропического циклона, на один график наносится средняя температура за 10 лет в данной точке (посчитанная в пункте 2.2.2) и температура за 2017 год (год прохода циклона Ирма) в период с 30 июля по 12 октября.

По графику, изображенному на рисунке 3.1.7.2.1 можно судить о том, что 2017 год был теплым для Атлантики. До прихода циклона в 2017 году температура была выше средней на $0,5^{\circ}\text{C}$. Ирма примечательна тем, что на графиках отчетливо видно, что тропический циклон гонит перед собой потоки теплой воды, поэтому прямо перед приходом урагана температура поверхности океана повышается на 1°C , затем резко падает, но так же быстро восстанавливается, всего через 3 дня температура в 2017 году после ТЦ Ирма стала превышать среднее значение. Этот факт объясняется тем, что прямо за Ирмой, по той же траектории двигался тропический циклон Кейт, так же гнав перед собой потоки теплой воды.

В точке с координатами 19° с.ш. 65° з.д., представленным на рисунке 3.1.7.2.2 эффект повторяется практически идентично. Отличие заключается лишь в том, что температура поверхности океана не превышает среднюю и циклон Кейт отстал от Ирмы и между ними прошло 6 дней. Сроки восстановления поверхностной температуры океана составили всего 3 дня.

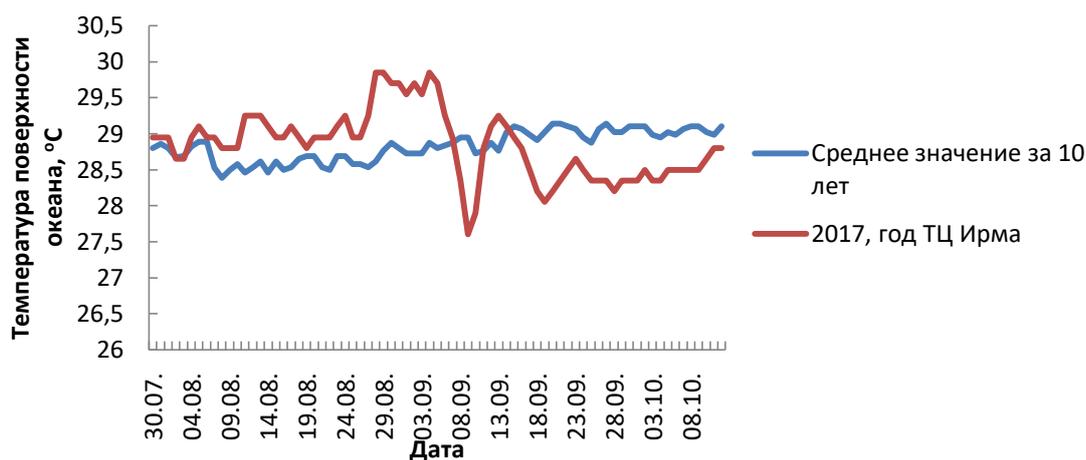


Рисунок 3.1.7.2.1 - Значение температуры поверхности океана в точке 17° с.ш. 60° з.д. относительно средней за 10 лет.

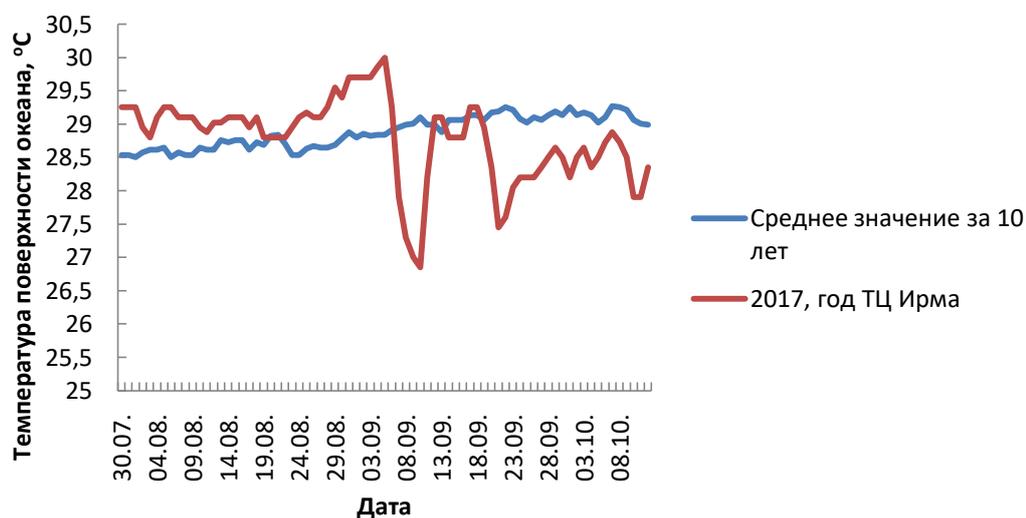


Рисунок 3.1.7.2.2 - Значение температуры поверхности океана в точке 19 с.ш. 65 з.д. относительно средней за 10лет.

3.1.3 Тропический циклон Николь

Николь не похожа на другие тропические циклоны, рассмотренные в данной работе. Во-первых, местом её образования не является западное побережья Африки. Во-вторых, Николь является относительно слабым циклоном, хотя и продолжительным.

Николь сформировалась почти между Бермудскими островами и Пуэрто-Рико и быстро усилилась до силы урагана, но затем внезапно ослабела. Далее Николь совершила циклоническую петлю в течение нескольких дней, но постепенно повернула на север и ускорила на северо-восток, усилившись в ураган категории 4 (по шкале Саффира-Симпсона). Николь поразила Бермудские острова, ослабев до ураганов категории 2, после чего бароклинное воздействие вынудило Николь стать крупным циклоном с гибридными характеристиками над Северной Атлантикой.

3.1.6 Построение температурных полей для ТЦ Николь.

Исходя из данных, взятых у компании в Северной Калифорнии «Remote sensing systems», предварительно их обработав были построены температурные поля участка по которому продвигался тропический циклон

Николь. Примеры таких построений представлены на рисунках 3.1.9, 3.1.10, 3.1.11.

Из-за слабости циклона Николь масштабных изменений температуры поверхности не произошло. На рисунках 3.1.10, 3.1.11, в северо-западной части видны незначительное падение температуры.

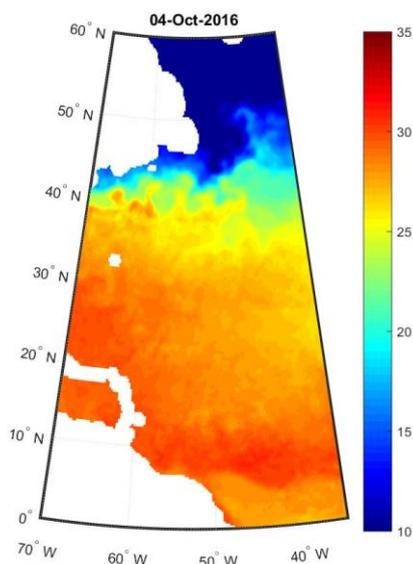


Рисунок 3.1.9 – Температура поверхности океана в западной части Атлантического океана 4 октября 2016 года.

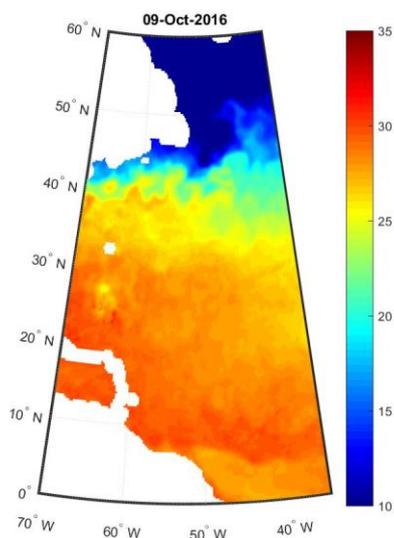


Рисунок 3.1.10 – Температура поверхности океана в западной части Атлантического океана 9 октября 2016 года.

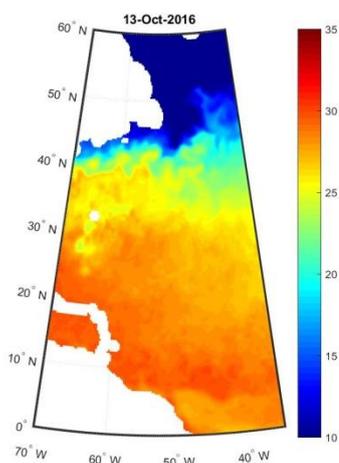


Рисунок 3.1.11 – Температура поверхности океана в западной части Атлантического океана 13 октября 2016 года.

По всей траектории тропического циклона Николь было выбрано 5 основных точек, расположенных в центре циклона, их расположение представлено на рисунке 2.1.3, а координаты в таблице 3.1.7.3.

Таблица 3.1.7.3 – Координаты выбранных для исследования точек в ТЦ Николь

Точка №1	Точка №2	Точка №3	Точка №4	Точка №5
27 с.ш. 67 з.д	31 с.ш. 66 з.д.	35 с.ш. 60 з.д	38 с.ш. 53 з.д.	40 с.ш. 46 з.д.

Как было сказано ранее, Николь самый слабый циклон из трех представленных и широкое влияние на поверхностную температуру он не оказывает. Это подтверждают графики, представленные на рисунках 3.1.7.3.1 и 3.1.7.3.2.

На рисунке 3.1.7.3.1 изображена точка в которой ураган Николь достиг своего пика. Температура упала на 3°C, но не сильно опустилась ниже среднего значения, так как изначально была выше на 1-2°C

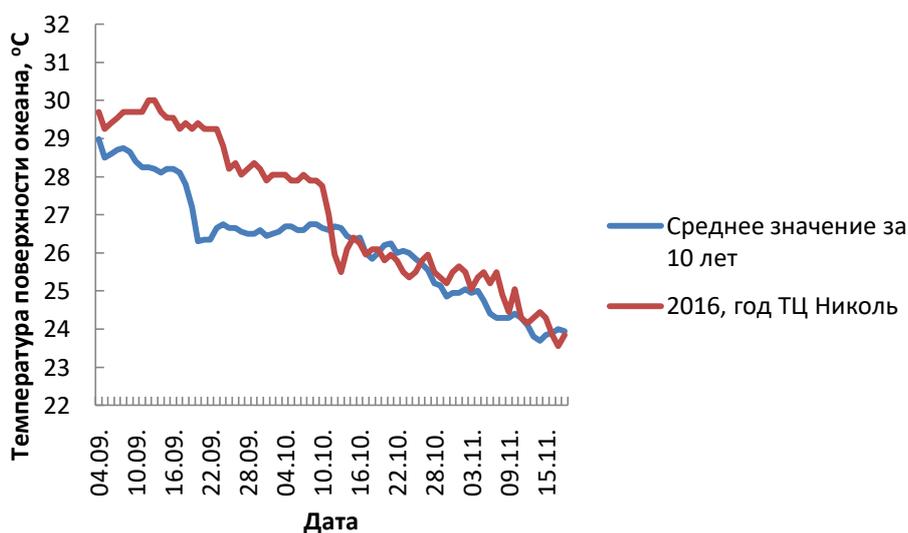


Рисунок 3.1.7.3.1 - Значение температуры поверхности океана в точке 31 с.ш. 66 з.д. относительно средней за 10лет.

В связи с тем, что изначально температура в 2016 году была выше, чем среднее значение, то восстановление происходило всего за 3 дня. Ко всему прочему складывается тот факт, что ураган Николь являлся относительно слабым. Например, на рисунке 3.1.7.3.2. На данном графике видно, то никаких резких спадов не происходит, температура колеблется в пределах 1°C, что является нормальным. Так же может быть заметен постепенное снижение температуры в течении этих месяцев, но это связано с изменением сезона.

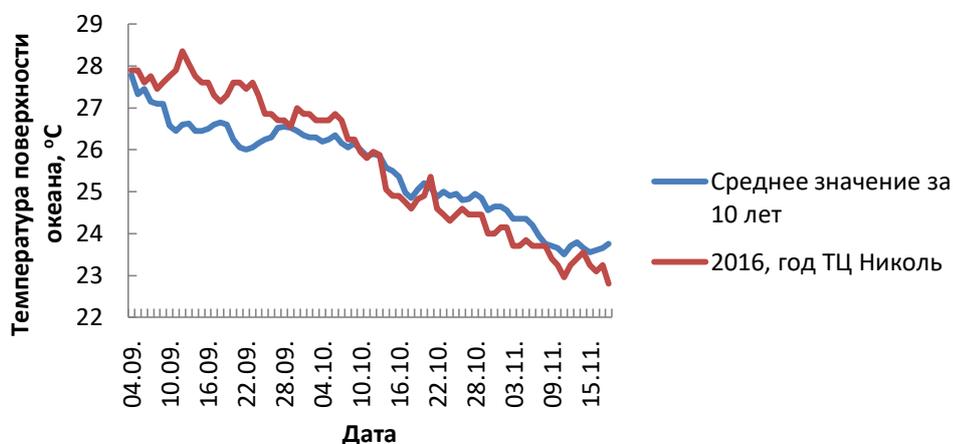


Рисунок 3.1.7.3.2 - Значение температуры поверхности океана в точке 35 с.ш. 60з.д. относительно средней за 10лет.

3.1.4 Тропический циклон Лестер

Нарушение предшественника, из которого сформировался Лестер, можно проследить до тропической волны, которая покинула западное побережье Африки 11 августа. Волна сопровождалась минимальным давлением во время своего путешествия через Атлантику. Волна пересекла Центральную Америку 19 августа и перешла далеко на восток северной части Тихого океана в начале следующего дня. 22 августа грозовая активность начала проявлять признаки организации и к 06:00 24 августа система приобрела четкую циркуляцию, отмечая формирование тропической депрессии около 335 миль к юго-юго-западу от Мансанильо.

Депрессия двигалась с запада на северо-запад и постепенно усиливалась. Депрессия стала тропическим штормом около 06:00 UTC 25 августа, когда он был расположен примерно в 420 миль к югу от южной оконечности полуострова Нижняя Калифорния. Глубокая конвекция продолжала организовываться в группы в течение следующих 12 часов, и Лестер достиг интенсивности 50 кт к 18:00 UTC 25 августа.

Около 1200 UTC 26 августа северо-западный сдвиг начал стихать, в результате чего, значительно увеличились конвективные полосы тропического циклона и Лестер стал Ураганом в 00:00 27 августа. Около 460 миль к юго-западу от южной оконечности Калифорнийского полуострова. Затем глаз стал виден на инфракрасных спутниковых снимках, становясь все более отчетливым. Ураган повернул на запад и продолжал усиливаться.. Интенсивность Лестера достигла 90 кт до 12:00 27 августа. В течение следующих 24 часов облачность Лестера неожиданно ухудшалась, и циклон ослаб, хотя причины данного ослабления не ясны. Глаз снова стал виден вскоре после 00:00 29 августа, и очистился к 12:00, когда, по оценкам, Лестер стал сильным ураганом. Интенсивность Лестера достигла 115 кт (категория 4) 6 ч спустя, в то время как циклон был сосредоточен примерно в 1160 миль к западу-юго-западу от южной оконечности полуострова Нижняя

Калифорния. Лестер ослабел к 06:00 30 августа. По предположениям это произошло из-за того, что сухой воздух вызвал некоторую эрозию внутреннего ядра. Вскоре ураган восстановился и повторно укрепился до его предполагаемой максимальной интенсивности 125 тыс. т в 06:00 31 августа. Лестер продолжил движение на запад и немного ослаб, прежде чем двинуться в центр Северо-Тихоокеанского бассейна после 18:00 31 августа.

Перейдя в центральную часть Тихого океана, Лестер продолжал двигаться к северу. В то же время, глаз стал меньше и Лестер ослаблен до урагана категории 2 к 06:00 1 сентября. Однако примерно через 15 ч глаз снова стал лучше определяться, с энергичной глубокой конвекцией. В результате Лестер вновь укрепился и достиг интенсивности 110 кт (категория 3) около 00:00 2 сентября, когда он был расположен примерно в 550 милях к востоку от Хило, Гавайи. Лестер продолжал двигаясь в направлении запад-северо-запад от 12 до 15 узлов. К 00:00 UTC 4 сентября тропический циклон ослабел до урагана мощностью 65 узлов, а через 6 часов Лестер был понижен до тропического шторма. Тропический шторм начал поворачивать к северо-западу после прохождения далеко к северу от Гавайских островов поздно ночью 4 сентября. В то же время Лестер продолжал медленно ослабевать, максимальные устойчивые ветры уменьшились до 45 узлов к 18:00 4 сентября. Предполагается, что Лестер стал экстротропическим циклоном к 18:00 7 сентября. Внетропический циклон рассеялся на расстоянии 1200 миль к северо-северо-западу от Гавайских островов.

Исходя из данных, взятых у «Remote sensing systems», предварительно их обработав были построены температурные поля участка продвижения тропического циклона Лестер. Примеры таких построений представлены на картинках 3.1.12-3.1.14.

По сравнению с циклонами в Атлантическом океане на данных изображениях рассмотреть снижение температуры в момент прохождения циклона достаточно затруднительно, но на рисунке 3.1.13 можно рассмотреть своеобразную «полосу» пониженной температуры в районе 17° с.ш. 132° з.д.

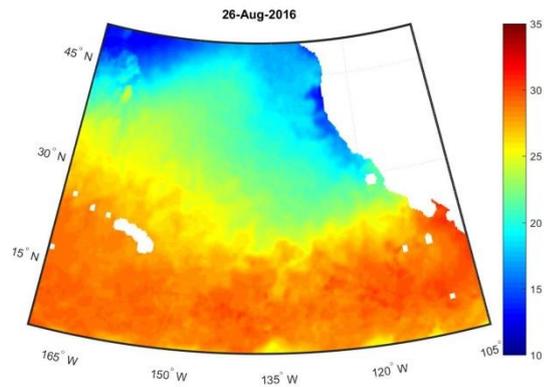


Рисунок 3.1.12 – Температура поверхности воды в Тихом океане 26 августа 2016 года

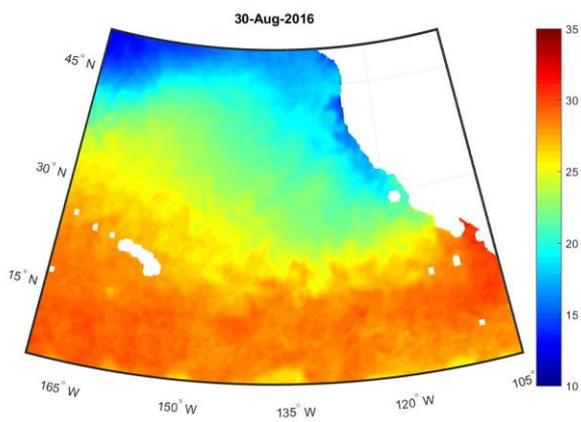


Рисунок 3.1.13 – Температура поверхности воды в Тихом океане 30 августа 2016 года.

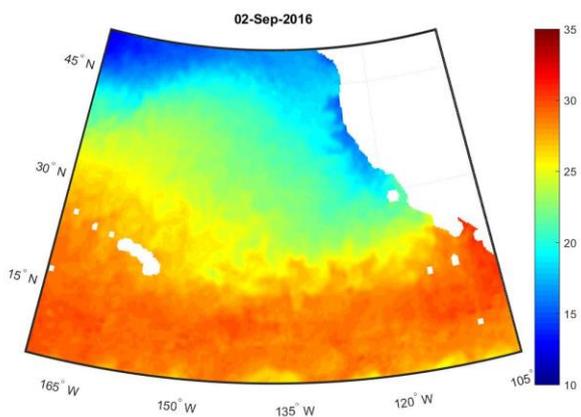


Рисунок 3.1.14 – Температура поверхности воды в Тихом океане 2 сентября 2016 года

На рисунке 3.1.12 Лестер находился только в стадии «тропический шторм» и заметных изменений в температуре поверхности океана не было.

По всей траектории тропического циклона Лестер было выбрано 5 точек, выбранных исходя из его интенсивности, их расположение представлено на рисунке 2.1.4, а координаты в таблице 3.1.7.4

Таблица 3.1.7.4. Координаты исследуемых точек в ТЦ Лестер

№1	№2	№3	№4	№5
18° с.ш.	18° с.ш.	18° с.ш.	19° с.ш.	23° с.ш.
120° з.д.	130° з.д.	137° з.д.	146° з.д.	157° з.д.

Как и в предыдущих случаях для оценки падения температуры и сроках её восстановления на один график в каждой точке наносится средняя температура за 10 лет и температура в этой точке в год прохождения циклона.

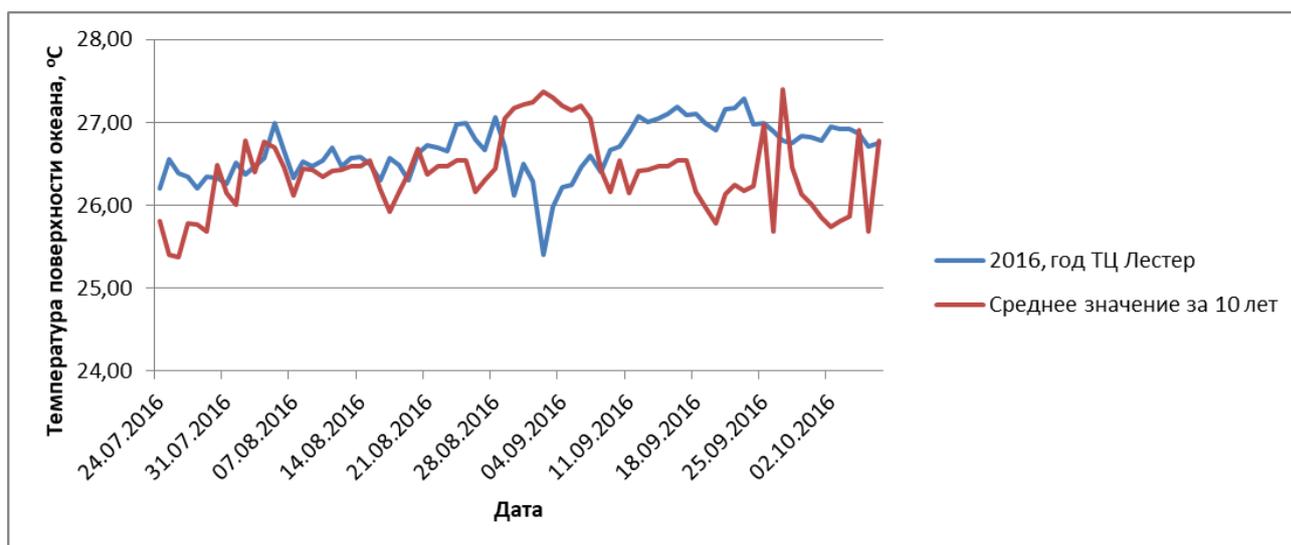


Рисунок 3.1.15 – Значение температуры поверхности океана в точке 19° с.ш. 146° з.д. относительно средней за 10 лет

На рисунке 3.1.15 отчетливо видно падение температуры в момент прохождения циклона, на данном этапе Лестер был достаточно мощным

циклоном. 28 августа температура начала снижаться и с 27°C опустилась почти до 25,5 °С. Восстановление температуры к среднему значению длилось с 4 по 8 сентября, то есть восстановление в 1°C заняло 4 дня. Так же можно обратит внимание на нестабильное поведение средней температуры в точке за 10 лет – это может быть связано с высокой активностью циклонов в данный период в этих широтах. На рисунке 3.1.16 представлен пик ТЦ Лестер так же можно видеть отчетливое падение с 27,80°C до 26.93°C, но в данном случае восстановление заняло более долгий период, восстановление к средней температуре за 10 лет длилось почти две недели.

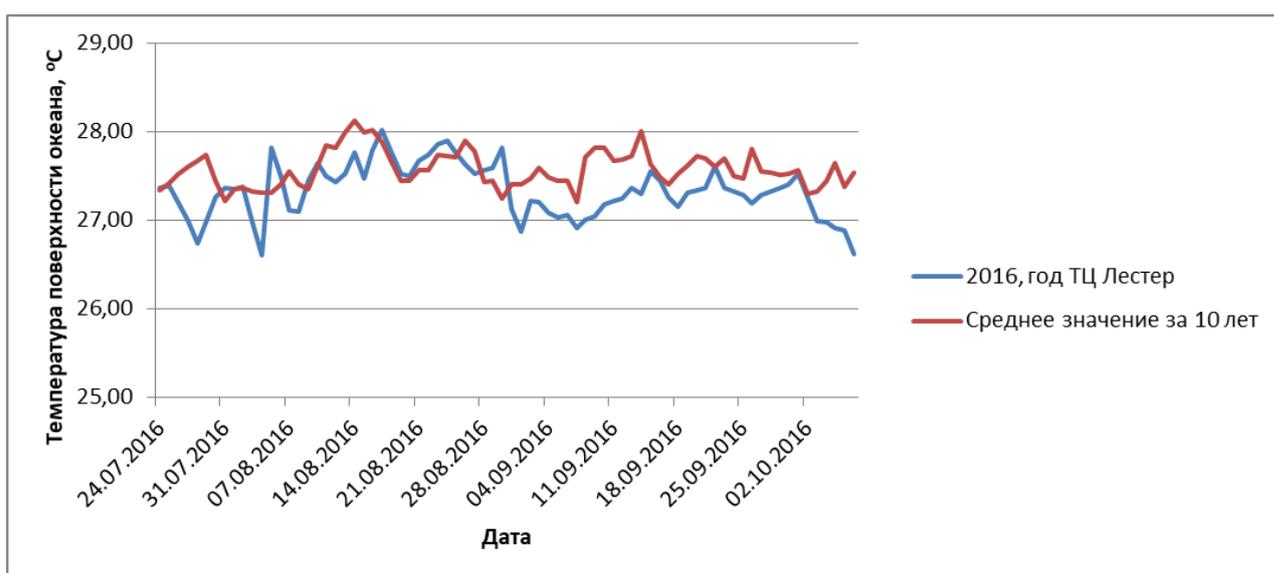


Рисунок 3.1.16 Значение температуры поверхности океана в точке 18° с.ш. 137° з.д. относительно средней за 10 лет.

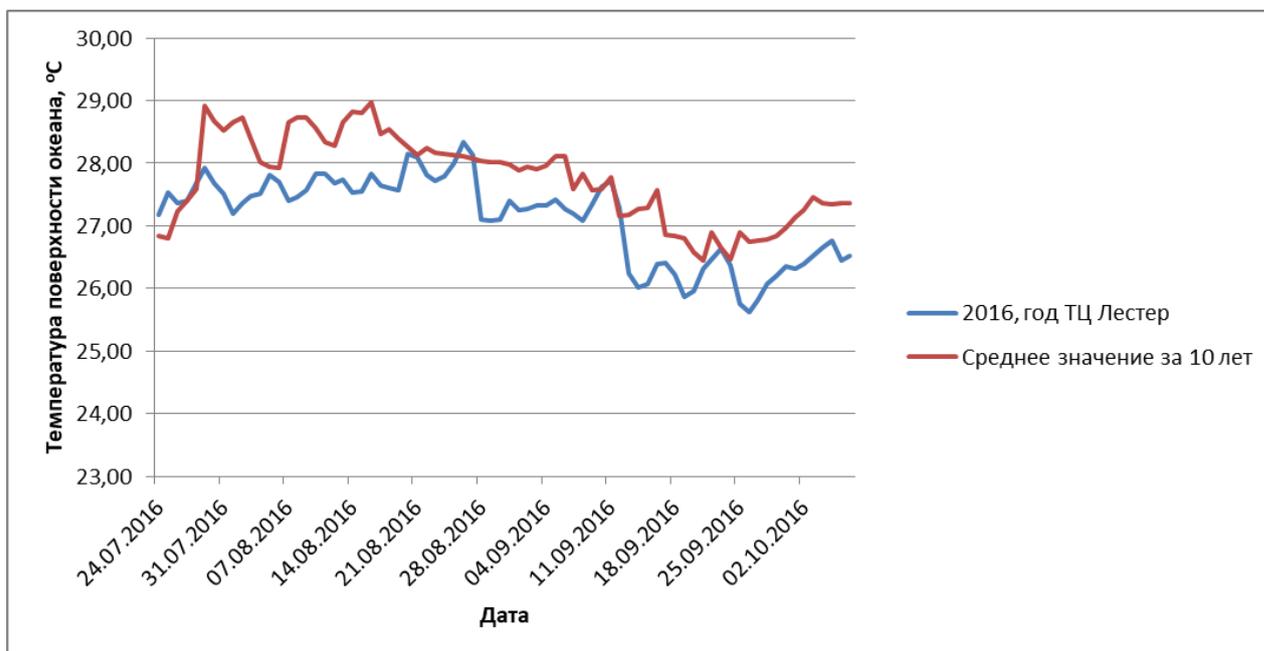


Рисунок 3.1.17 Значение температуры поверхности океана в точке 18о с.ш.120о з.д. относительно средней за 10 лет

На рисунке 3.1.17 циклон только начинал развиваться, но уже внес ощутимые изменения в температуру поверхности океана, четко просматривается падение на один градус в районе 27 августа и к среднеклиматическому значению температура восстановилась 11 сентября.

3.1.5 Тропический циклон Кеннет

Кеннет сформировался из взаимодействия двух тропических волн, которые отошли от западного побережья Африки 29 июля и 2 августа. Первая волна прошла через Атлантический океан и в низких широтах достигла восточной части северной части Тихого океана 8 августа. В это время, вторая тропическая волна породила ураган Герт над западной Атлантикой и достигла восточной части северной части Тихого океана 12 августа. Взаимодействие двух волн вызвало развитие низкого давления к 12:00 17 августа около 530 миль к юго-западу от Мансанильо, Мексика. Конвективное объединение стало более организованным и постоянным в течение дня, и к 06:00 18 августа около 605 миль южнее к юго-западу от

южной оконечности полуострова Нижняя Калифорния. Депрессия усилилась до Тропического шторма через 18 ч. В течение следующих двух дней Кеннет двигался на запад и усиливался. В условиях низкого и умеренного сдвига и теплой морской поверхности (температура 27-28 ° С). Фактически, среда была достаточно благоприятной для быстрого усиления, что и произошло, начиная с 18:00 19 августа. Кеннет становится ураганом к 12:00 20 августа около 1035 миль к западу-юго-западу от южной оконечности Калифорнийского полуострова. Около 6 часов спустя появился глаз, и Кеннет достиг сильного урагана, а затем наступил пик его интенсивности 115 кт к 06:00 21 августа. Достигнув максимальной интенсивности, Кеннет повернул на северо-запад. Вертикальный сдвиг в юго-западном направлении начал увеличиваться рано 22 августа, когда Кеннет подошел к другому верхнему минимуму к северо-западу, и ураган по совпадению перешел в воды ниже 26 ° С. В результате ураган быстро ослабел, став тропическим штормом 23 августа около 1320 миль к западу от южной оконечности полуострова Нижняя Калифорния. Глубокая конвекция исчезла в течение следующих 12 часов, после чего Кеннет стал посттропическим минимумом, но он продолжал создавать штормовые ветра до 12:00 25 августа, двигаясь в целом на север с меньшей скоростью. В конечном итоге рассеивается после 18:00 27 августа около 1095 миль к западу от Пунта-Евгения, Мексика.

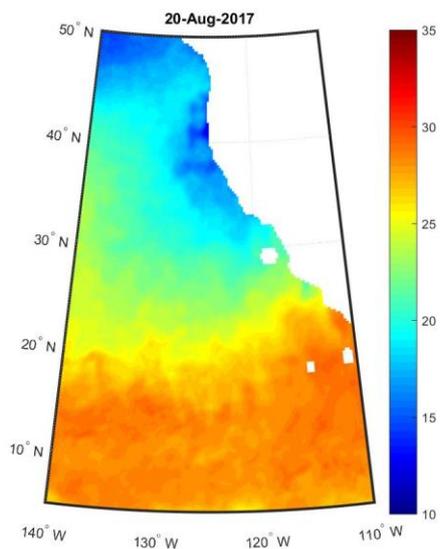


Рисунок 3.1.18 Значение температуры поверхности воды в Тихом океане 20 августа 2017 года

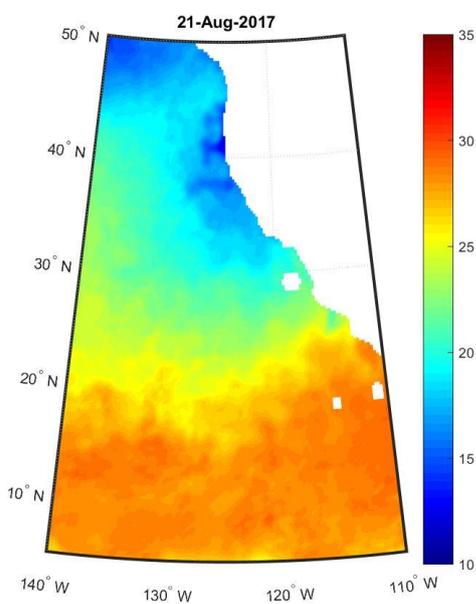


Рисунок 3.1.19 Значение температуры поверхности воды в Тихом океане 21 августа 2017 года

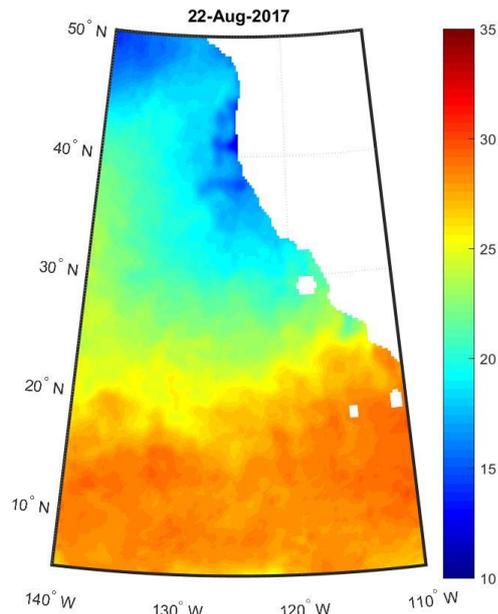


Рисунок 3.1.20 Значение температуры поверхности воды в Тихом океане 22 августа 2017 года

По сравнению с циклонами в Атлантическом океане на изображениях температуры поверхности воды в Тихом океане, заметных изменений не наблюдается. Предположительно это связано с тем, что снижение температуры не такое значительное, как в Атлантике, но циклоны по мощности примерно такие же. На рисунках 3.1.21 и 3.1.22 можно более детально рассмотреть обстановку температурного режима в данном регионе.

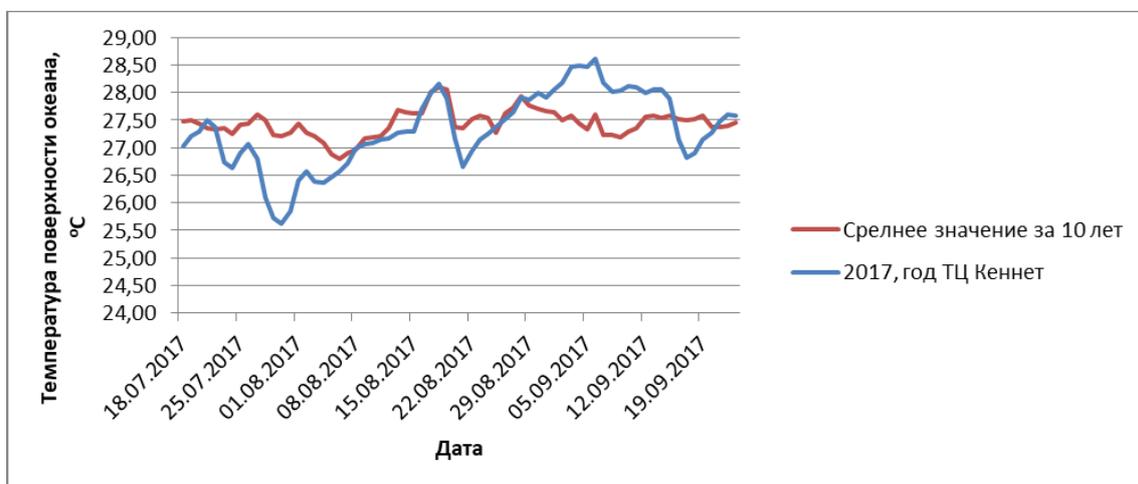


Рисунок 3.1.21 - Значение температуры поверхности океана в точке 16° с.ш.125° з.д. относительно средней за 10 лет

На рисунке 3.1.21 можно увидеть снижение температуры сразу из-за двух циклонов. 20 августа Кеннет еще был в стадии тропический шторм, к концу дня перетекающей в стадию урагана. В данной точке снижение температуры составило 1,5 °С, примерно, как и во всех мощных циклонах в Тихом океане. Минимум был достигнут 21 августа 2017 года, к среднеклиматическому значению температура восстановилась за 3 дня. При обработке данных в данной точке так же было замечено резкое падение 25 июля, температура опустилась до 25,6 °С с 27 °С. При изучении причин данного снижения, выяснилось, что падение температуры вызвал тропический циклон Ирвин, более тщательно разобранный в пункте 3.1.6.

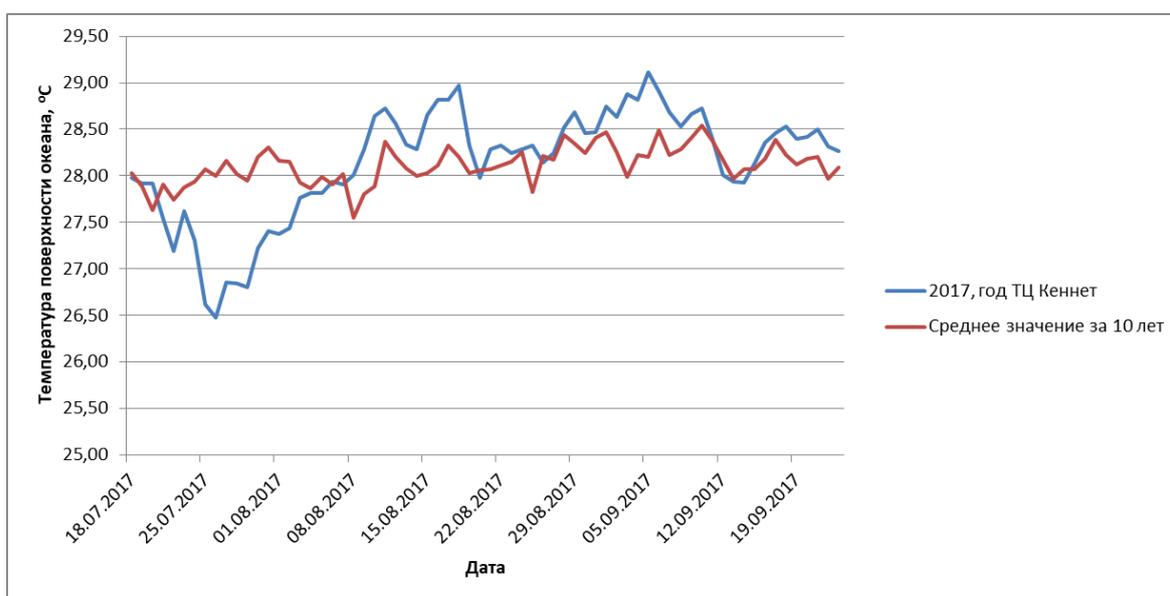


Рисунок 3.1.22 - Значение температуры поверхности океана в точке 15° с.ш.119° з.д. относительно средней за 10 лет

Рисунок 3.1.22 отражает еще более раннюю стадию урагана Кеннет. Данная точка является переходной из тропической депрессии в тропический шторм. Как и в предыдущем случае, данный график более выражено отображает снижение температуры в конце июля, что связано с ураганом Ирвин. Падение температуры поверхности океана, связанные с ТЦ Кеннет составили 1 °С. Выбранным в данной работе способом, восстановление оценить трудно, так как в момент падения, температура была выше среднеклиматической, но если смотреть по общему движению кривой, то восстановление температуры заняло около недели.

3.1.6 Тропический циклон Ирвин

Ирвин развился из тропической волны, возникшей у западного побережья Африки 8 июля. Волна произвела только прерывистую конвекцию при пересечении Атлантики и достигла восточного побережья Центральной Америки 18 июля. Конвекция увеличилась, когда волна двигалась на запад через Центральную Америку и на дальний восток северной части Тихого океана в течение следующих двух дней. В результате чего к 18:00 20 июля образовалась широкая система низкого давления. Частые, но неорганизованные импульсы глубокой конвекции продолжались еще пару дней. В начале 22 июля конвекция начала организовываться в группы и стала четко определяться, что привело к формированию тропической депрессии около 06:00, 550 миль к югу от южной оконечности полуострова Нижняя Калифорния. Депрессия двигалась в основном на запад в течение первых нескольких дней после генезиса. Развитие циклона было изначально ограничено умеренным северо-западным сдвигом. Однако в начале 23 июля сдвиг ослабел, позволяя конвекции развиваться и считается, что циклон усилился до интенсивности тропических штормов около 06:00 23 июля. 25 июля около 18:00 Ирвин достигает пиковой интенсивности в 80 узлов. К востоку от Ирвина ураган Хилари усилился, и его отток начал отрицательно влиять на Ирвина 26 июля. Сдвиг южного ветра быстро увеличился, в результате чего Ирвин быстро ослабел назад к силе тропического шторма. Примерно в то же время тропический шторм повернул на юго-запад. Хилари был важным фактором в сохранении интенсивности Ирвина. Взаимодействие с Хилари так же заставило Ирвина стать почти неподвижным в начале 28 июля и завершить небольшую циклоническую петлю, в течение последующих 36 часов. 29 июля в субтропическом хребте возникла слабость, позволяющая Хилари и Ирвин, начать подъем на север в тандеме. Как Хилари ослабла из-за холодной воды, так дальше воздействие на Ирвина так же ослабело. 31 июля Ирвин достиг таких же холодных вод, приводя к

быстрому снижению глубокой конвекции и началу устойчивой тенденции к ослаблению. Глубокая конвекция прекратилась вскоре после 12:00 1 августа.

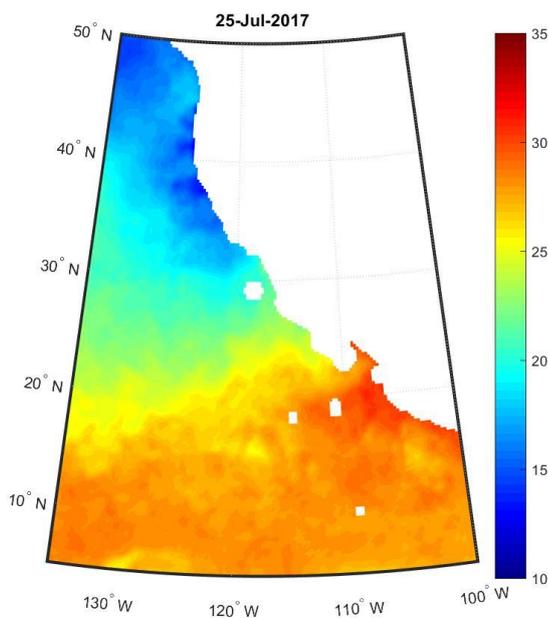


Рисунок 3.1.23 Значение температуры поверхности воды в Тихом океане 25 июля 2017 год

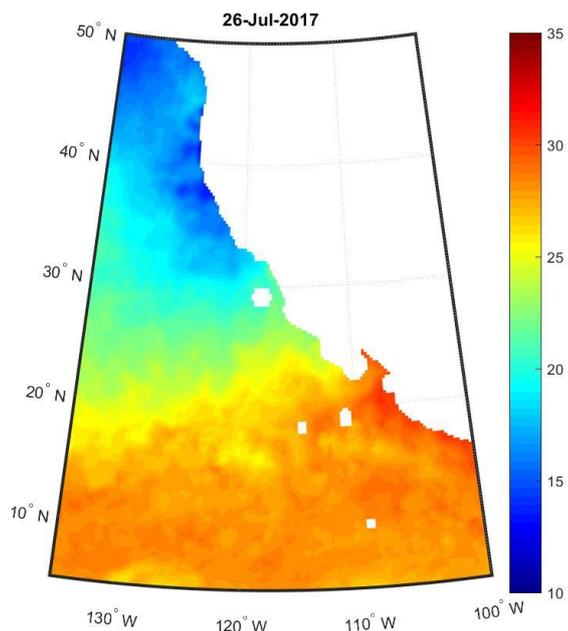


Рисунок 3.1.24 Значение температуры поверхности воды в Тихом океане 26 июля 2017 год

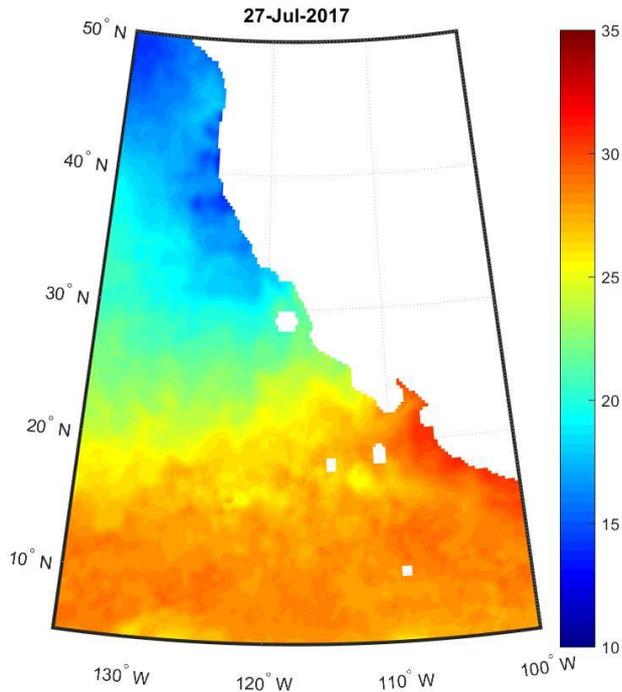


Рисунок 3.1.25 Значение температуры поверхности воды в Тихом океане 26 июля 2017 год

В отличие от других исследуемых в этой работе циклонов Тихого океана, Ирвин – единственный, внесший заметные коррективы в температуру поверхности океана, хотя он самый слабый из четырех выбранных. Это связано с ТЦ Хилари, проходившей рядом с Ирвином и на температуру в данном участке повлияли оба циклона. На рисунках 3.1.23-3.1.25 отчетливо видно пятна пониженной температуры в районе 16° с.ш. 120° з.д. Выше уже были представлены графики с понижением температуры, вызванные Ирвином (рисунок 3.1.21; 3.1.22), на рисунке 3.1.26 рассмотрим более подробно.

В точке 16° с.ш. 120° з.д. Ирвин уже прошел свой пик и находился в стадии ослабления, но изменения температуры все равно заметны. Падение в размере одного градуса быстро восстанавливается к среднеклиматическому значению. Температура поверхности океана восстановилась за три дня, что характерно для слабых циклонов в Атлантическом и Тихом океане при хороших погодных условиях.

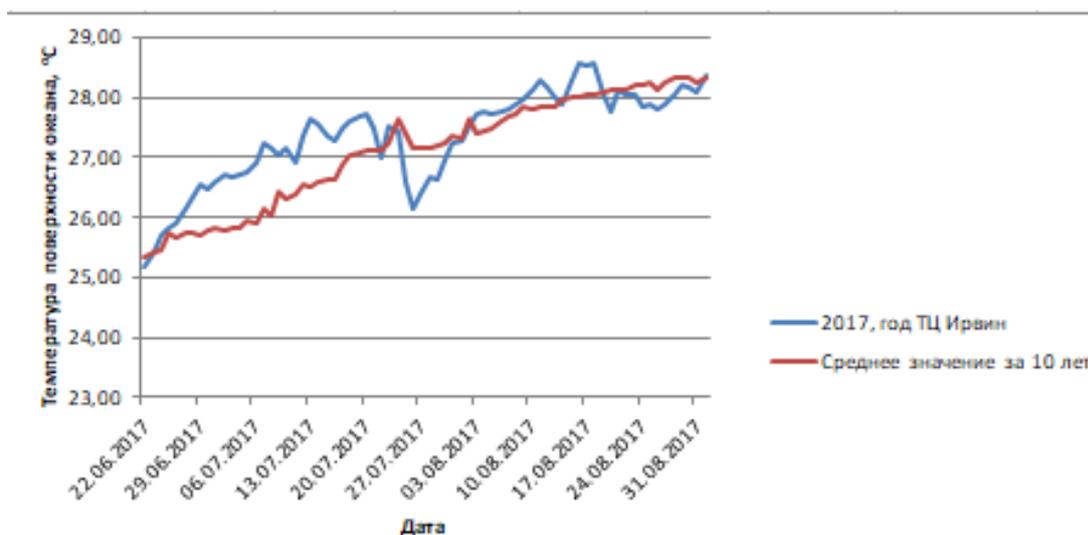


Рисунок 3.1.26 Значение температуры поверхности океана в точке 16° с.ш.120° з.д. относительно средней за 10 лет

3.1.7. Тропический циклон Сеймур

11 октября быстро распространяющаяся тропическая волна вышла из западного побережья Африки. На следующий день, находясь в нескольких сотнях миль от берега южного побережья Мексики возмущение, направленное на запад. Глубокая конвекция стала достаточно организованной к 06:00 23 октября. Компактный тропический циклон повернул запад-северо-запад и усилился до тропического шторма. Сеймур продолжал движение с запада на северо-запад в течение следующих 72 ч, двигаясь параллельно южному побережью Мексики. В течение этого времени циклон прошел 54-часовой период быстрой интенсификации из-за очень благоприятных окружающих условий, характеризующиеся слабым вертикальным сдвигом ветра 850–200 мб (<5 узлов), очень теплой температурой поверхности моря (> 29° С) и маленьким глазом (диаметр ≤10 н ми). Между 18:00 23 октября и 00:00 26 октября, циклон усилился на 90 кт, достигнув максимальной интенсивности 130 кт. В течение 12ч после достижения максимальной интенсивности ураган 4 категории начал быстро ослабевать из-за увеличения вертикального сдвига ветра на юге и океанического холодного апвеллинга. К 00:00UTC 27 октября процесс

быстрого ослабления был еще более усилен из-за юго-западного сдвига, температура поверхности океана опускается ниже 26°C , а значения влажности среднего уровня до менее 50 процентов. Эти неблагоприятные параметры привели Сеймур к становлению тропическим штормом к 18:00 27 октября и посттропической системой низкого давления к 06:00 28 октября, когда циклон был расположен примерно в 715 миль к западу от южной оконечности полуостров Нижняя Калифорния. Интенсивность Сеймура снизилась на 85 тыс. тонн в течение этого 36-часового периода.

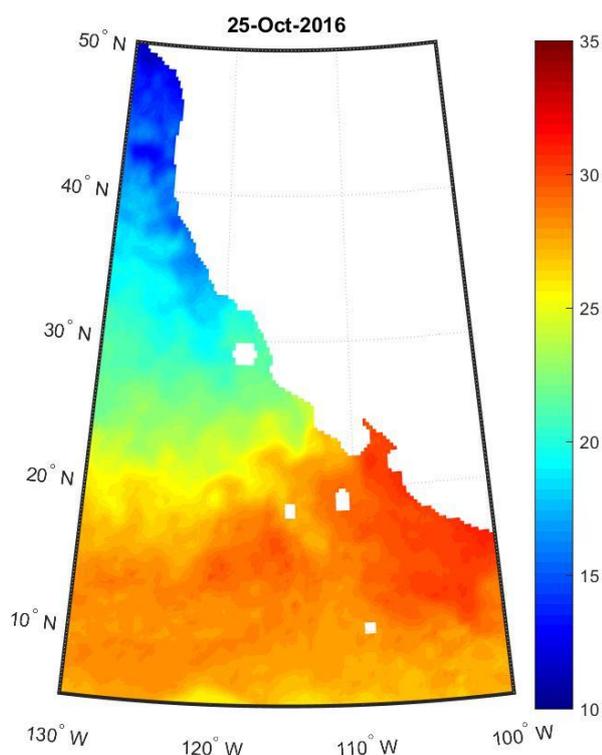


Рисунок 3.1.27 Температура поверхности воды в Тихом океане 25 октября 2016 года

На рисунках 3.1.27-3.1.29 отчетливо не отслеживается пусть ТЦ Сеймур, как это можно было наблюдать в ТЦ Ирма или ТЦ Игорь, видны небольшие понижения температуры в районе $16-17^{\circ}$ с.ш. $116-120^{\circ}$ з.д. Наибольшее снижение приходится на пик циклона. Падение температуры в этот период составило чуть больше градуса, представлено на рисунке 3.1.30. Восстановление такого снижения заняло 4 дня.

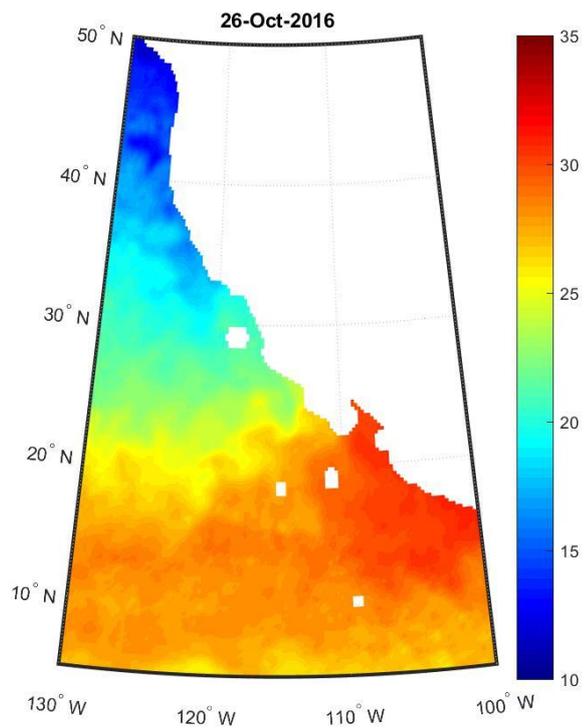


Рисунок 3.1.28 Температура поверхности воды в Тихом океане 26 октября 2016 года

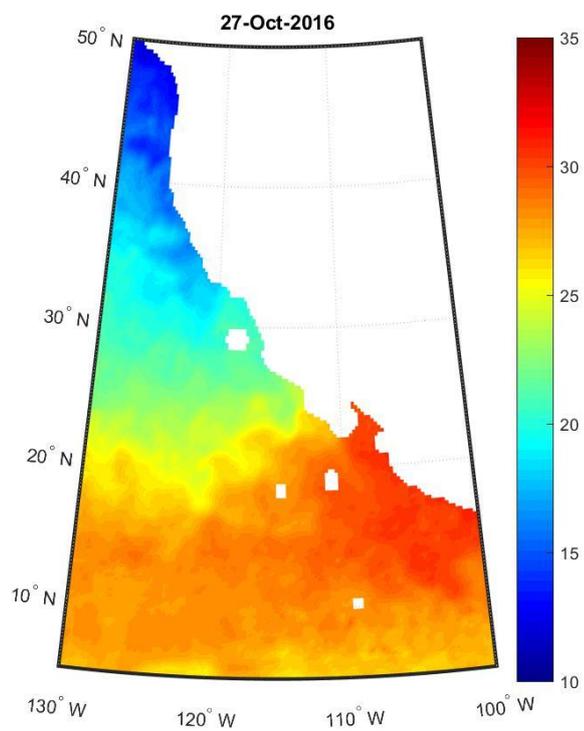


Рисунок 3.1.29 Температура поверхности воды в Тихом океане 27 октября 2016 года

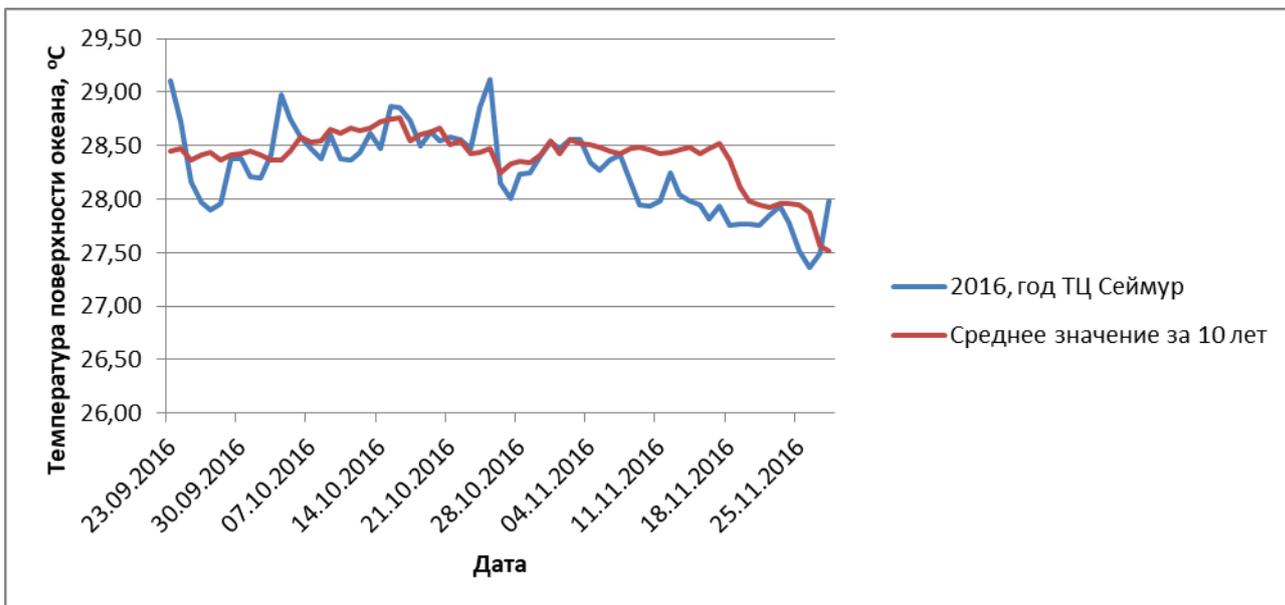


Рисунок 3.1.30 Значение температуры поверхности океана в точке 16° с.ш.117° з.д. относительно средней за 10 лет

Заключение

По результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы.

Тропические циклоны в той или иной мере с помощью вертикального перемешивания влияют на соленость и температуру поверхности океана. Характер данных изменений напрямую зависит от интенсивности тропических циклонов. В данной работе рассмотрены три урагана в Атлантическом и четыре урагана в Тихом океанах, с одной стороны похожие друг на друга той или иной характеристикой, но совершенно по-разному влияющие на поверхностную температуру.

Тропический циклон Игорь не был таким сильным, как Ирма, но восстановление температуры в точках, где он достигал пятой (наивысшей) категории занимало около месяца, за исключением одной точки, в которой результат со значением восстановления в месяц приходилось достигать построением временных трендов.

Тропический циклон Ирма самый мощный из всех изучаемых циклонов в данной работе. Но восстановление температуры поверхности океана происходило довольно быстро, по сравнению с ТЦ Игорь. Большое влияние на данный факт внес ТЦ Кейт,двигающийся за Ирмой по пятам.

Тропический циклон Николь, самый слабый из представленных циклонов Атлантики, не отличился каким-либо сильным изменением поверхностной температуры, за исключением одной точки, потому что крупным ураганом он существовал всего один день.

Тропический циклон Лестер достаточно мощный циклон Тихого океана, но восстановление температуры после данного циклона составляла 4 дня. По мощности этот циклон можно сравнить с ураганом Игорь, но в случае с Игорем, восстановление температуры занимало месяц.

Тропический циклон Кеннет по мощности был примерно таким же, как и Лестер, поэтому снижение температуры и сроки её восстановления были примерно одинаковы.

Тропический циклон Ирвин самый слабый и самый интересный ураган Тихого океана в рамках данной работы. Несмотря на свою слабость, сроки восстановления температуры к среднеклиматическому значению составили около двух недель. Это связано с тем, что рядом шел ураган Хилари. Поэтому снижение температуры и длительный срок восстановления – их общая заслуга.

Тропический циклон Сеймур не показал каких-нибудь особенных результатов относительно ТЦ Кеннет и ТЦ Лестер. Падение температуры поверхности океана. Восстановление температуры так же занимает 3-4 дн.

Таким образом, можно судить о множестве факторов, влияющих на восстановление температуры поверхности океана после прохождения тропического циклона к среднеклиматическому. Для Атлантического океана во время прохождения мощных ТЦ при плохих погодных условиях температура поверхности океана восстанавливается около месяца, а при хороших погодных условиях это же восстановление занимает 9-14 дней.

Последствия снижения температуры поверхности океана во время маленьких ураганов ликвидируются довольно быстро – 3-4 дня.

В тихом океане температура снижается не так сильно, как в Атлантическом, но и восстановление занимает намного меньше времени. Соответственно можно сделать вывод о том, что не смотря на схожесть циклонов в Тихом и Атлантическом океанах, влияние на температуру поверхности океана они оказывают в разной степени.

Список литературы

1. Географический атлас. — М.: ГУГК, 1982.
2. Физическая география материков и океанов / Под общей ред. А. М. Рябчикова. — М.: Высшая школа, 1988
3. Кравчук П. А. Рекорды природы. — Любешов: Эрудит, 1993
4. Деев М. Г. Южный океан. Большая российская энциклопедия. Электронная версия (2017).
5. Статья «Tropical cyclone», Encyclopædia Britannica
6. Pasch, Richard J. and Lixion A. Avila (May 1999). «Atlantic Hurricane Season of 1996
7. Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, Hurricane Research Division. Frequently Asked Questions: What is an extra-tropical cyclone? National Oceanic and Atmospheric Administration
8. Atlantic Oceanographic and Hurricane Research Division. Frequently Asked Questions: What are "concentric eyewall cycles" (or "eyewall replacement cycles") and why do they cause a hurricane's maximum winds to weaken?. National Oceanic and Atmospheric Administration
9. Вокруг света за погодой/ Санин Владимир Маркович /2006
10. Q: What is the average size of a tropical cyclone?.Joint Typhoon Warning Center (2009)
11. NOAA FAQ: How much energy does a hurricane release?. Национальное управление океанических и атмосферных исследований (August 2001).
12. Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, Hurricane Research Division. Frequently Asked Questions: Why do tropical cyclones require 27 °C ocean temperatures to form?. National Oceanic and Atmospheric Administration

13. Tropical Cyclone Climatology. Национальный центр прогнозирования ураганов США (10 мая 2007).

14. Национальный центр прогнозирования ураганов США. Annual average official track errors for Atlantic basin tropical cyclones for the period 1989-2005, with least-squares trend lines superimposed. National Hurricane Center Forecast Verification. National Oceanic and Atmospheric Administration (22 мая 2006)

15. Baum, Steven K. The Glossary: Cn-Cz.. Glossary of Oceanography and the Related Geosciences with References. Texas A&M University (20 января 1997).

16. Remote sensing systems // Дата обращения 25.03.2018 URL: <http://www.remss.com/missions>

17. Tropical Cyclone Report/Hurricane Igor/Richard J. Pasch and Todd B. Kimberlain/National Hurricane Center/15 February 2011// Дата обращения 15.02.18// URL: <https://www.nhc.noaa.gov/data/#hurdat>

18. NATIONAL HURRICANE CENTER/TROPICAL CYCLONE REPORT/HURRICANE IRMA (AL112017)/ John P. Cangialosi, Andrew S. Latta, and Robbie Berg/National Hurricane Center/9 March 2018 // Дата обращения 15.02.18// URL: <https://www.nhc.noaa.gov/data/#hurdat>

19. Nasa Worldview // Дата обращения 20.03.2018 URL: <http://worldview.earthdata.nasa.gov>