



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Временные изменения арктического антициклона»

Исполнитель Егорова Анна Олеговна

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Лаврова Ирина Викторовна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

«04» июня 2022 г.

Санкт-Петербург

2022

Содержание

Введение	3
1 Общая характеристика антициклона	5
1.1 Характеристика антициклона	5
1.2 Механизмы формирования и стадии развития антициклона.....	7
1.3 Регенерация антициклонов	12
1.4 Классификация антициклонов	14
2 Арктический антициклон	16
2.1 Антициклоны полярных широт.....	16
2.2 Общая характеристика Арктического региона.....	17
3 Многолетняя и сезонная динамика Арктического антициклона.....	21
3.1 Сезонная динамика.....	23
3.2 Многолетняя динамика	25
4 Арктический антициклон и динамика циркуляции в Северном полушарии	35
4.1 Индексы атмосферной циркуляции	35
4.2 Арктический антициклон и центры действия атмосферы в Северном полушарии	37
5 Влияние Арктического антициклона на температурный режим в Арктическом регионе.....	39
Заключение	44
Список литературы	45

Введение

Атмосфера земли представляет собой оболочку, в которой происходят различные крупномасштабные циркуляционные процессы. Под их влиянием формируются не только погодные условия определенных регионов, но и в целом климатические характеристики всей планеты.

Существуют различные парные системы высокого и низкого давления, приуроченные, как правило, к океаническим областям: в Атлантическом океане – Исландский минимум и Азорский максимум, в северотихоокеанской части – Алеутский минимум и Гонолульский максимум, и аналогичные процессы в Южном полушарии.

Помимо общеизвестных максимумов и минимумов Северного полушария, в восточной части Северного Ледовитого океана существует область повышенного давления, называемая Арктический антициклон. Он существует практически в течение всего года над Арктическим регионом в районе Канадского архипелага и близ моря Бофорта.

Целью представленной работы является исследование временной изменчивости Арктического антициклона, его влияние на температурный режим Арктического региона и прилегающих территорий.

В соответствии с обозначенной целью, были поставлены следующие задачи:

- Сформировать массив данных по Арктическому антициклону (максимальное давление в центре антициклона, его координаты: широта и долгота),
- Проанализировать сезонную и многолетнюю изменчивость характеристик антициклона (давление и его координаты),
- Оценить связь Арктического антициклона с близлежащими центрами действия атмосферы,

- Исследовать влияние интенсивности антициклона на температурные режимы Арктики и прилегающих районов.

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованных источников. В первой главе, на основе различных литературных источников, дается общее описание антициклона, как процесса атмосферной циркуляции, его механизмы формирования, стадии развития, процессы регенерации и классификация.

Во второй главе приводится описание непосредственно самого Арктического антициклона и Арктического региона.

Третья глава посвящена анализу многолетней и сезонной изменчивости характеристик Арктического антициклона.

В четвертой главе приведен анализ связи Арктического антициклона с близлежащими центрами действия атмосферы в Северном полушарии.

В пятой главе приведено описание исследования взаимосвязей между интенсивностью Арктического антициклона и температурных режимов в Арктическом регионе.

1 Общая характеристика антициклона

1.1 Характеристика антициклона

Важное значение в атмосферной циркуляции занимают барические системы: антициклоны и циклоны.

Антициклон – это огромный атмосферный вихрь, область повышенного давления с максимальным значением в центре и уменьшением его к периферии.

Ветер — это перемещение воздуха из области высокого давления в область низкого. Далее подключается фактор вращения Земли и связанная с ним сила Кориолиса, которая отклоняет перемещающийся объект в правую сторону в Северном полушарии и в левую в Южном полушарии. Воздух, который начал перемещаться из области высокого в область низкого давления, под воздействием силы Кориолиса все больше и больше поворачивает вправо, пока две силы барического градиента и Кориолиса не уравновесятся, то есть будут направлены в противоположные стороны. Из этого следует, что ветер дует не перпендикулярно линиям равного давления, а параллельно, то есть вдоль изобар. Это перемещение происходит по круговым траекториям в циклоне в северном полушарии против часовой стрелки, а в антициклоне в северном полушарии по часовой стрелке.

Если представить антициклон в виде гигантского кругового вихря с перемещением воздуха по часовой стрелке, то в передней части антициклона будет более холодный воздух с севера, а в тыловой части более тёплый воздух с юга, это верно при относительно нормальном распределении температурного режима, когда на севере более низкие значения температуры, а на юге - высокие.

Размеры антициклонов во многом превосходят размеры циклонов. Значение крайней изобары колеблется в пределах от 1000 км и может достигать 6000 км. Средний диаметр антициклонов 2000 км, у циклонов он

немного меньше – 1000-1500 км. В антициклоне изобары имеют так же эллиптическую форму. [1]

Максимальное значение давления в центре антициклона называется его интенсивностью. Рост интенсивности антициклона по мере его эволюции увеличивается, то есть чем дольше существует антициклон, тем интенсивней он становится. Это является наиболее важной характеристикой антициклона. На разных стадиях развития антициклона интенсивность довольно сильно различается. Как правило, на стадии возникновения давление в центре составляет около 1015 гПа и к моменту максимального развития достигает значений в 1030 гПа. Антициклонам присущ такой процесс, как стационарирование – отсутствие существенного перемещения, малоподвижность – и когда антициклон существует долго, то давление может достигать значительно больших значений (1070-180 гПа).

Скорость перемещения антициклонов и циклонов примерно одинаковая – 30-40 км/ч. Однако стоит отметить тот факт, что при стационарировании в антициклоне практически исчезают поступательные перемещения, что вносит вклад в его среднюю скорость и следовательно она становится меньше. По мере эволюции антициклона, его скорость уменьшается. Молодые, только что зародившиеся образования перемещаются быстро, одна из причин — это то, что они невысокие и над ними существует хорошо выраженный ведущий поток, а чем старше, чем интенсивней образование, тем оно перемещается медленнее.

Погодные условия в антициклонах являются более однородными. Малоградиентное поле, характерное для центральной части антициклона, представляется практически штилевыми условиями. При этом не стоит считать, что в антициклоне всегда слабые ветра. Максимальные значения скорости ветра наблюдаются, когда циклон и антициклон находятся близко к друг другу, а особенно, если существуют такие условия циркуляции как ведущий поток и они сближаются. В случаях сближения между

антициклоном и циклоном ветра очень часто достигают штормовых значений.

Распределение температуры в антициклоне является так же достаточно равномерным. Факторами, приводящими к контрасту температур, могут служить неоднородность подстилающей поверхности, различные облачные системы и, как уже было отмечено выше, размер антициклона. Например, если антициклон вытянуть с севера на юг, то его северная и южная периферии оказываются под влиянием различных условий радиационного баланса, что и приводит к некоторым контрастам.

Такую, характерную для антициклона симметричность температур, можно связать с траекториями прохождения фронтов. Через центральную часть антициклона фронты не проходят, они либо размываются, либо смещаются на периферию. В обоих случаях воздушная масса, занимающая антициклон, является однородной и соответственно, контрасты температур невелики. На высотах же немного иная ситуация. Через антициклон проходит высотная фронтальная зона, там отсутствует сильная дивергенция, что и приводит к образованию контрастов температур, при этом их значения все равно меньше, чем в циклоне.

1.2 Механизмы формирования и стадии развития антициклона

Циклоническая и антициклоническая деятельность представляет собой практически единый процесс, их развитие происходит в одной высотной фронтальной области, но в разных ее участках.

В антициклоне выделяют следующие этапы развития:

1. начальная стадия (стадия возникновения)
2. Стадия молодого антициклона
3. Стадия максимального развития антициклона
4. Стадия разрушения антициклона

Самым благоприятным случаем для развития антициклонической деятельности является расположение центра приземного давления под высотной фронтальной зоной, ее циклонической частью. Усиливающаяся по потоку сходимости изогипс, оказывает ещё более положительный эффект на усиление антициклона. Накопление воздушных масс является следствием увеличения роста давления.

Вследствие адвекции холода (понижение температуры в вышележащих слоях атмосферы) происходит повышение давления у поверхности земли. В тылу антициклона за холодным фронтом наблюдается наибольшая адвекция холода, а также в усиливающихся антициклонах, в передней их части, где происходит адвективное повышение давления и формируются нисходящие потоки воздуха.

В самом начале своего развития антициклон представляет собой отрог тыловой части циклона, антициклонический вихри на высотах отсутствуют. В стадии максимального развития давление в центре принимает наибольшие значения. Последняя стадия характеризуется разрушением антициклона и вследствие, понижением атмосферного давления у поверхности.

Разделение на стадии процесса развития антициклонических образований представляется достаточно условным, так как стадии сами по себе не имеют четких границ. Тем не менее, выделение стадий позволяет обозначить общие черты характерные для антициклона.

Далее подробно рассмотрим каждую стадию развития антициклона.

Начальная стадия

Как уже было отмечено выше, расположение приземного антициклона находится под высокой барической ложбиной, с этого начинается начальная стадия его формирования. Барический гребень смещен, относительно приземного барического центра, в тыловую часть. Над приземным центром антициклона формируется густая система сходящихся изогипс. В этой области скорости ветра достигают значений в 70-80 км/с. Такие скорости формируют нестационарность движения, ветер в области сходящихся

воздушных течений значительно отклоняется от градиентного. Вследствие чего нарастает нисходящее движение воздуха, давление увеличивается и происходит усиление антициклона.

На этом этапе разность давления между периферией и центром антициклона составляет в среднем 5-10 мб. Антициклонический вихрь на высотах не наблюдается.

Рост давления обуславливается сходимостью изогипс и распространяется на все пространство занятое приземным антициклоном.

В области входа высотной фронтальной зоны, в следствие прохождения нулевой адвекции через гребень, происходит разделение на адвективное повышение и адвективное понижение давления в передней и тыловой части антициклона, соответственно.

В передней части антициклона наблюдается локальное понижение температуры воздуха, увеличивается термический рост давления, так как изотермы температурного слоя смешаются влево, относительно изогипс. Тыловая часть антициклона, где располагается термический гребень, характеризуется адвективным падением давления.

Таким образом, наибольший рост давления приходится на переднюю часть антициклона, так как в этой области увеличивается и динамический, и адвективный рост давления. Тыловая же часть характеризуется более ослабленным ростом давления у поверхности. В тыловой части, где динамический рост накладывается на адвективное падение (адвекция тепла) суммарный рост у поверхности Земли будет ослаблен.

Антициклон будет усиливаться до тех пор, пока центральную часть будет занимать динамический рост, а адвективное изменение равняться нулю.

Итак, в результате усиливающего динамического роста давления в передней части входа ВФЗ происходит деформация термобарического поля, приводящая к образованию высотного гребня. Под этим гребнем у Земли и оформляется самостоятельный центр антициклона. На высотах, где

повышение температуры вызывает рост давления, область роста давления смещается в тыловую часть антициклона, в сторону области повышения температуры. [3]

Стадия молодого антициклона

Начальная стадия и стадия молодого антициклона предельно похожи. Они имеют общую структуру термобарического поля, расположение барического так же находится в тыловой части антициклона, а барическая ложбина находится на передней частью.

Наиболее приятными условиями для дальнейшего динамического роста давления в антициклоне является зона наибольшего сгущения изогипс. Здесь, под передней частью барического гребня, располагается центр антициклона у поверхности.

Тыловая часть антициклона характеризуется адвекцией тепла, наблюдается небольшое отставание термического гребня от барического. Антициклон представляется в виде асимметричного барического образования.

В приземной области, у поверхности Земли, максимальное давление формируется в несколько замкнутых изобар, антициклон усиливается. С увеличением высоты антициклон достаточно быстро исчезает, на картах абсолютной барической топографии выше поверхности в 700 мб он уже не прослеживается.

Стадия молодого антициклона завершается и перетекает в стадию максимального развития.

Стадия максимального развития

По мере развития антициклона, его система вихрей распространяется все выше в вертикальном отношении. Антициклон становится очень мощным, усиленным образованием с максимальным центром давления у поверхности Земли.

Система сходящихся изогипс все еще довольно густая и располагается над центром антициклона на высотах. Здесь отмечаются значительные температурные градиенты и усиление ветра.

Нижние тропосферные слои у поверхности все еще находятся под влиянием холодной массы воздуха. Тем не менее, антициклон продолжает заполняться более теплым воздухом, в результате чего на высотах формируется замкнутый очаг повышенного давления.

Нулевая адвекция и линия динамического роста и падения давления проходят по высотной оси через центр антициклона, что дает понять о прекращении процессов динамического роста значений давления. Область с максимальным давлением переходит на периферию антициклона и начинается процесс его ослабления.

Перемещение антициклона в стадии максимального развития происходит гораздо медленнее, чем в стадии молодого антициклона.

Стадия разрушения

На последней стадии развития высотная ось антициклона практически не имеет наклона. По вертикали замкнутые центры давления отмечаются на всех уровнях, центр максимального давления на высоте совпадает с центром у поверхности Земли.

С усилением антициклона высотная температура постепенно увеличивается в значениях. В таком барическом образовании воздух постепенно опускается и в результате чего, постепенно сжимается и нагревается. В это время в тыловой части антициклона тоже происходит процесс увеличения температуры общей воздушной массы, так как идет поступление теплого воздуха. Таким образом, под влиянием адвективных процессов и адиабатического нагревания, антициклон заполняется теплой воздушной массой, наибольшие контрасты температур смещаются к периферии. Антициклон приобретает свойства термически симметричного образования. Происходит существенное ослабление динамических изменений давления в антициклоне.

В итоге давление в антициклоне начинает понижаться, и он постепенно разрушается.

Стоит отметить, что антициклон далеко не всегда проходит все этапы своего развития. Даже на начальных стадиях антициклон может не получить дальнейшего развития процессов и начать разрушаться.

У скоростей перемещения антициклонов достаточно большой диапазон изменения значений. На начальной стадии скорость перемещения антициклона соответствует скорости ведущего потока и равно приблизительно 40-50 км/ч. Уменьшение скорости происходит, когда антициклон становится высоким барическим образованием на стадии, завершающей его развитие. В среднем, скорость циклонов и антициклонов равна 30-40 км/ч. Антициклон в своей завершающей стадии сильно увеличивается в размерах и приобретает большую горизонтальную протяженность, в результате чего он чаще становится малоподвижным.

1.3 Регенерация антициклонов

Иногда, под действием определенных факторов, процесс развития барических образований может нарушаться. Такой нестандартный процесс называется регенерацией. Начавшееся ослабление антициклона сменяется новым его усилением.

Антициклон постепенно исчезает, давление в нем в силу структуры барического поля и ряда других причин, таких как повышение температуры при нисходящих движениях воздуха, постепенно падает, но при определенных условиях может прекратиться и антициклон возобновит свою активность.

Два самых распространенных процесса при которых происходит регенерация антициклона характеризуются следующими условиями.

Слияние заключительного антициклона с ослабленным малоподвижным антициклоном, расположенным южнее. Суть процесса заключается в том, что при прохождении циклонической серии, особенно на полярном фронте, в расположенном южнее субтропическом антициклоне давление постепенно падает, он ослабляется. Происходит процесс обрушения заключительного антициклона серии, который формируется в холодном умеренном воздухе, в субтропики, в результате чего создается температурная асимметрия. Этот адвективный фактор является причиной изменения давления. Таким образом, происходит регенерация антициклона, давление вновь возрастает и процесс повторяется.

Вторым механизмом регенерации антициклона является развитие нового антициклона в отроге существующего. По северной периферии отрога антициклона может проходить фронтальная система. В то время, как расположенный извне антициклон постепенно ослабевает, в отроге формируется самостоятельный центр повышенного давления. Новый центр смещается в сторону предыдущего антициклона, в результате чего происходит объединение двух барических систем. Это слияние приводит к прекращению процесса разрушения антициклона, давление снова увеличивается и антициклон возрождается. Заключительным этапом является усиление антициклона и смещение фронта на его южную периферию.

Оба процесса регенерации антициклона довольно схожи, так как их суть заключается в возрождении нового антициклона на фоне старого.

Регенерирующий антициклон, как и ново образующийся, проходит все этапы формирования. Однако процесс протекает быстрее, так как развитие происходит на фоне сформированного барического поля старого антициклона и к моменту своего затухания, он уже представлял из себя термически симметричное теплое образование. [3]

1.4 Классификация антициклонов

Антициклон представляет собой процесс, который можно проклассифицировать по большому числу признаков: географическая область возникновения максимального давления, его место вхождения на территорию, вертикальная степень развития образования, термобарическая структура поля, взаимосвязь с фронтовыми разделами, направление перемещения.

Рассмотрим классификацию по широтной зоне образования.

- Внетропические
- Субтропические

Субтропические антициклоны представляют собой устойчивые, долго действующие образования. Они возникают над океаническими районами в пределах 25° - 40° северной и южной широты, в субтропиках. На субтропический антициклон непосредственное влияние оказывает циклоническая деятельность в умеренных широтах. При прохождении серии циклонов субтропический антициклон постепенно ослабевает. Однако при вторжении заключительного антициклона в серии, который несет с собой холодный воздух умеренных широт, субтропический антициклон снова усиливается и происходит процесс его регенерации. [2]

Классификация по району формирования:

- субтропические
- умеренных широт
- полярные

По связи антициклона с переходными зонами воздушных масс можно выделить фронтальные и нефронтальные антициклоны. Фронтальные антициклоны так же подразделяются на промежуточные и заключительные.

Формирование фронтального антициклона связано с циклоническими сериями. Несколько циклонов, образовавшихся на основном фронте,

объединяются в так называемую циклоническую серию. Когда холодный воздух вторгается в тыловую часть циклона, там образуется область повышенного давления, как правило, она представлена в виде барического гребня, с отсутствием замкнутых изобар – это и является промежуточным антициклоном. Район его локализации они расположен за линией холодного фронта.

Заключительный антициклон формируется в тылу последнего циклона циклонической серии. Он представляет собой достаточно стабильное образование, переходящее в малоподвижное состояние.

Процесс формирования нефронтальных антициклонов происходит в однородной воздушной массе и связан с прогревом или выхолаживанием подстилающей поверхности. Нефронтальные антициклоны можно разделить на следующие подтипы:

- Субтропические
- Термические (местные)

Термические антициклоны или, как их еще называют, местные образуются зимой над сильно охлажденной поверхностью суши, а летом над ее прогретыми участками. Над водной поверхностью условия образования аналогичные: зимой – над открытыми морями, окруженными холодными континентами, а летом над выхолаженными районами.

По вертикальному развитию антициклонические образования можно разделить на высокие, низкие и средние. Низкие барические образования имеют замкнутые изобары на приземной карте, а замкнутые изогипсы не выше уровня карты АТ850. Средние антициклоны имеют замкнутые изогипсы от Земли и только до изобарической поверхности в 700 гПа. Замкнутые изогипсы высоких антициклонов присутствуют на всех тропосферных уровнях.

Еще одной классификацией антициклона можно выделить его описание по направлениям перемещения. Как правило, перемещение

антициклона характеризуется его вхождением или географического расположения.

2 Арктический антициклон

2.1 Антициклоны полярных широт

Арктический антициклон относится к термической классификации. Его образование происходит при выхолаживании от подстилающей поверхности приземного слоя воздуха. Формируются Арктические антициклоны над областями, полностью покрытыми ледовым массивом, в Северном Ледовитом океане.

Над сушей центры максимального давления существуют в течении всего года, таким примером является Гренландский антициклон.

Над Северным Ледовитым океаном Арктические антициклоны формируются преимущественно в холодное время года, и только над площадью льда. В тех районах, куда проникает Северо-Атлантическое течение, поверхность воды не замерзает, следовательно антициклонов там не наблюдается. По данным Гидрометцентра площадь ледового покрова за последние 30 лет значительно уменьшилась.

Основными особенностями Арктического антициклона является его устойчивость, что объясняется причинами возникновения, и сравнительно небольшая вертикальная мощность – 1-2 км. Так же можно отметить мощные приземные температурные инверсии. [3]

Существует так же летний антициклон. Его формирование при нормальных происходит в нижних слоях стратосферы, а не в тропосфере. Условиями его образования является меридиональное обращение термического градиента. Объясняется это тем, что, когда солнечная радиация взаимодействует с озоновым слоем и происходит процесс поглощения им

радиации, увеличивается нагрев и происходит образование стратосферного антициклона.

Когда снижается циклоническая активность – это ведет за собой безветренное состояние атмосферы с отсутствующей облачностью, поверхность надо льдами из-за сильного теплового излучения быстро выхолаживается, воздух становится более плотным, увеличивается давление. При таких условиях в приполярных широтах образуется обширная область холодного воздуха – арктический антициклон.

Влияние Арктического антициклона на погодные условия распространяется не только в полярных широтах. Не редки случаи, когда части этой холодной воздушной массы антициклона затягиваются в тыловые части северных циклонов и приносят холода в умеренные широты.

2.2 Общая характеристика Арктического региона

Арктика представляет собой обширный полярный регион, территориально примыкающий к Северному полюсу. Южная оконечность Арктики отмечается на широте 66° с.ш. В ее состав попадают границы материков Северной Америки и Евразии. Арктика занимает практически весь бассейн Северного Ледовитого океана и примыкающие к нему моря.

Значительная часть Арктического региона занята мощным ледовым покровом. За Полярным кругом вся океаническая и морская поверхность полностью скована льдом. Эта огромная площадь льда оказывает влияние не только на Арктический климат, но и на климат Земли в целом. Лед является хорошим отражателем солнечной радиации, что не дает достаточного прогрева поверхности.

Арктическому поясу характерен арктический климат. Первой характерной особенностью климата является достаточно низкий ход годовых температур. Средние температуры за зимний период в северной и южной

частях Арктики практически не различаются, в то время как их изменение по долготе достаточно значимое.

Формирования Арктического климата происходит в условиях незначительного притока Солнечного тепла. Для высоких широт севернее 70° с.ш. характерно такое явление, как полярная ночь и полярный день. В эти временные периоды солнце несколько месяцев не поднимается над горизонтом или не заходит за горизонт, соответственно. [13]

Характеристики температуры, влажности определяются горизонтальным перемещением воздуха в арктическом регионе. Количество тепла адвекции напрямую зависит от океанических течений и глобальных атмосферных циркуляционных процессов, поступающих из низких географических широт.

В летний период самыми теплым месяцем является июль. Температуры воздуха могут принимать значения в пределах 0°C в районе Арктического бассейна и центральной части Арктики, $2-3^{\circ}\text{C}$ – морское побережье и $6-12^{\circ}\text{C}$ в районе материка. Так же в течение всего лета не исключено наличие заморозков, температура в этот периоды может опускаться до -4°C в южной части Арктики и до -7°C в самом бассейне.

Зимний период представляется достаточно однообразным, так как в этот сезон Арктика находится в условиях полярной ночи. Значения температуры имеют незначительные колебания и могут опускаться ниже -60°C .

Абсолютная влажность Арктического региона низкая, а значения относительной влажности предельно высоки. Низкие температуры и при этом низкая влажность создают условия для избыточного увлажнения региона, этот процесс наиболее выражен в низменных районах, где застой влаги связан еще и с многолетней мерзлотой. Годовые осадки в районах близ Атлантики и Тихого океана выпадают до 700 мм, в континентальных районах гораздо меньше – 100-250 мм в год. Для побережья характерна морось,

мокрый снег, туманы. Ветры прибрежных районов Евразии принимают южное и юго-западное направление и являются достаточно сильными. [11]

Ход солнечной радиации в Арктике очень неравномерный, это связано с продолжительностью полярного дня и полярной ночи. На юге радиационный баланс принимает положительные значения, но даже при этом, они меньше практически в 3 раза, чем в умеренных широтах. Продвигаясь вглубь Арктического бассейна, радиационный баланс становится отрицательным.

В зимний период циклоническая активность приобретает интенсивный характер. С Атлантического (чаще всего) и Тихого океана приходят циклоны, они оказывают влияние на повышение температуры, увеличение облачности и количества осадков. В целом погода приобретает достаточно резкую изменчивость, усиление ветра.

Развитие антициклонической циркуляции зимой происходит в районах Сибири, Гренландии и Канадского архипелага. Антициклон приносит с собой понижение температуры, умеренные ветра, минимальное количество осадков и небольшую облачность, в целом погодные условия становятся более устойчивыми.

В летний период атмосферная циркуляция в Арктическом регионе формируется иначе и ее влияние невелико, в сравнении с зимой. На климат наибольшее воздействие оказывает теплое Северо-Атлантическое течение и атлантические циклоны. Увеличение индекса Северо-Атлантического колебания усиливает приток теплых воздушных масс и способствует повышению температуры практически над всей Арктической областью. В районе Канадского сектора Арктики и моря Баффина температура воздуха, наоборот понижается, так как происходит отток холодного воздуха к южным широтам. Арктический антициклон, несомненно, оказывает влияние на многолетний ход температуры, но более слабое по сравнению с Северо-Атлантическим колебанием. При увеличении интенсивности антициклона

температурные режимы региона понижаются, а при ослаблении – увеличиваются. [9]

Тихоокеанские течения имеют достаточно слабый приток и их влияние значительно слабее.

3 Многолетняя и сезонная динамика Арктического антициклона

В настоящем исследовании для формирования массива по Арктическому антициклону использовался архив данных с сайта NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration - Национальное управление океанических и атмосферных исследований) (рисунок 3.1) [14].

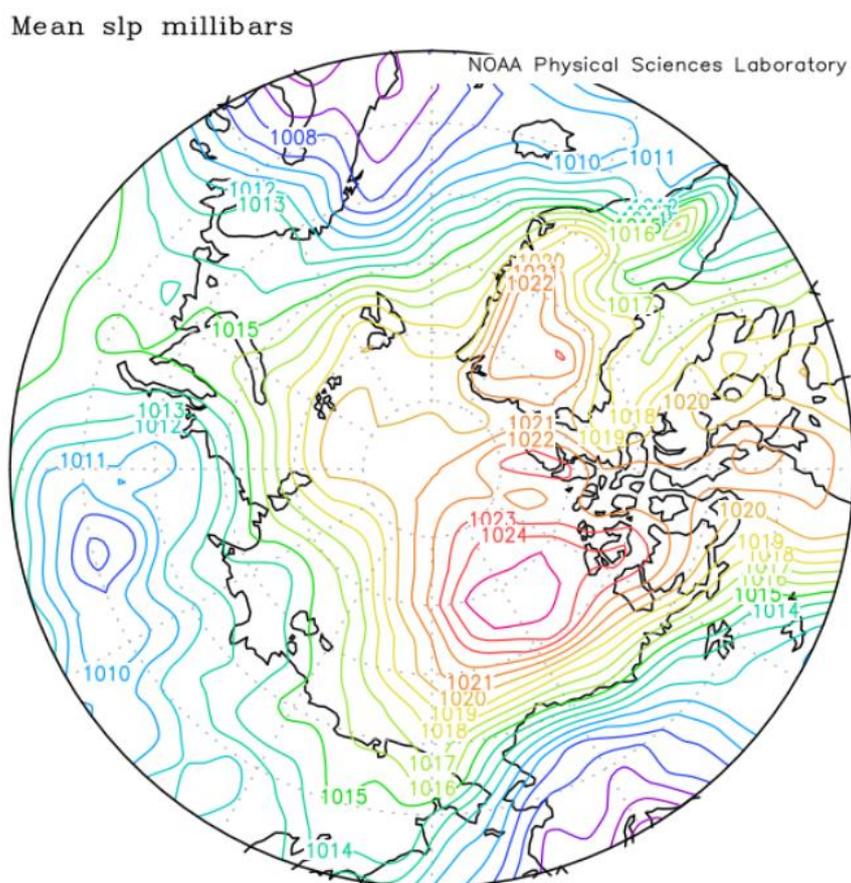


Рисунок 3.1 Пример представления карты атмосферного давления на уровне моря с Арктическим антициклоном. Апрель 1970 [14]

Лаборатория физических наук NOAA занимается различными видами исследований: погодных, климатических, гидрологических.

NOAA архивирует широкий спектр данных, начиная от наборов данных о климате, охватывающих сотни лет, и заканчивая данными профилировщика ветра в реальном времени в одном месте. Полученные на

основе этих данных, готовые продукты, упорядоченные по типу, доступны ученым и широкой общественности.

NOAA имеет ряд арктических ориентированных наборов данных и наборов данных, которые включают арктический регион, который рассмотрен в нашем исследовании.

Массив представляет собой данные реанализа NCEP по давлению на уровне моря.

Пространственный охват:

- Сетка с разрешением 2,5 x 2,5 градусов
- Долгота: от 0.0E до 357.5E,
- Широта: от 60,0N до 90,0N.

Временной охват:

- С 1948 по 2021 год (73 года)

Для упрощения работы, быстрым управлением и редактированием базы данных, состоящим из достаточно большого количества значений, была использована программа Microsoft Access. Благодаря широкому спектру функций, а именно возможности создания запросов, получилось быстро обработать данные.

В результате сформирован собственный массив, непосредственно самого арктического антициклона, состоящий из данных о давлении на уровне моря в центре, его значений широты и долготы. Массив сформирован для трех рассматриваемых периодов:

- Весенний период (март, апрель, май)
- За каждый год с 1948 по 2021
- За каждый месяц каждого года

При формировании массива параллельно осуществлялся контроль данных по приземным картам погоды.

3.1 Сезонная динамика

В таблице 3.1 приведены средние многолетние значения давления, широты и долготы за каждый месяц с 1948 по 2021 года, а также графики распределения полученных значений рисунки 3.2 - 3.4.

Таблица 3.1 - Средние многолетние значения давления и координат центра антициклона

Месяц	Давление, гПа	Широта, °с.ш.	Долгота, °з.д.
1	1023.8	76.3	203.7
2	1023.9	75.5	195.5
3	1024.6	76.5	200.9
4	1024.2	77.5	204.8
5	1022.6	78.3	207.9
6	1017.9	76.5	213.1
7	1015.8	75.8	207.0
8	1015.5	76.2	194.2
9	1017.4	76.3	204.8
10	1018.9	78.0	203.8
11	1021.0	78.7	197.3
12	1022.1	76.8	192.4

По представленным графическим изображениям (рисунок 3.1) можно отметить, что среднее положение центра Арктического антициклона в течение года находится по широте в диапазоне от 76° с.ш. до $78,5^\circ$ с.ш. и по долготе от 195° до 215° з.д.

Анализируя изменения давления в центре антициклона в течение года, обратим внимание на достаточно ровный ход с максимумом в марте (1024.6 гПа) и минимумом в августе (1015.5 гПа). Также, можно проанализировать смещение антициклона, а именно изменение широты и долготы, в различные сезоны года. В конце весны (май) и осени (ноябрь), центр антициклона максимально смещен на север. Наиболее южное смещение антициклона приходится на конец зимы (февраль) и середину лета

(июль). Максимально западное положение антициклон занимает в феврале и августе, а максимально восточное – в июне и сентябре.

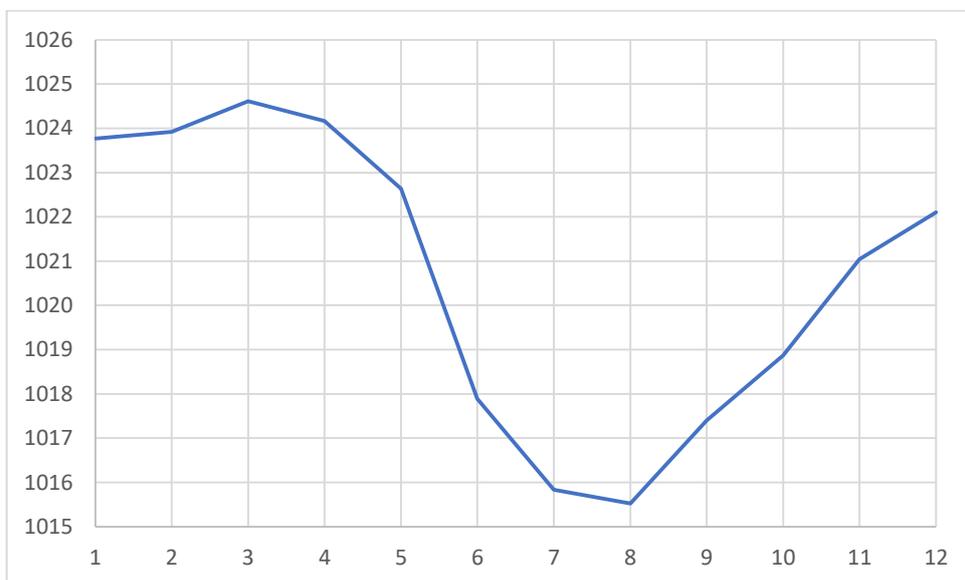


Рисунок 3.2 Среднегодовой ход значений давления Арктического антициклона за каждый месяц, гПа

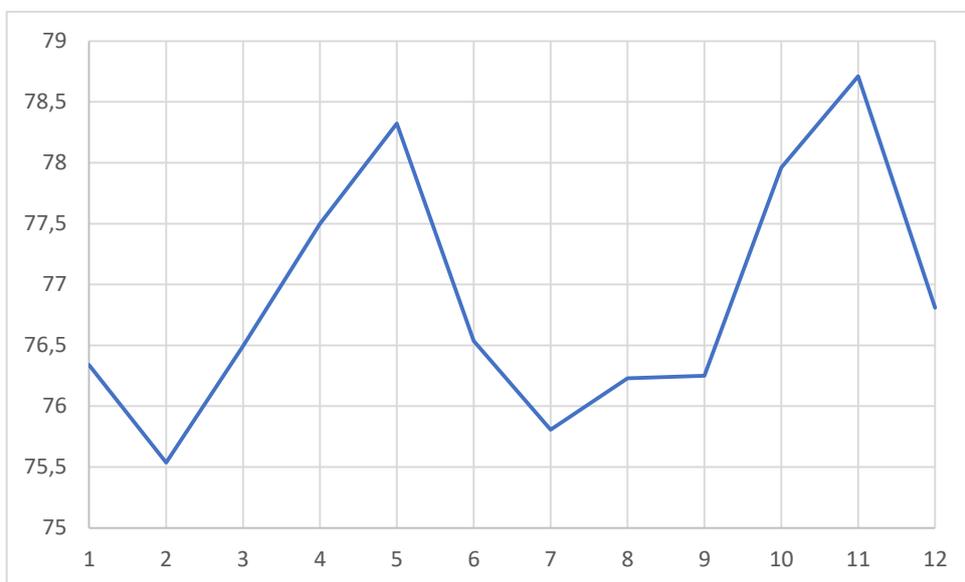


Рисунок 3.3 Среднегодовой ход значений широты Арктического антициклона за каждый месяц, с.ш.

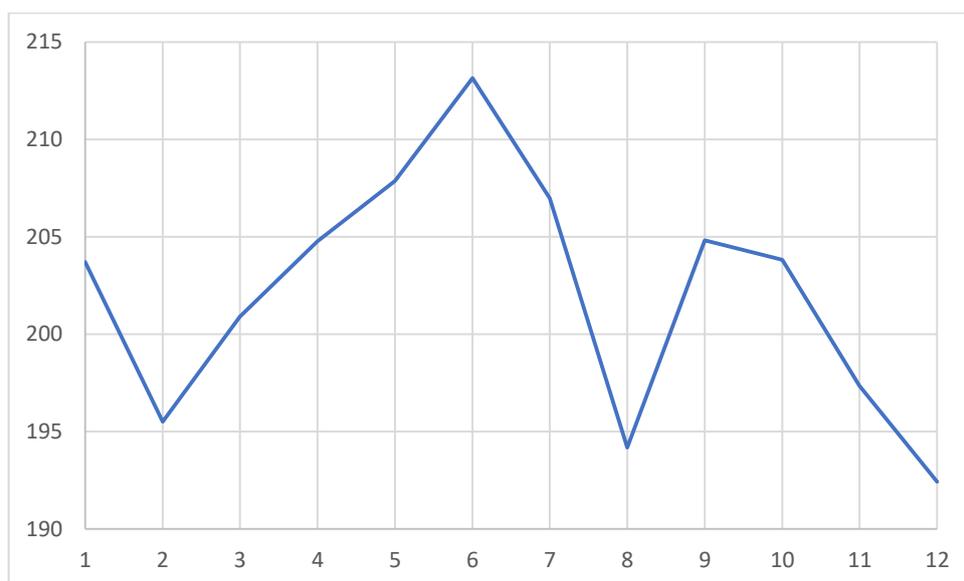


Рисунок 3.4 – Среднемноголетний ход значений долготы Арктического антициклона за каждый месяц, з.д.

3.2 Многолетняя динамика

В таблице 3.3 приведены средние значения давления в центре антициклона за каждый год с 1948 по 2021 и за весенний период (март, апрель, май) каждого года. Весенний период для анализа Арктического антициклона выбран неслучайно, так как на фоне общего понижения давления на прилегающих континентах его достаточно легко выявить и значения характеристик будут представлены наиболее точно.

Таблица 3.3 – Средние за весну и за год характеристики Арктического антициклона

Год	Давление, гПа		Широта, °с.ш.		Долгота, °в.д.-з.д.	
	год	весна	год	весна	год	весна
1948	1016.0	1018.2	75.0	80.0	242.5	275.0
1949	1017.3	1021.4	80.0	80.0	195.0	272.5
1950	1017.4	1021.2	75.0	80.0	215.0	232.5
1951	1019.0	1031.3	82.5	80.0	222.5	200.0
1952	1019.9	1024.2	80.0	80.0	195.0	275.0

1953	1017.4	1022.2	77.5	77.5	197.5	195.0
1954	1014.5	1022.5	80.0	70.0	272.5	215.0
1955	1017.3	1024.4	80.0	82.5	192.5	165.0
1956	1013.4	1019.1	85.0	75.0	280.0	217.5
1957	1018.3	1024.7	75.0	80.0	212.5	232.5
1958	1020.6	1024.4	80.0	80.0	197.5	195.0
1959	1018.0	1020.1	75.0	72.5	212.5	200.0
1960	1021.3	1024.7	80.0	77.5	195.0	197.5
1961	1018.9	1027.6	77.5	80.0	197.5	197.5
1962	1017.9	1023.8	75.0	82.5	242.5	277.5
1963	1016.9	1018.4	75.0	82.5	215.0	277.5
1964	1017.0	1019.2	77.5	70.0	197.5	212.5
1965	1018.4	1019.5	80.0	82.5	165.0	277.5
1966	1018.3	1023.5	80.0	75.0	192.5	167.5
1967	1014.3	1014.8	75.0	80.0	215.0	290.0
1968	1019.7	1020.9	80.0	82.5	232.5	275.0
1969	1018.0	1021.7	75.0	80.0	185.0	235.0
1970	1019.5	1025.7	75.0	80.0	182.5	197.5
1971	1017.3	1021.8	77.5	75.0	195.0	180.0
1972	1018.5	1021.7	75.0	77.5	187.5	197.5
1973	1016.2	1025.5	77.5	77.5	197.5	167.5
1974	1018.9	1023.0	72.5	75.0	182.5	170.0
1975	1016.2	1023.6	75.0	80.0	215.0	230.0
1976	1017.5	1020.7	75.0	75.0	167.5	165.0
1977	1019.6	1019.7	80.0	77.5	192.5	195.0
1978	1018.0	1024.6	77.5	77.5	192.5	195.0
1979	1019.4	1028.2	80.0	80.0	165.0	162.5
1980	1020.3	1027.3	77.5	80.0	195.0	187.5
1981	1017.2	1023.0	77.5	80.0	200.0	197.5
1982	1019.7	1020.9	77.5	80.0	197.5	190.0
1983	1017.6	1025.5	75.0	77.5	217.5	195.0
1984	1017.9	1020.7	75.0	80.0	167.5	275.0
1985	1019.9	1021.1	80.0	80.0	165.0	192.5
1986	1017.7	1020.7	75.0	75.0	217.5	215.0
1987	1019.3	1024.0	80.0	80.0	167.5	170.0
1988	1017.5	1024.9	75.0	80.0	217.5	192.5
1989	1012.2	1020.1	80.0	75.0	272.5	172.5
1990	1015.7	1013.4	75.0	80.0	190.0	275.0
1991	1016.6	1019.2	75.0	80.0	185.0	275.0
1992	1016.2	1019.9	75.0	75.0	215.0	245.0
1993	1016.5	1023.6	75.0	75.0	242.5	245.0
1994	1013.3	1017.3	80.0	80.0	275.0	272.5
1995	1018.7	1023.6	75.0	75.0	217.5	245.0
1996	–	1022.3	–	75.0	–	242.5
1997	1017.6	1021.7	75.0	75.0	215.0	215.0
1998	1018.8	1021.1	82.5	82.5	222.5	272.5
1999	1018.5	1024.6	80.0	85.0	195.0	192.5
2000	1018.2	1023.8	75.0	80.0	167.5	195.0
2001	1016.9	1023.2	77.5	80.0	195.0	192.5
2002	1015.1	1019.9	80.0	82.5	210.0	277.5

2003	1016.0	1020.5	75.0	75.0	217.5	242.5
2004	1020.3	1026.4	80.0	85.0	192.5	150.0
2005	1019.3	1025.1	77.5	77.5	200.0	210.0
2006	1015.2	1022.2	80.0	85.0	195.0	182.5
2007	1021.0	1020.2	77.5	75.0	217.5	217.5
2008	1018.2	1025.1	77.5	80.0	215.0	200.0
2009	1019.1	1023.3	75.0	75.0	217.5	217.5
2010	1018.9	1022.0	80.0	82.5	195.0	220.0
2011	1015.6	1018.2	75.0	75.0	215.0	217.5
2012	1016.5	1022.3	77.5	77.5	195.0	195.0
2013	1019.5	1025.3	77.5	80.0	197.5	202.5
2014	1018.7	1017.5	75.0	80.0	220.0	272.5
2015	1016.9	1021.4	75.0	77.5	217.5	220.0
2016	1017.7	1027.9	75.0	77.5	217.5	215.0
2017	1015.4	1019.8	77.5	77.5	222.5	240.0
2018	1016.0	1022.5	77.5	77.5	207.5	215.0
2019	1016.2	1019.6	75.0	82.5	217.5	277.5
2020	1014.9	1017.3	75.0	80.0	215.0	272.5
2021	1016.6	1022.4	80.0	75.0	192.5	222.5

На рисунках 2.1 и 2.2 приведены изменения по годам значений давления в центре Арктического антициклона, значения его широты и долготы за весенний период и среднегодовые значения. Так же на графиках показаны линейные тренды изменения давления с уравнениями линии тренда и величиной достоверности аппроксимации (R^2).

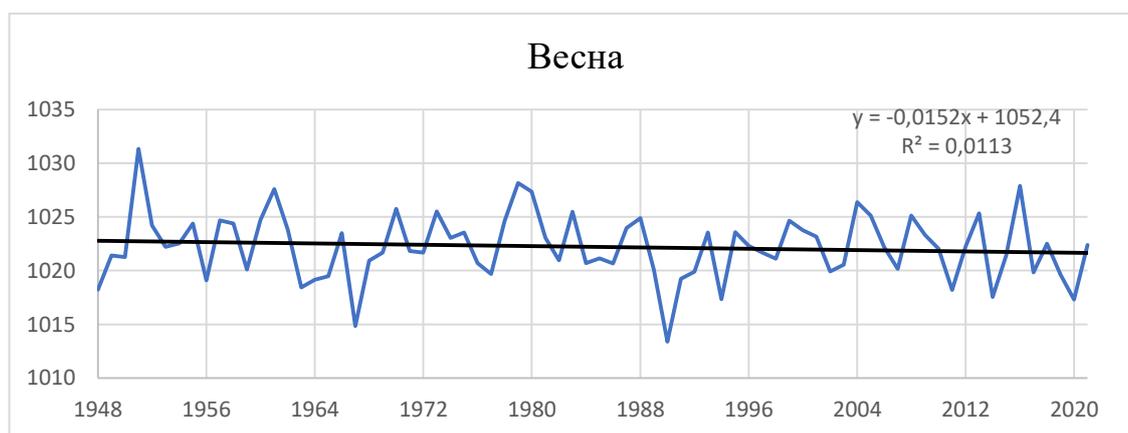


Рисунок 3.5 Изменение значений давления в центре Арктического антициклона в среднем за весенний период, гПа

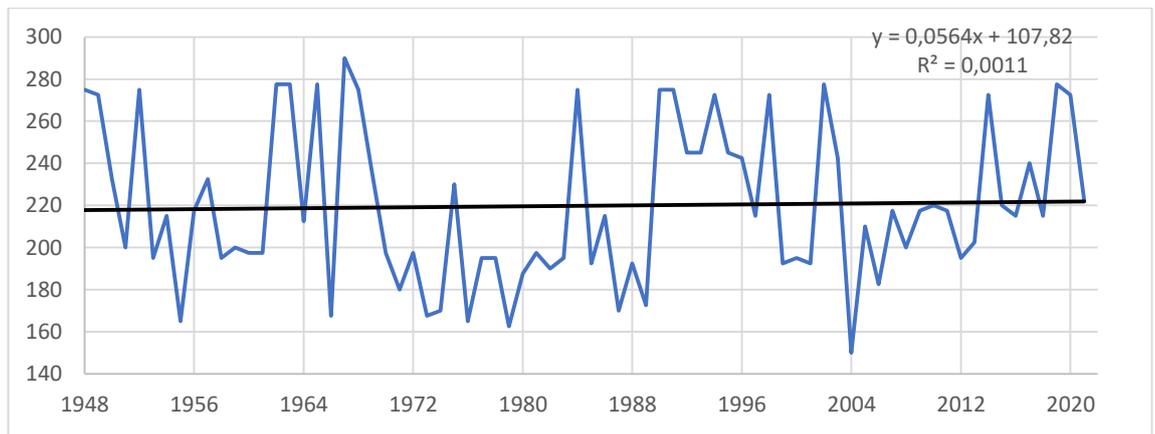


Рисунок 3.6 Изменение значений долготы центра Арктического антициклона в среднем за весенний период, в.д.-з.д.

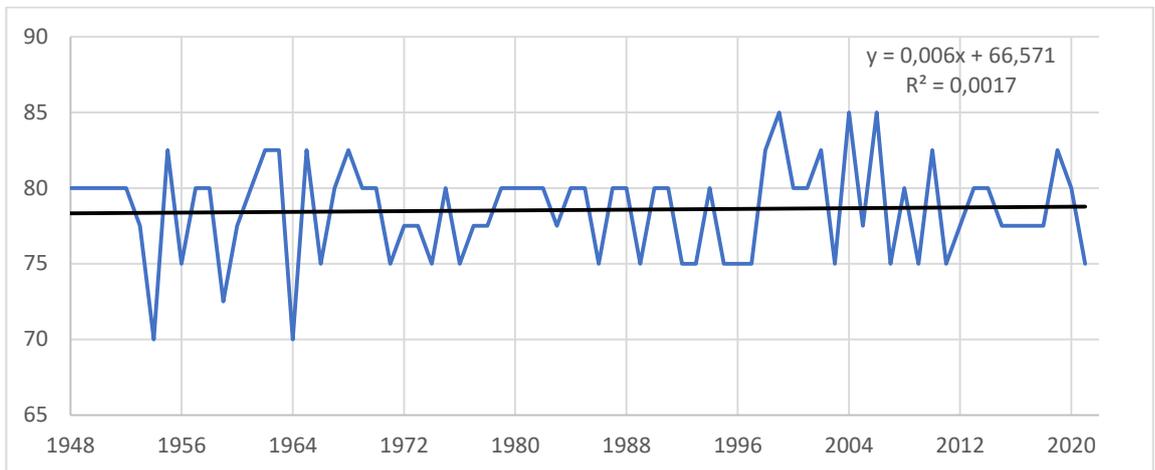


Рисунок 3.7 – Изменение значений широты центра Арктического антициклона в среднем за весенний период, с.ш.

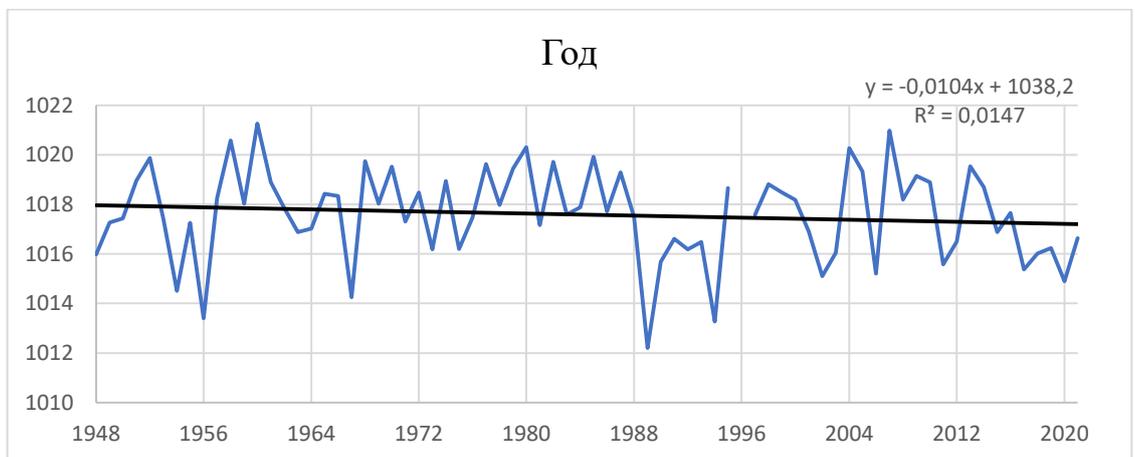


Рисунок 3.8 Изменение значений давления в центре Арктического антициклона в среднем за года, гПа

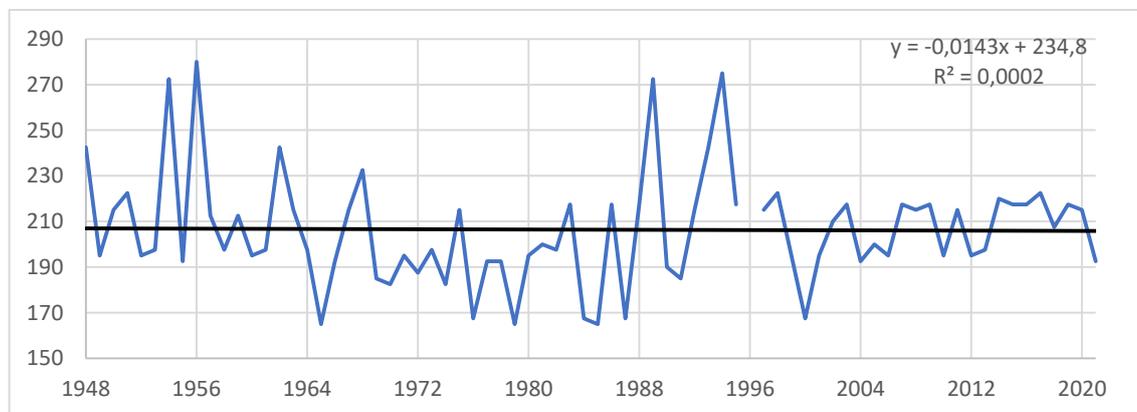


Рисунок 3.9 Изменение значений долготы центра Арктического антициклона в среднем за года, в.д.-з.д.

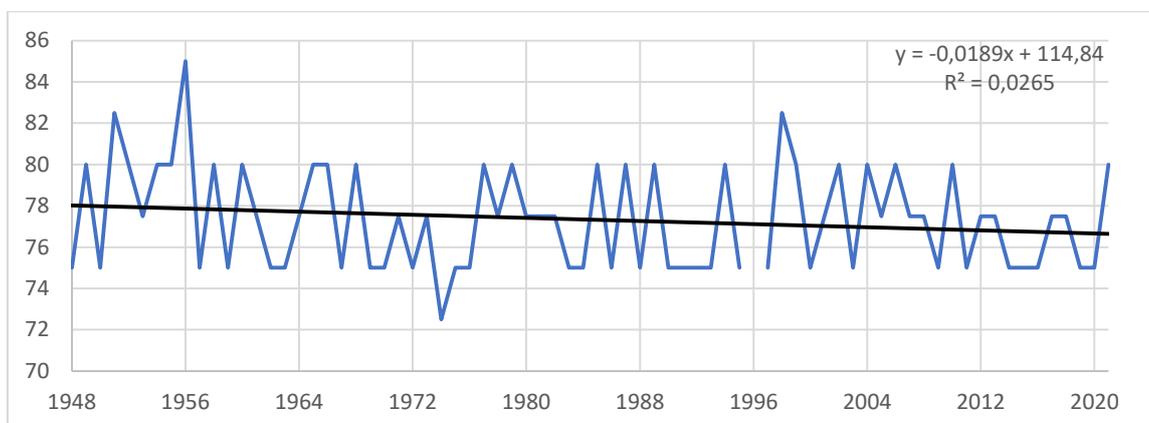


Рисунок 3.10 – Изменение значений широты центра Арктического антициклона в среднем за года, с.ш.

При анализе графиков видно незначительное уменьшение значений давления. Можно выделить два периода: с 1948 по 1988 гг. и с 1988 по 2021 гг. Уменьшение давление более заметно после 1988г. Низкие значения R^2 говорят о сильном разбросе параметров относительно линии тренда.

Выполнена оценка на значимость линии тренда по критерию Фишера для давления. Критерий Фишера равен 1,06, значение F-критерия Фишера при уровне значимости $\alpha = 0,05$ равно 3,98. Следовательно, тренд не значимый.

За весенний период положение центра антициклона незначительно смещается на северо-восток. За период осредненный по годам центр антициклона смещается больше в сторону юга и незначительно на запад. Также выполнена оценка на значимость линии тренда по критерию Фишера для координат антициклона. Критерий Фишера равен 0,08 для долготы и 0,12 для широты, значение F-критерия Фишера при уровне значимости $\alpha = 0,05$ равно 3,98. Делаем вывод, что построенные линейные тренды не значимы.

В таблице 3.4 приведены средние значения давления в центре Арктического антициклона за десятилетия по среднегодовым значениям и за весенний период. Значения давления в среднем за год колеблются в пределах 1016-1018 гПа, а за весенний период – 1021-1022 гПа. Широта центра изменяется от 76° до 78° с.ш. в среднем за год и от 78° до 79° с.ш. в весенний период. Значения долготы имеют больший интервал: в среднем за год - 189° - 217° з.д., за весенний период - 185° до 240° з.д.

Таблица 3.4 – Средние значения за 10-летия давления в центре антициклона и значения широты и долготы

Год	Весна			Год		
	Р, гПа	ϕ° с.ш.	λ° , з.д.	Р, гПа	ϕ° с.ш.	λ° , з.д.
1948-1960	1023.0	78.1	221.0	1017.7	78.8	217.7
1961-1970	1021.5	79.5	240.8	1017.9	77.0	202.5
1971-1980	1023.6	77.5	185.0	1018.2	76.8	189.0
1981-1990	1021.4	78.8	207.5	1017.5	77.0	201.3
1991-2000	1021.7	78.3	240.0	1017.1	76.9	215.0
2001-2010	1022.8	79.8	211.0	1018.0	78.0	205.5
2011-2021	1021.3	78.2	231.8	1016.7	76.4	210.7

На гистограмме (Рисунок 3.12) можно увидеть слабо выраженные максимумы давления в центре антициклона за с 1971 по 1980 гг. Минимумы

же приходится на последнее десятилетие с 2011 по 2021 гг. Давление в весенний (Рисунок 3.11) период уменьшается в среднем на 2 гПа, аналогично за периоды по годам. В целом за год, ход давления идет достаточно ровно, с небольшой тенденцией на уменьшение (в пределах 1,5 гПа). В весенний же период изменение давления более скачкообразно.

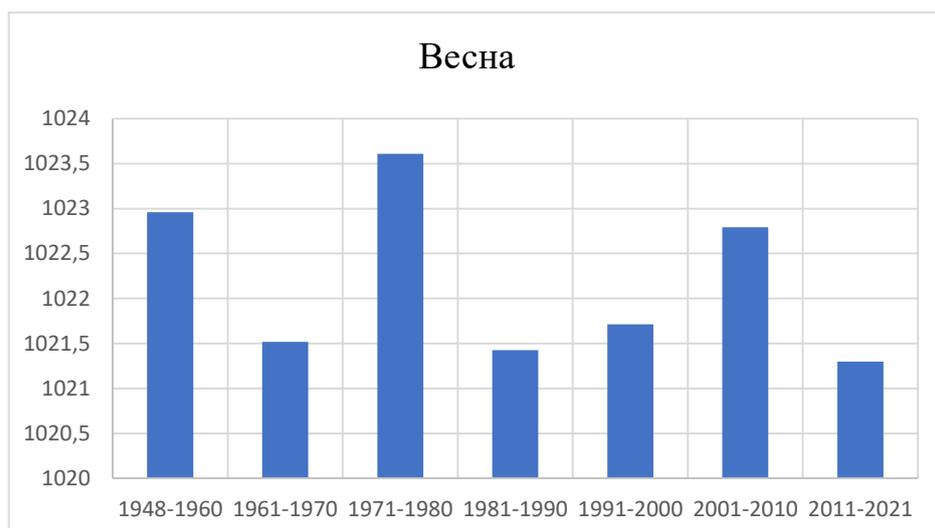


Рисунок 3.11 Распределение давления в центре антициклона за весенний период за десятилетия, гПа

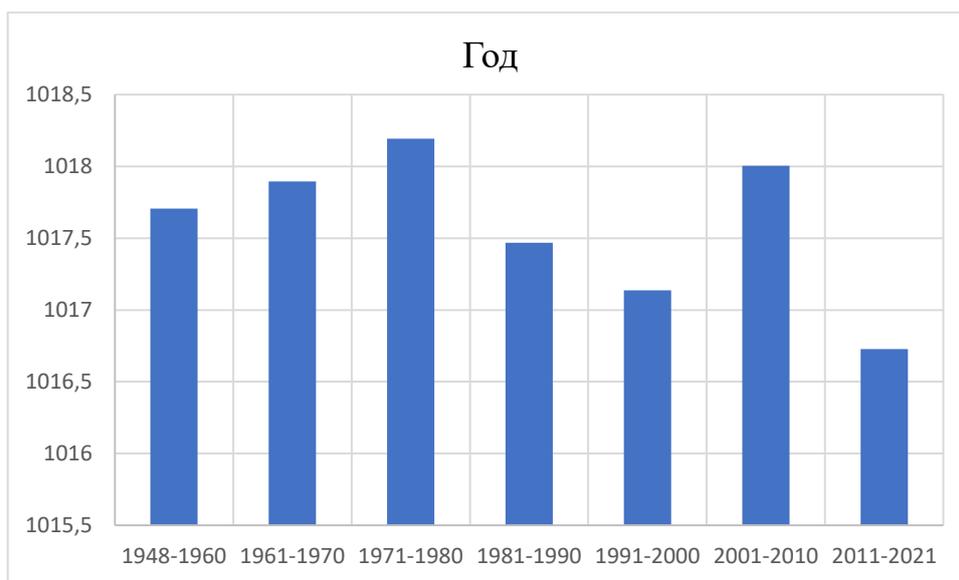
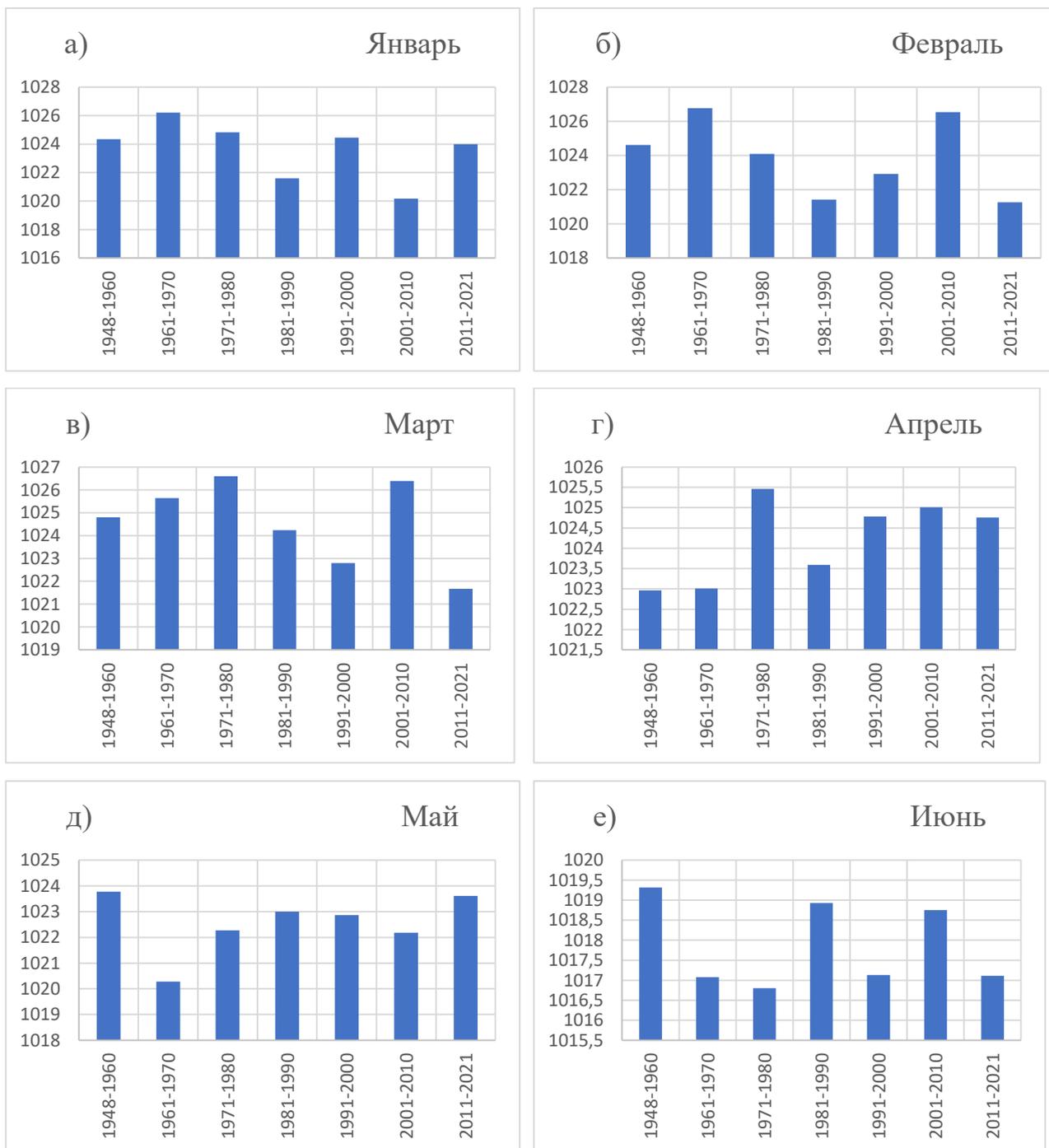


Рисунок 3.12 – Распределение давления в центре антициклона по среднегодовым значениям по десятилетиям, гПа

Далее рассмотрим осредненные значения давления в центре антициклона за каждый месяц по десятилетиям (Рисунок 3.13).



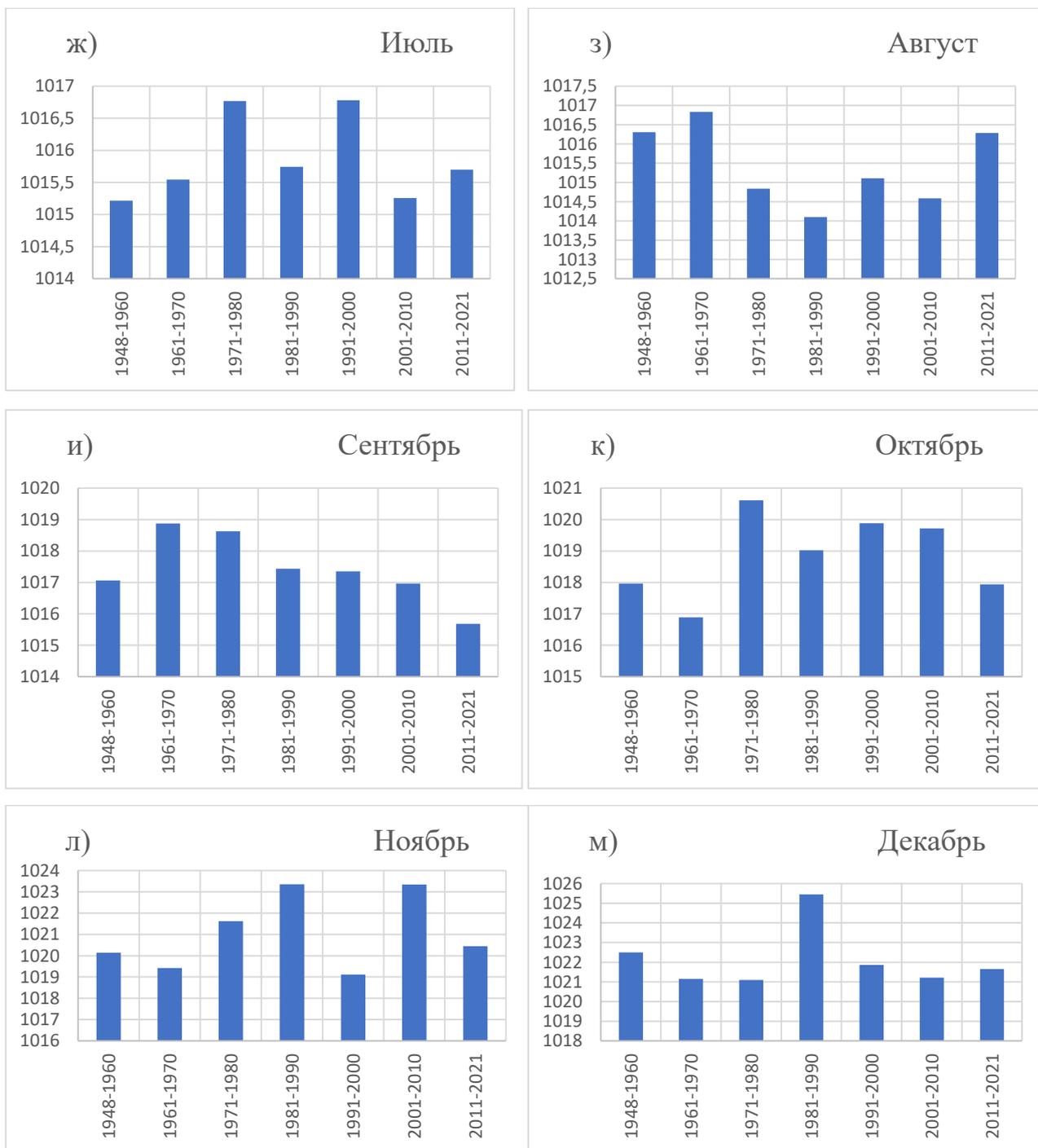


Рисунок 3.13 – Значения давления по десятилетиям для января (а), февраля (б), марта (в), апреля (г), мая (д), июня (е), июля (ж), августа (з), сентября (и), октября (к), ноября (л), декабря (м), гПа

Январь имеет достаточно ровный ход давления в течение всех десятилетий с достаточно высокими значениями давления. Максимум

приходится на десятилетие с 1961 по 1970 гг. и достигает значения в 1026 гПа. Минимум наблюдается с 2001 по 2010 гг. и равен 1020 гПа.

Как можно заметить, в феврале и марте примерно одинаковый ход с достаточно высокими значениями давления. Максимумы достигают 1027 гПа и приходятся на 1961-1970 гг. (февраль) и 1971-1980 гг. (март), минимумы не опускаются ниже значений 1021 гПа и приходятся на десятилетие с 2011 по 2021 гг.

Вторая половина весны (апрель и май) имеют относительно ровный ход, приходящийся на последние 30 лет, значения давления так же достаточно высоки и находятся в пределах 1023-1024 гПа. В апреле минимумы отмечаются с 1948 по 1970 гг., в мае – 1961-1970 гг.

В июне Арктический антициклон менее выражен, значения давления варьируются в пределах 1016,5-1019,5 гПа. Минимум приходится на 1971-1980 гг., а максимум на 1948-1960 гг.

Июль и август так же можно отметить, как месяцы с небольшими значениями давления в центре антициклона. Максимумы не превышают значений в 1017 гПа, а минимумы доходят до 1014,5 гПа.

В начале осени (сентябрь) видна четкая тенденция на уменьшение значений давления по десятилетиям. В октябре среднее значение давления немного повышается до 1021 гПа.

Конец осени и начало зимы можно так же отметить, как периоды с достаточно высокими значениями в центре антициклона. Ноябрь имеет 2 максимума (1023,5 гПа) с 1981 по 1990 гг и с 2001 по 2010 гг. Минимум приходится на десятилетие 1991-2000 гг. – 1019 гПа. В декабре ярко выраженный максимум достигает значения в 1025,5 гПа с 1981 по 1990 гг. При этом в остальные десятилетия значение давления находится в пределах 1021-1022 гПа.

Как мы видим из результатов исследования, Арктический антициклон довольно устойчивый, резких изменений в перемещении центра повышенного давления не наблюдается. Арктический антициклон не имеет

выраженной межгодовой изменчивости и колеблется в пределах своего среднего значения в течении всего периода.

Наиболее выражен антициклон в конце зимы и весной. В этот период центр максимального давления имеет тенденцию смещения на север. В моменты максимального ослабления, приходящиеся на конец лета, антициклон смещается в южном направлении.

За рассматриваемый временной промежуток с 1948 по 2021 гг. можно выделить слабо выраженный период падения давления с 1989 по 1994 гг.

4 Арктический антициклон и динамика циркуляции в Северном полушарии

4.1 Индексы атмосферной циркуляции

Для более полного изучения Арктического антициклона проанализируем его связь с изменениями интенсивной циркуляции атмосферы. Непосредственно для анализа были выбраны следующие климатические индексы: Северо-Атлантическое колебание (САК), Северо-Тихоокеанское колебание (СТИ), индекс Сибирского антициклона (СА) и индекс Арктической осцилляции (АО).

Северо-Атлантическое колебание представляет собой одну из наиболее важных характеристик атмосферной циркуляции в Северном полушарии. Он показывает разность давления над уровнем моря между двумя центрами действия атмосферы: Азорский минимум и Исландский максимум. Оба этих центра находятся в Северной Атлантике и характеризуют усиление центра западно-восточного переноса.

Районами, попадающими под непосредственное влияние САК, являются Северная Америка, Гренландия и Европа. Погодные условия напрямую коррелируют со значениями индекса. В период высоких значений

САК отмечается достаточно высокая интенсивность атмосферных образований: увеличивается градиент между усиленным субтропическим максимумом и исландским минимумом. На север Европы приходит теплый и влажный воздух с Атлантики, а в Гренландии и Канаде отмечается достаточно сухая и холодная погода.

В период, когда индекс принимает низкие значения, наблюдается ослабление атмосферных процессов, в следствии чего уменьшается интенсивность ветров, и их влияние смещается в сторону Средиземноморских территорий. Погодные условия Северной Европы в это время приобретают достаточно сухой и холодный характер.

Классифицируем значения индекса САК по двум фазам: положительная фаза – индекс принимает положительные значения и отрицательная фаза - индекс принимает отрицательные значения. В положительной фазе происходит развитие Исландского минимума и Азорского максимума и их смещение в северном направлении, увеличиваются градиенты давления между ними. Отрицательная фаза характеризуется усилением меридиональных процессов.

Северо-Тихоокеанское колебание (СТИ) характеризует динамику атмосферно давления над уровнем моря в северной части Тихого океана в диапазоне 30° с.ш. – 60° с.ш. и 140° в.д. – 160° в.д. за зимний период. Определяется по сеточным данным как взвешенное по площади значение давления. Значения СТИ характеризует изменения Алеутского минимума, за наиболее информативный период года (ноябрь-март), в другие месяцы – Гавайского максимума. [10]

Индекс Сибирского антициклона (СА). Сибирский антициклон представляет собой область повышенного давления над Сибирью и Центральной Азией. Образуется в зимнее время, в следствии выхолаживания земной поверхности. Существует несколько способов для определения индекса SHI. Первый представляет собой точечное снятие значений давления

в центре самого антициклона, а второй (площадной), при котором определяется осредненное значение давления в конкретной области.

АО представляет собой один из главных видов изменчивости в Северном полушарии в области приземного давления и в поле геопотенциальных высот. Иными словами, характеризует разность давления в полярных широтах по отношению к более южным широтам, за зимний период. Существенная разность Арктического колебания и выше рассматриваемых индексов в том, что АО дает характеристику глобальной циркуляции атмосферы, а не региональной.

Значения индекса АО можно так же классифицировать по двум фазам: положительной и отрицательной. Если индекс АО принимает отрицательные значения, это говорит нам об областях относительно высокого давления в Полярных широтах и о более низком значении давления в умеренных широтах. При отрицательной фазе холодные воздушные потоки из Арктических регионов проникают в центральные, а иногда доходят и до южных, районы Северной Америки, Европы и Азии. [12]

Положительная фаза индекса АО имеет совершенно иную картину распределения давления. В умеренных широтах происходит сдвиг западно-восточного переноса, вызванный областями высокого атмосферного давления, в сторону севера. Этот процесс сопровождается притоком на Европейские территории и район Северной Америки более теплого и влажного океанического воздуха.

4.2 Арктический антициклон и центры действия атмосферы в Северном полушарии

В рамках работы рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона между давлением в центре Арктического антициклона и индексами САК, СТИ, СА и АО (таблицы 4.1-4.2). Исходя из данных таблицы 4.1, можно увидеть, что из всех рассматриваемых индексов у Арктического антициклона

наибольшая связь отмечается с Северо-Атлантическим колебанием. Наиболее высокие значения приходятся на летние и зимние месяцы, в переходные периоды – весна и осень – минимальные.

Северо-Тихоокеанское колебание оказывает меньшее влияние на арктический регион, в отличие от САК. Наиболее значимые значения приходятся на весну (апрель май) – -0.4 – -0.6.

С динамикой индекса Сибирского антициклона у характеристик Арктического антициклона связи не обнаруживается.

Таблица 4.1 – Коэффициенты корреляции между многолетней динамикой характеристик Арктического антициклона и индексов САК, NPO, SHI.

Месяцы	Сглаженные значения			Не сглаженные значения		
	САК	СА	СТИ	САК	СА	СТИ
1	-0.4	0.0	-0.1	-0.3	0.2	-0.2
2	-0.6	0.3	-0.1	-0.4	0.0	-0.3
3	-0.5	0.0	0.0	-0.4	0.0	0.0
4	0.2	0.0	-0.4	-0.1	-0.1	-0.3
5	-0.4	0.5	-0.6	-0.4	0.2	-0.4
6	-0.6	-0.3	-0.3	-0.6	-0.1	-0.2
7	-0.2	0.3	0.1	-0.4	0.1	0.0
8	-0.6	-0.6	0.0	-0.3	-0.3	-0.1
9	0.3	-0.2	0.1	0.0	-0.2	0.1
10	-0.3	0.4	0.1	-0.3	0.2	0.0
11	0.0	-0.2	-0.1	-0.3	-0.2	-0.1
12	-0.1	0.0	0.0	-0.3	0.2	-0.1

По данным таблицы 4.2 видна высокая степень корреляции индекса АО с Арктическим антициклоном. Отрицательные значения индекса показывают усиление области высокого давления в северных широтах и как следствие усиление Арктического антициклона.

Таблица 4.2 – Коэффициенты корреляции между многолетней динамикой характеристик Арктического антициклона и индексом АО

Месяцы	АО	
	Сглаженные значения	Не сглаженные значения
1	-0.6	-0.6
2	-0.7	-0.7
3	-0.8	-0.7
4	-0.3	-0.6
5	-0.6	-0.7
6	-0.8	-0.7
7	-0.3	-0.7
8	-0.8	-0.7
9	-0.3	-0.4
10	-0.5	-0.5
11	-0.2	-0.5
12	-0.4	-0.6

5 Влияние Арктического антициклона на температурный режим в Арктическом регионе

Для анализа взяты среднемесячные данные температуры из архива данных с сайта NOAA.

Набор данных: массив реанализа NCEP. Поверхностный уровень.

Пространственный охват:

- Сетка с разрешением 2,5 x 2,5 градусов
- Долгота: от 0.0E до 357.5E,
- Широта: от 60,0N до 90,0N.

Временной охват:

- С 1948 по 2021 год (73 года).

Значения температуры отобраны для интенсивного и менее интенсивного антициклона для зимнего и летнего сезона и для переходных сезонов (весна, осень). За каждый сезон выбран средний месяц: январь, апрель, июль и октябрь, соответственно.

Так как особой климатической изменчивости на уменьшение или увеличение значений давления в центре Арктического антициклона не наблюдается, то отклонения считались от среднего значения. Затем было рассчитано среднее квадратичное отклонение (СКО). За случаи с

интенсивным и слабым антициклоном принимались значения давления с отклонением от среднего +/-1 СКО (таблица 5.1).

Таблица 5.1 Года с максимальной и минимальной интенсивностью Арктического антициклона за январь, апрель, июль, октябрь.

Месяцы	Арктический антициклон	
	максимальная интенсивность	минимальная интенсивность
Январь	1959, 1970, 1977, 1980, 1986, 1994, 1998, 2004, 2013	1957, 1973, 1981, 1989, 2005, 2017
Апрель	1951, 1961, 1966, 1973, 1980, 1992, 1996, 2004, 2006, 2016	1949, 1955, 1962, 1965, 1967, 1975, 1977, 1982, 1984, 1997, 2001, 2011
Июль	1965, 1968, 1972, 1977, 1987, 1993, 1995, 2009, 2015	1954, 1963, 1964, 1966, 1981, 2006, 2017
Октябрь	1974, 1977, 1979, 1981, 1982, 1999, 2007, 2009, 2010, 2014	1956, 1963, 1964, 1969, 1973, 1983, 1989, 2000, 2005, 2008, 2011, 2012

Далее построены средние поля температуры для периодов с интенсивным и слабым Арктическим антициклоном за январь, апрель, июль и октябрь (рисунки 5.1 – 5.2). Также для удобства построены поля разностей температуры в периоды интенсивного и слабого антициклона.

На рисунке 5.1 представлены поля температуры при интенсивном, менее интенсивном антициклоне и их разность, за январь и июль соответственно.

На первых двух картинках мы видим температурное распределение при интенсивном и менее интенсивном антициклоне. Наиболее низкие температуры представлены в районе Канады и Гренландии, над Сибирью менее интенсивный максимум. В районе севера Атлантического океана значения температур гораздо выше.

На первый взгляд, оба случая одинаковые, однако если посчитать разность между полями, то получается следующая картина (в). Наибольшее отличия в температуре воздуха отмечаются над континентами.

Интенсивность антициклона оказывает большее влияние на температуру воздуха не в центральных районах Арктики, а над территорией Сибири, Канадского сектора Арктики, затрагивая немного Аляску. Положительные аномалии температуры воздуха отмечаются в районе западного побережья Гренландии, восточного побережья Канады и над морем Баффина между ними.

За летний период – рис 5.1 (е) – температурное колебание выражено наиболее слабо, в отличие от зимнего. Это можно объяснить тем, что поле температур зимой определяется в основном адвективными процессами и соответственно антициклон будет оказывать свое влияние больше. Летом большее влияние оказывает солнечная радиация: поверхность земли прогревается и влияние циркуляционных процессов, особенно из Арктики, становится минимальным.

Понижение температуры можно за летний период отметить в районе Канады, то есть при усилении антициклона уменьшаются значения температуры в канадском секторе Арктики. Так же понижение температуры наблюдается в районе Европы и Европейской территории России.

Зимний и весенний (рисунок 5.2) периоды достаточно схожи между собой. При интенсивном антициклоне в центральной Арктике температура выше, чем при слабом антициклоне. Возможно, это связано с ослаблением ветра.

Осенью (рисунок 5.2 (в)) отмечаются несколько областей с положительными значениями температуры, особенно в районе Чукотского моря.

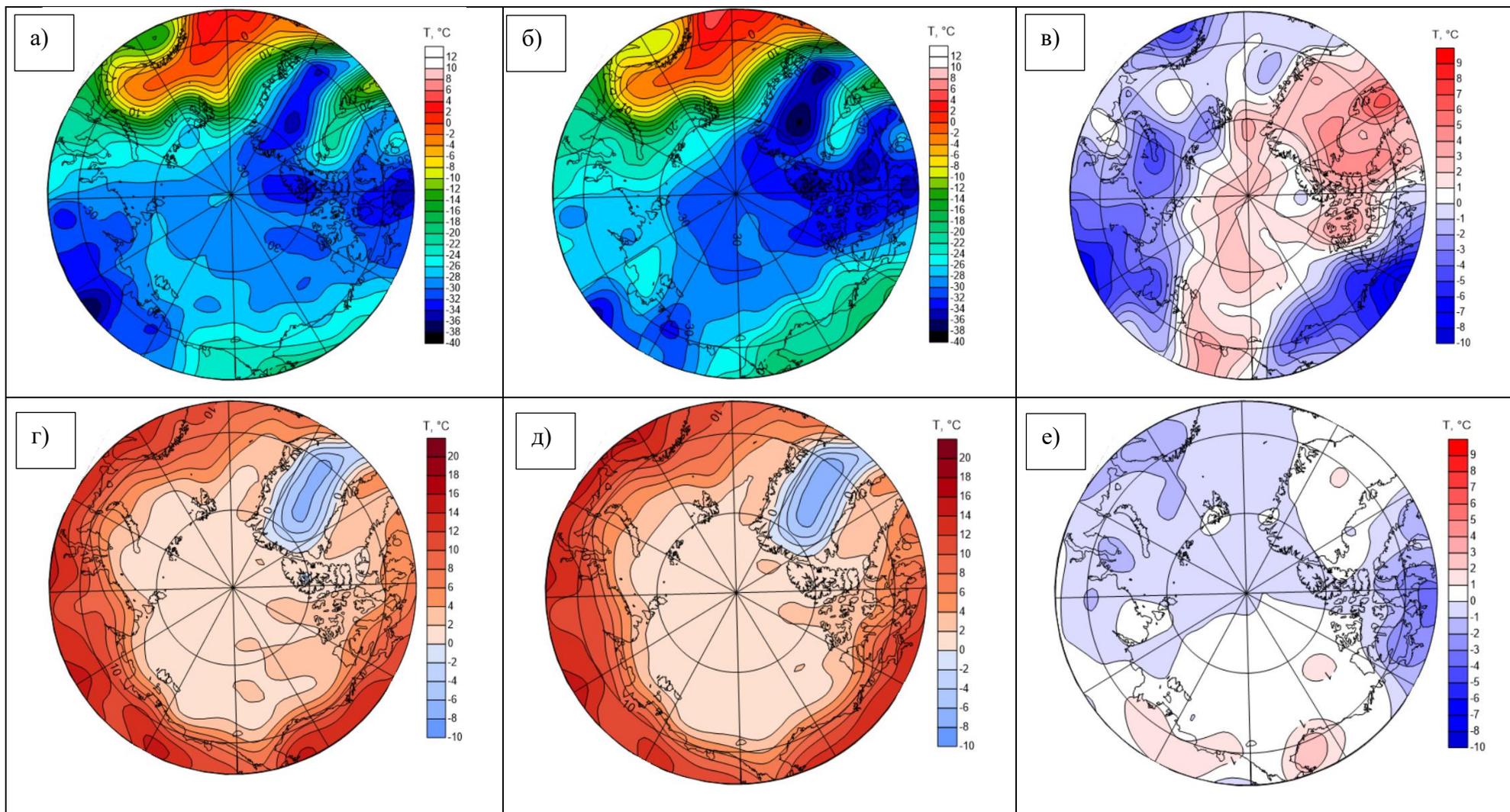


Рисунок 5.1 – Температурные поля при максимальной (а, г) и минимальной интенсивности Арктического антициклона (б, д), разность полей (в, е) за январь (а, б, в) и июль (г, д, е)

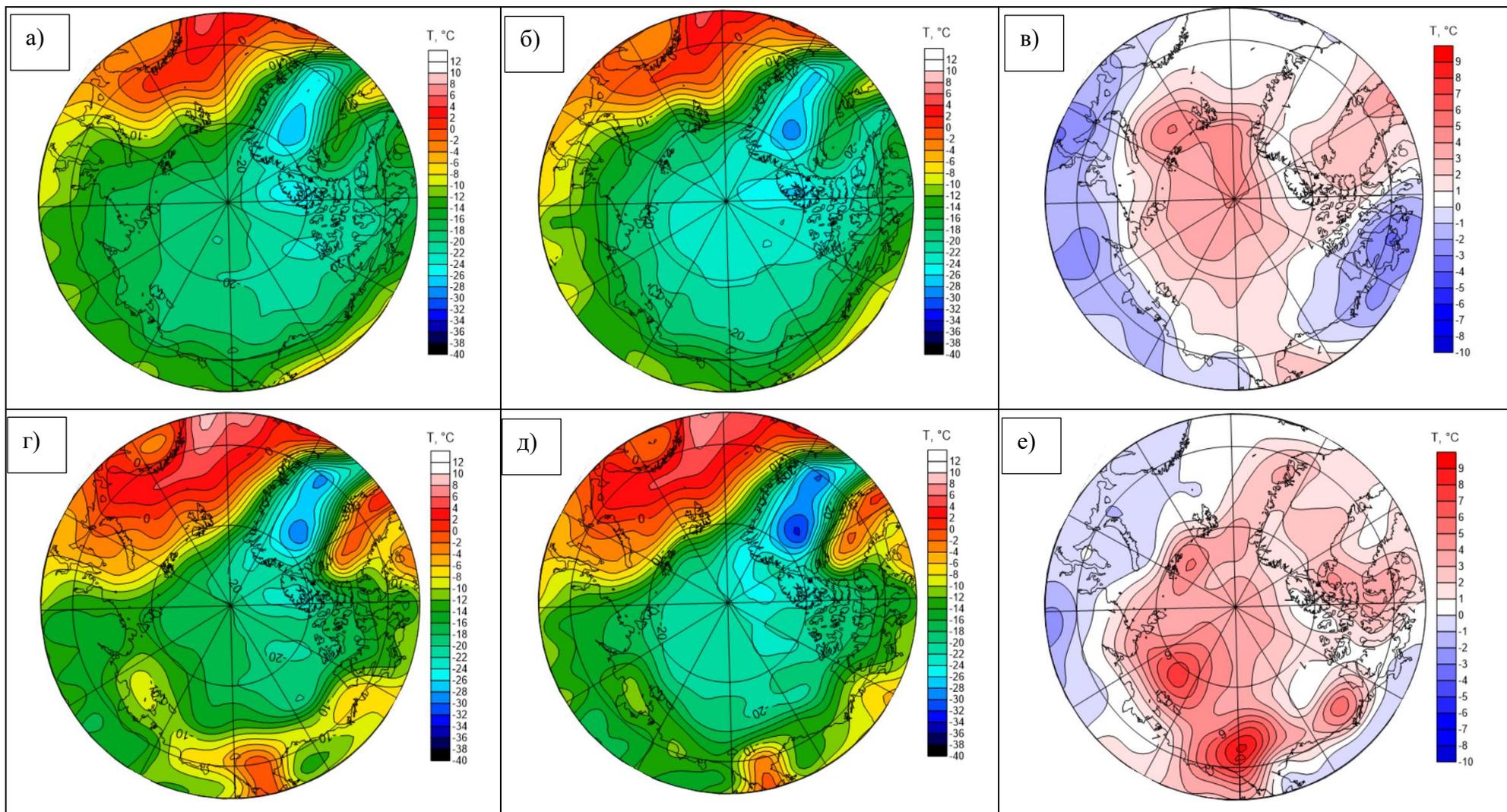


Рисунок 5.2 – Температурные поля при максимальной (а, г) и минимальной интенсивности Арктического антициклона (б, д), разность полей (в, е) за апрель (а, б, в) и октябрь (г, д, е)

Заключение

В процессе работы сформирован собственный массив данных по Арктическому антициклону и на его основе произведен анализ временной изменчивости антициклона, его связь с центрами действия атмосферы в Северном полушарии и влияние на температурный режим в Арктике и в близлежащих регионах.

На основе проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- Арктический антициклон довольно устойчивый, существенных изменений давления в центре и его положении не наблюдается. Центр антициклона в течении всего периода располагается в зоне $76^{\circ} - 78,5^{\circ}$ с.ш. и $195^{\circ} - 215^{\circ}$ з.д. Наиболее выражен антициклон в конце зимы и весной. В этот период центр максимального давления имеет тенденцию смещения на север. В моменты максимального ослабления, приходящиеся на конец лета, антициклон смещается в южном направлении.

- Оценка связи между Арктическим антициклоном и близлежащими центрами действия атмосферы не показала особой связи между ними. Наиболее коррелирующим индексом является Северо-Атлантическое колебание. При увеличении индекса САК ослабевает интенсивность Арктического антициклона. Наоборот, при уменьшении индекса САК, Арктический антициклон усиливается.

- Интенсивность антициклона оказывает большее влияние на температуру воздуха не в центральных районах Арктики, а над континентами. В целом при усилении интенсивности антициклона уменьшаются значения температуры на близлежащих территориях. В центральной Арктике преобладают положительные аномалии температуры.

Список литературы

1. Зверев, А.С. Синоптическая метеорология [Текст]/. А.С. Зверев. – Ленинград: Гидрометеиздат, 2-е изд., перераб. и доп., 1977. – 712 стр.
2. Воробьев, В.И. Синоптическая метеорология [Текст]/. В.И. Воробьев. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. – 612 стр.
3. Гущина, Д.Ю. Синоптическая метеорология. Часть 2 [Электронный ресурс]/. Д.Ю. Гущина. – Москва: Геофак МГУ. – 260 стр.
4. Дашко, Н.А. Курс лекций по синоптической метеорологии [Текст]/. Н.А. Дашко. – Владивосток, ДГВУ, 2005. – 523 стр.
5. Погосян, Х.П. Общая циркуляция атмосферы [Текст]/. Х.П. Погосян. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1972. – 393 стр.
6. Смирнов Н.П. Северо-Тихоокеанское колебание и динамика климата в северной части Тихого океана [Текст]/. Смирнов Н.П, Воробьев В.Н. - СПб. РГГМУ, 2002. - 122 стр.
7. Воробьев В.Н. Арктический антициклон и динамика климата северной полярной области [Текст]/. В.Н. Воробьев, Н.П. Смирнов. – СПб., изд. РГГМУ, 2003. – 82 стр.
8. Захаров В.Г. Глобальная циркуляция атмосферы и сопряженность гляциологических процессов в Арктике и Антарктике [Текст]/. В.Г. Захаров, Н.К. Коновалов. – Москва. изд. Институт географии РАН, 2010. – 10 стр.
9. Нестеров, Е.С. Североатлантическое колебание: атмосфера и океан [Текст]/. Е.С. Нестеров. – Москва: Гидрометеиздат, Триада, лтд, 2013. – 144 с.
10. Хен, Е.Н. Основные климатические индексы для северной части Тихого океана [Текст]/. Г.В. Хен, Е.И. Устинова, Ю.Д. Сорокин. Владивосток, Тихоокеанский филиал ВНИРО. – 1-16 стр.
11. Алексеев, Г.В. Формирование и динамика современного климата Арктики [Текст]/. Г.В. Алексеев, СПб.: Гидрометеиздат, 2000. – 80 стр.

12. Гечайте, И. Влияние Арктического колебания на температурный режим Восточной части Балтийского региона [Текст]/. И. Гечайте, А.И. Погорельцев, А.И. Угрюмов, Солнечно-земная физика, Т. 2, №1, 2016. – 1-2 стр.

13. Чувелева, Н.Н. Арктические климатические условия [Электронный ресурс], 2021.

14. Национальное управление океанических и атмосферных исследований (NOAA). [Электронный ресурс]/ URL: <https://www.noaa.gov>.