



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

Кафедра экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Анализ условий формирования значительных суточных колебаний
температуры воздуха в холодное полугодие на территории
Республики Саха (Якутия)»

Исполнитель Винюков Андрей Анатольевич
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Ефимова Юлия 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 2021 г.

Санкт-Петербург
2021

Содержание

Введение	3
1. Климат Земли	5
1.1 Общее понятие о климате	5
1.2 Климатические пояса планеты	8
1.3 Изменение климата	13
1.4 Климат Республики Саха (Якутия)	16
2. Циркуляция атмосферы	19
2.1 Общее понятие циркуляции атмосферы	19
2.2 Циклоны и антициклоны	21
2.3 Ветры, влияющие на общую циркуляцию атмосферы	23
2.4 Схема общей циркуляции атмосферы	25
3. Анализ условий формирования значительных суточных колебаний температуры воздуха в холодное полугодие на территории Республики Саха (Якутия)	28
3.1 Постановка цели и задачи	28
3.2 Анализ термического режима холодного полугодия Республики Саха (Якутия)	30
3.3 Анализ повторяемости дней со значительными межсуточными амплитудами температуры воздуха в Республике Саха (Якутия)	38
3.4 Синоптические условия формирования дней со значительной межсуточной изменчивостью температуры воздуха за холодное полугодие	41
Заключение	50
Список используемой литературы	51

Введение

В последние годы наблюдаются значительные изменения климата во многих регионах России.

Индикатором изменения климата является холодное полугодие. Изменчивость термического режима холодного полугодия может быть значимым показателем изменения климата. Исследования резких межсуточных колебаний температуры воздуха в холодное полугодие является интересной задачей. Для исследования в работе были выбраны значительные краткосрочные повышения температуры воздуха, так как им часто сопутствуют такие опасные явления погоды как – гололедно-изморозевые отложения и адвективные туманы. Адвективные туманы чаще всего формируются при значительных повышениях температуры воздуха, а гололедно-изморозевые отложения фиксируются после них.

Определение фоновых синоптических процессов, сопутствующих случаям с высокой межсуточной изменчивостью температуры воздуха холодного полугодия, является задачей несомненно актуальной и практически значимой. При наличии типовой синоптической ситуации резкого подъема температуры воздуха можно использовать ее в качестве фонового предиктора с заблаговременностью до десяти суток по оперативным прогностическим моделям погоды.

Целью работы является анализ условий формирования значительных суточных колебаний температуры воздуха в холодное полугодие на территории Республики Саха (Якутия).

В первой главе исследуется климат и его изменение, рассматриваются климатические пояса планеты. Подробно разбирается климат исследуемой территории (Республики Саха (Якутия)).

Во второй главе рассматривается воздействие циклонов и антициклонов на формирование погоды, их перемещение по территории России. Также там представлены ведущие потоки, которые влияют на

общую циркуляцию атмосферы, также в главе описана схема общей циркуляции атмосферы.

В третьей главе мы анализируем термический режим холодного полугодия исследуемой территории, проводим расчеты межсуточных перепадов температуры воздуха холодного полугодия. Оцениваем пространственное изменение температуры воздуха холодного полугодия. Далее мы проводим анализ повторяемости дней со значительными межсуточными амплитудами температуры воздуха. Основное внимание в работе уделяется анализу синоптических условий, которые формируют дни со значительной межсуточной изменчивостью температуры воздуха, выявляя типовые ситуации.

1. Климат Земли.

1.1 Общее понятие о климате.

Климат – одна из важнейших составляющих жизнеобеспечения на планете. Он меняется со временем, и эти изменения могут быть ограниченными и медленными. Когда мы говорим о климате, мы всегда обращаем внимание на определение этого понятия.

Климат – это многолетний режим погоды, характерный для определенной территории. В глобальном смысле климат описывает состояние географических оболочек Земли на протяжении нескольких десятилетий.

Ученые многих стран мира раскрывают этот термин по-своему, акцентируя внимание на многих факторах, прежде чем дать емкое, лаконичное и достаточно показательное определение понятия «климат». В несколько периодов становления географии как науки многие ученые стали уделять климатологии особое внимание.

Термин «климат» впервые ввел древнегреческий астроном Гиппарх из Никеи (190–120 гг. до н.э.). Итак, этот термин происходит от греческого слова «climatos», что означает «склонность». Это означало наклон падения солнечных лучей. Климат различных регионов земного шара зависит в основном от наклона солнечных лучей, а точнее от угла падения лучей на земную поверхность. На протяжении более 2 тысяч лет понятие «климат» развивалось параллельно с естественными науками, включая новые компоненты и становилось все более и более сложным.

В 1831 г. немецкий естествоиспытатель А. Гумбольдт (1769–1859) в своем труде «Космос» дал новое определение понятия «климат», в котором учитывалось влияние океана с его течениями и суши с различными свойствами подстилающей поверхности.

В монографии Н. Блутген (1972) приводится ряд определений климата, восходящих к определению Александра Гумбольдта, где «климат» означает все изменения в атмосфере, воспринимаемые нашим сознанием, влияющие на органы чувств.

В конце XIX в. Основатель классической климатологии Дж. Ханн дал более широкое определение объекта исследования: «Под климатом мы понимаем совокупность явлений, которые характеризуют среднее состояние атмосферы в любом месте земной поверхности. То, что мы называем погодой, это всего лишь фаза, единичное действие в последовательности событий, полное течение которых более или менее однообразно из года в год, составляет климат данного места. Климат – это совокупность погодных явлений за больший или меньший период времени в их обычном среднем проявлении в данное время года».

В разных вариантах определение климата как совокупности явлений и процессов в атмосфере или погоде встречается у А.И. Воейкова, Х. Мона, А. Геттнер и других.

Само определение климата к середине двадцатого века претерпело значительные изменения. Академик Ю.А. Израэль определил климат как статистический режим состояния климатической системы (включая атмосферу, океан, поверхность суши, криосферу и биоту), описанный в терминах средних значений физических величин, характеризующих изменчивость погоды во временной шкале от нескольких месяцев до тысячи лет и более [1]. Исходя из определения понятия климата, следует отметить, что оно дано в контексте определенного региона планеты. Я хотел бы остановиться на современной научной формулировке концепции глобального климата Земли, которая подразумевает так называемый «ансамбль» состояний, через которые климатическая система Земли проходит за период в несколько десятилетий.

Климат изучает раздел метеорологии – климатология. Одним из первых на климатическое районирование обратил внимание испанский

географ Хосе де Акоста. Он заметил, что распределение тепла зависит от географической широты. Географическая широта – один из основных факторов, влияющих на формирование климата. Количество тепла, которое получает земная поверхность, зависит от угла падения солнечных лучей. Она уменьшается от экватора к полюсам, поэтому экваториальные широты получают больше солнечного тепла, чем полярные. Все жизненные процессы на Земле, а также другие климатические показатели – давление, облачность, осадки, атмосферная циркуляция и др., напрямую зависят от количества тепла.

Циркуляция атмосферы – фактор, определяющий движение воздушных масс как по вертикали, так и по земной поверхности. За счет этого осуществляется межширотный воздухообмен, а также его перераспределение с поверхности в верхние слои атмосферы и наоборот. Воздушные массы несут облака, что определяет количество осадков; они в значительной степени перераспределяют давление, температуру и влажность воздуха и образуют ветры. Из-за разного количества испарений над океаном формируется влажный морской климат, а над сушей – сухой и резкий континентальный климат. Преобладающие ветры переносят сухой или влажный воздух. Влажность климата зависит от того, какие ветры преобладают на данной территории.

Рельеф и высота над уровнем моря. Рельеф – фактор, качественно меняющий влияние первых двух климатообразующих факторов. Горные возвышенности и хребты имеют определенный температурный режим и режим осадков в зависимости от экспозиции, ориентации склонов и высоты хребтов. Они могут отражать большое количество солнечной энергии, создавать обширные затененные горные районы, а самые высокие вершины, находящиеся в тысячах метров от равнины, получают меньше солнечной энергии и часто круглый год покрыты льдом и снежными полями. Горы служат механическими преградами для движения воздушных масс и фронтов, в некоторых случаях являются границами климатических

регионов, иногда изменяют характер атмосферы или исключают возможность воздухообмена. На поверхности Земли есть много регионов, где из-за этого либо выпадает много осадков, либо их мало.

Равнины создают благоприятные условия для движения воздушных масс. К тому же, чем выше территория, тем холоднее там воздух. Влияние плоских поверхностей суши и поверхности Мирового океана отражается в том, что они практически не искажают прямого воздействия первых двух климатообразующих факторов, получая количество тепла, соответствующее широте и без искажающие направление и скорость движения воздушных масс. Помимо основных факторов, существуют факторы, которые оказывают существенное влияние на климат определенных (часто больших) территорий. В частности, распределение суши и моря и удаленность территории от морей и океанов. Земля и море нагреваются и охлаждаются по-разному. Морские воздушные массы значительно отличаются от континентальных воздушных масс, но по мере продвижения внутрь континентов они меняют свои свойства. Поэтому на одной и той же широте наблюдаются существенные различия температурного режима и распределения осадков [2].

1.2 Климатические пояса планеты.

Территории Земли, различающиеся температурой и влажностью, количеством и частотой выпадения осадков, можно разделить на условные зоны. Эти зоны называются климатическими зонами. Так, Борис Алисов разработал климатологическое районирование: именно он выделил климатические зоны и их подтипы. Согласно принятой в России классификации, в каждом полушарии Земли выделяют четыре основных климатических пояса в зависимости от преобладающих воздушных масс.

Названия поясов соответствуют их географическому положению: экваториальный, тропический, умеренный и полярный.

Поскольку Солнце нагревает полушария неравномерно, границы климатических поясов смещаются в зависимости от сезона. В результате образуются территории, на которые действуют более холодные, а иногда и более теплые воздушные массы. Климат на такой территории называют переходным. Названия переходных зон имеют латинский префикс «sub» («под»): субэкваториальный, субтропический, субарктический и субантарктический.

Теперь давайте посмотрим на рисунок 1.1 и проанализируем каждый тип климата в отдельности.



Рисунок 1.1 Расположение климатических поясов на планете.

В экваториальной климатической зоне сезоны не ярко выражены. круглый год температура держится на уровне от +24 до +28 °C, влажность воздуха очень высокая (80–90%), днем идут дожди, часто с грозами.

На континентах этого пояса растут густые вечнозеленые леса с невероятным разнообразием видов – более 3000 различных растений.

Субэкваториальный тип климата широко распространен к югу и северу от экватора. Выше континентов границы субэкваториального пояса шире. В этом поясе выражены два сезона в году: летний сезон дождей, когда муссоны приносят теплый и влажный воздух с экватора, и сухой зимний сезон, когда с континентов дуют сухие тропические ветры. В результате летом влажность воздуха составляет 80%. Зимой она падает вдвое, а осадков почти нет. В зависимости от сезона и близости к океану средняя температура колеблется от +22 до +35 °С.

Тропический пояс протянулся сплошной полосой в Южном полушарии, а в Северном прерывается над Индостаном и Индокитаем – территорией субэкваториального пояса.

Сезонные изменения температуры более выражены в тропиках, чем на экваторе. В континентальных регионах она может достигать от 0 °С зимой до +40 °С летом. Из-за высокого атмосферного давления здесь редко идут дожди. Поэтому в основном природа тропических зон – это пустыни и полупустыни с относительно бедной флорой и фауной.

В прибрежных тропических регионах климат более мягкий, там выпадает больше осадков, очень часто наблюдается туман. Такие территории покрыты тропическими лесами.

Субтропические пояса формируются под влиянием сезонных изменений тропических и умеренных воздушных масс. Летом тропические ветры приносят сухую и жаркую погоду, а зимой влажные и прохладные ветры дуют из умеренной зоны.

В этой климатической зоне четыре типа климата:

Средиземноморье – считается наиболее комфортным для человека: не слишком жаркое лето (+22-27 °С) и теплая зима (до +10 °С). Большая часть осадков выпадает зимой. Такой климат характерен для всего

средиземноморского побережья, юго-западного побережья Австралии и тихоокеанского побережья Северной Америки.

Континентальный – распространен в Северной Америке и Средней Азии, а также здесь, в Якутии. Температура воздуха летом около 30 °С, а зимой может опускаться ниже нуля. Уровень влажности резко меняется в зависимости от сезона – 30-40% летом и до 70% зимой. Зимой иногда идет снег, но ненадолго. Из-за низкой влажности почвы в этом климате преобладают степи и полупустыни.

Муссонный климат характерен для восточного побережья Азии. Лето здесь жаркое и влажное (до + 25 °С), а зима умеренная (от 0 до + 8 °С). Зимы прохладные и относительно сухие, так как сезон дождей приносит с материка холодный воздух. В конце лета и в начале осени часто случаются тайфуны – разрушительные ураганные ветры. В этой климатической зоне преобладают влажные бамбуковые леса, рис, чай и хлопок.

Океанический – над океанами в субтропиках летом в основном бывает сухая и немного пасмурная погода, но зимой циклоны вызывают сильные дожди и штормы. В восточных частях Мирового океана из-за холодных течений лето прохладнее, чем в западных. Зимой, напротив, температуры на западе ниже, чем на востоке. В среднем температура воздуха над океанами в субтропической зоне составляет + 15–25 °С летом и + 5–15 °С зимой.

На погоду умеренных широт влияют умеренные воздушные массы, но периодически сюда вторгаются арктические и тропические. Умеренные зоны имеют четыре различных сезона.

По мере удаления от океана влажность воздуха уменьшается, а амплитуда годовых температур увеличивается. В умеренном поясе выделяют пять климатических регионов:

Умеренно-континентальный – сформировался вдали от океана. Воздушные массы, достигающие этих территорий, теряют большую часть влаги, поэтому осадки в таком климате редки. Это один из самых

устойчивых типов климата в умеренном поясе: летом температура колеблется от +12 до +24 °С. Зимой - от -4 до -24 °С.

Умеренный муссонный климат на восточном побережье Азии – влажное дождливое лето (около +20 °С) и суровые засушливые зимы (до -25 °С). Для этого климата характерны хвойные и смешанные леса.

Умеренный морской климат западных побережий формируется теплыми океанскими течениями. Диапазон температур здесь намного меньше, чем в глубине континентов – от +12 до +16 °С летом и от 0 до +6 °С зимой. Максимум осадков выпадает летом. В прибрежных зонах умеренного климата преобладают широколиственные леса.

Над океанами в умеренной зоне перепады атмосферного давления порождают мощные циклоны. В Южном полушарии «ревушие» океанические сороковые широты являются зоной непрекращающихся штормов и постоянных дождей.

Континентальный климат – формируется на участках материков, недоступных для океанических воздушных масс. В этом типе климата наблюдаются значительные изменения годовых температур – от +30 °С летом до -45 °С зимой. Влажность воздуха очень низкая, осадки выпадают редко.

Резко континентальный климат еще более сухой и суровый, со слабыми ветрами и небольшим количеством осадков. В районах с резко континентальным климатом бывает продолжительная и холодная зима (до -65 °С) и короткое лето с температурами не выше +25–30 °С. Этот тип климата характерен для Центральной и Восточной Сибири, а также для Республики Саха (Якутия), расположенной в северо-восточной части Сибири.

К северу от умеренных поясов находятся субарктический и субантарктический пояса. Лето здесь короткое и холодное – благодаря воздушным массам из умеренных зон воздух прогревается максимум до +5 °С. Зимой на полюсах холода термометры показывают -71 °С.

Средняя зимняя температура составляет $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Большая часть приполярных территорий покрыта тундрой и вечной мерзлотой. Земля покрыта снегом до девяти месяцев в году.

Над Южным и Северным полярными кругами преобладают холодные ветры. Снег и лед хорошо отражают солнечные лучи, поэтому земля не прогревается, а осадки выпадают крайне редко. Даже летом, когда солнце не уходит за горизонт, температура не поднимается выше $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Средняя температура летом в Антарктиде составляет $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, зимой $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Абсолютный минимум температуры на Земле зафиксирован в Антарктиде и составляет $-89,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1.3 Изменение климата.

Климат постоянно меняется. Это изменение происходит медленно и может быть заметно только через десятки, сотни, тысячи или миллионы лет. Например, 100 лет назад средняя температура на нашей планете была на $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже.

По масштабу климат делится на два основных типа:

- 1) местный;
- 2) глобальный.

Совокупность атмосферных условий в течение длительного периода, характерного для данной местности, в зависимости от ее географического положения, является местным климатом. В примере со средней температурой на планете мы говорим о глобальном климате.

Также интересно, что скорость изменения климата быстро увеличилась за последние 150 лет. На протяжении многих периодов жизни планеты климат претерпевал определенные изменения. Они произошли и происходят из-за деятельности различных естественных причин, которые могут изменяться, в том числе: дрейф континентов и влияние океанических

течений; солнечная активность; смещение орбиты Земли; вулканическая активность, меняющая состав атмосферы и ее прозрачность; альbedo Земли; тепло хранится в глубинах океана [3]. Анализируя факторы естественного изменения климата, хочу обратить ваше внимание на следующий факт: в конце XX века проблема глобального потепления вызвала большой общественный резонанс. В этом контексте важно понимать, как антропогенные факторы связаны с природными процессами. Но сначала рассмотрим естественные факторы изменения климата.

Главное природное явление, являющееся естественным загрязнителем атмосферы – извержения вулканов, это колоссальные по силе природные явления, перед которыми человечество было и остается бессильно долгое время. В масштабе нескольких лет извержения вулканов могут сыграть важную роль в похолодании климата. Механизм этого воздействия на климат хорошо известен. Во время извержения выбрасываются огромные массы аэрозолей – взвешенных частиц, которые разносятся тропосферными и стратосферными ветрами и поглощают часть солнечной радиации, и это главный эффект вулканизма в данном контексте.

Примеров конкретных извержений очень много, и мы можем ограничиться самыми известными. Извержение вулкана Санторини в Средиземном море около 1600 г. до н. э. Геологи считают, что вулкан взорвался с силой, эквивалентной силе нескольких сотен атомных бомб. Также следует отметить, что вулкан спровоцировал сильнейшее цунами, а огромный выброс диоксида серы в атмосферу вызвал впоследствии глобальное понижение температуры и в целом изменение климата [4].

И таких примеров очень много, извержения вулканов влияют на изменение климата, похолодание, повышение влажности.

Обобщая анализ воздействия катастрофических извержений вулканов на климат, необходимо констатировать, что, во-первых, оно может быть значительным, а, во-вторых, относительно кратковременным. Как уже отмечалось, солнечная активность влияет на глобальный климат,

в частности, на снижение солнечной активности. Современный прогноз солнечных вспышек основан на анализе магнитных полей Солнца. Однако магнитная структура Солнца настолько нестабильна, что в настоящее время невозможно предсказать вспышку даже на неделю вперед. Вспышка радиации, достигающая Земли, вызывает сильные возмущения ее магнитного поля, нарушает работу спутников и даже затрагивает объекты, расположенные на планете. Из-за возмущений магнитного поля Земли увеличивается вероятность появления полярных сияний на низких широтах, что является аномальным явлением [3, 15].

Следующий вопрос, который кажется очень важным, касается цикличности солнечной активности, что означает периодические изменения солнечной активности. На климат Земли также влияет космическое излучение.

Помимо естественных причин, люди вносят свой вклад в изменение климата Земли. Вырубка лесов, добыча полезных ископаемых и другие виды деятельности меняют поверхность нашей планеты. Те же леса в долине Амазонки в Южной Америке вырубают огромными темпами. Итак, климат нашей планеты также зависит от типа поверхности. По данным спутниковых исследований, за последние 30 лет площадь арктических льдов уменьшилась более чем на 2 млн км². Это говорит о том, что глобальный климат Земли становится теплее. Повышение среднегодовой температуры ученые связывают с усилением парникового эффекта, вызванного сжиганием топлива на основе нефти и газа, а также вырубкой лесов. Таяние льда приводит к повышению уровня Мирового океана. Эксперты опасаются, что, если не будут приняты меры уровень моря может повыситься, так что к концу 21 века многие районы, населенные людьми, будут затоплены.

В связи с этим необходимо внимательно следить за изменением климата, проводить необходимые расчеты, строить модели, чтобы понимать, как он меняется.

1.4 Климат Республики Саха (Якутия).

Республика Саха (Якутия) является самым крупным субъектом Российской Федерации, входит в состав Дальневосточного федерального округа. Соседствует на востоке с Чукотским автономным округом и Магаданской областью, на юго-востоке с Хабаровским краем, на юге с Амурской областью и Забайкальским краем, на юго-западе с Иркутской областью, на западе с Красноярским краем. Северное побережье Республики Саха омывается морем Лаптевых и Восточно-Сибирским морем. Столицей республики является город Якутск. Также, к крупным городам можно отнести – Нерюнгри, Мирный, Ленск, Алдан, Айхал, Удачный, Вилюйск. Площадь Якутии составляет три миллиона квадратных километров. Более 40% территории республики расположено за Полярным кругом, что делает ее климат достаточно суровым. Протяженность с запада на восток – 2000 км, с севера на юг – 2500 км. Большую часть территории занимают горы и плато, самая высокая точка – гора Победа (3700 метров). В Якутии более 700 тысяч рек и более 800 тысяч озер. Общая длина всех рек превышает два миллиона километров, а крупнейшие реки – Лена, Вилюй, Оленек, Алдан и Калима. Также на территории республики есть крупные озера Бустах и Лабынкыр.

Климат Республики Саха (Якутия) субарктический, резко континентальный. Вся территория республики относится к районам Крайнего Севера. Резко континентальный климат характеризуется долгой зимой и коротким летом. Диапазон средних температур января и июля превышает 90 градусов по Цельсию. В Якутии есть два самых холодных населенных пункта в мире – Оймякон и Верхоянск, которые составляют так называемый «полюс холода» Северного полушария. Минимальная температура зимой -72 градуса по Цельсию. Практически вся территория Якутии находится в зоне вечной мерзлоты, которая имеет самую большую мощность в мире [5].

Зима в Якутии начинается в начале октября и длится семь месяцев. Якутская зима отличается малоснежностью и очень холодной погодой. В октябре дневные температуры воздуха немного отрицательны (-5 ..- 8 градусов), но ночью заморозки усиливаются. Ноябрь – это уже настоящий зимний месяц: температура в первые дни резко падает до -20 градусов, а в последней декаде месяца уже не поднимается выше -30 градусов. В населенных пунктах часто возникают ледяные туманы, причиной которых являются выбросы в атмосферу в результате деятельности человека (сжигание топлива, отопление и т.д.). В декабре среднесуточная температура воздуха составляет около -40 градусов. На севере региона за Полярным кругом наступают полярные ночи. Зимой воздух над территорией Якутии сильно охлаждается, что способствует образованию области повышенного давления, называемой сибирским антициклоном. Самый холодный зимний месяц в Якутии – январь, со средней температурой -45 градусов. Минимальные температуры могут опускаться до -60 ..- 65 градусов, а в районах Оймякона и Верхоянска – до -70 градусов. На арктическом побережье самый холодный зимний месяц – февраль, со средней дневной температурой -45 ...- 50 градусов. Март – зимний месяц, но температура поднимается медленно и к середине месяца превышает -20 градусов. Апрель – последний месяц зимы на большей части территории Якутии. Среднесуточная температура в апреле около -10 градусов, а к концу месяца становится положительной, начинается таяние снега, затем наступает весна.

Весна в Якутии обычно начинается в начале мая и отличается солнечной погодой. В начале месяца интенсивно тает снег, на реках начинается ледоход, а затем паводки. К середине мая среднесуточная температура превышает +5 градусов, а после 20-го уже выше +20 градусов. При этом по-прежнему часты морозы по ночам.

Лето в Якутии начинается в середине июня. Лето короткое, с очень жаркой погодой. Для летней погоды характерны сильные суточные

колебания температуры: дневная жара сменяется ночной прохладой. В тундре и на арктическом побережье безморозный период составляет всего 1-2 месяца, а на островах он вообще отсутствует. Самый теплый месяц лета – июль, когда дневная температура в центральной части Якутии может превышать +30 градусов. Летом часты туманы, особенно в прибрежных районах и на арктических островах. Наибольшее количество осадков выпадает в июле – августе.

Осень в Якутии начинается примерно в середине августа, когда дневная температура опускается ниже +15 градусов. На фоне стремительного похолодания в последние дни месяца возможны первые снегопады, а температура в начале сентября уже опускается ниже +10 градусов. Погода в сентябре ненастная: продолжительные морозящие дожди быстро сменяются снегопадами, в начале октября большинство рек замерзают. Температура становится отрицательной, образуется устойчивый снежный покров, начинается долгая холодная зима.

Осадки распределяются по территории республики неравномерно. Наименьшее количество наблюдается на арктическом побережье, а максимальное – в горах, а на холодный период приходится около 25%, а с апреля по октябрь – около 75%. Максимум осадков приходится на июль – август. Из-за засушливой погоды зимой снежный покров на всей территории республики имеет небольшую толщину [6].

Климат Якутска резко континентальный. Якутск – самый контрастный по температуре город в мире. Самый холодный месяц – январь, со средней температурой воздуха -39 градусов. Зима длится с октября по апрель, весна и осень очень короткие. Лето в Якутске отличается жаркой погодой и относительно небольшим количеством осадков. Средняя температура июля +20 градусов. Годовое количество осадков в Якутске не превышает 240 мм, самый сухой период – с декабря по апрель, максимум – в июле и августе.

2. Циркуляция атмосферы.

2.1 Общее понятие циркуляции атмосферы.

Циркуляция атмосферы представляет собой совокупность крупномасштабных воздушных потоков в тропосфере и стратосфере. Благодаря чему происходит обмен воздушными массами, что способствует перераспределению тепла и влаги.

Общая циркуляция атмосферы – это движение воздуха над земным шаром, благодаря действию силы барического градиента происходит перенос воздушных масс из низких широт в высокие. Общая циркуляция атмосферы определяется зонами высокого атмосферного давления в приполярных регионах и тропических широтах, а также зонами низкого давления в умеренных и экваториальных широтах. Движение воздушных масс осуществляется в широтном и меридиональном направлениях. В тропосфере атмосферная циркуляция включает пассаты, западные воздушные течения умеренных широт, муссоны, циклоны и антициклоны [7].

В стратосфере западные переносы воздуха с наложенными на них длинными волнами могут осуществлять перенос тепла и влаги из одной области в другую.

Причинами движения воздушных масс являются неравномерное распределение атмосферного давления, нагрев Солнцем поверхности суши, водного пространства, льда, а также отклоняющее влияние на воздушные потоки вращения Земли.

Для этого рассмотрим основные закономерности атмосферной циркуляции. В нижней стратосфере струйные потоки воздуха в умеренных и субтропических широтах преимущественно западные, а в тропических – восточные и движутся со скоростью до 150 метров в секунду относительно земной поверхности [8].

В нижней тропосфере преобладающие направления воздушного переноса различаются по географическим зонам. В полярных широтах восточные ветры; в умеренных – западный перенос с частым возмущением, циклонами и антициклонами, наиболее устойчивыми можно определить пассаты и муссоны в тропических широтах. Из-за разнообразия рельефа местности в форме общей циркуляции атмосферы появляются региональные отклонения, которые называют местными ветрами.

К факторам, определяющим общую циркуляцию атмосферы, можно отнести:

- неравномерное распределение солнечной энергии по поверхности земли, приводящее к разному распределению температуры и атмосферного давления;

- силы Кориолиса и трения, под действием которых воздушные потоки приобретают широтное направление;

- влияние подстилающей поверхности, т.е. наличие континентов и океанов, неоднородность рельефа и др.

Распределение воздушных потоков на земной поверхности зонально. В экваториальных широтах можно наблюдать штиль или слабый постоянно меняющийся ветер. В тропической зоне преобладают пассаты. Пассаты – это постоянные ветры, дующие с тридцатых широт до экватора, имеющие северо-восточное направление в северном полушарии и юго-восточное в южном полушарии. В умеренных широтах преобладают западные ветры. В полярных широтах дуют восточные ветры [9].

Система ветров над земной поверхностью имеет более сложное представление, чем мы описали. В субтропическом поясе, во многих районах, пассатный перенос нарушается летними муссонами. В умеренных и субполярных широтах циклоны и антициклоны оказывают огромное влияние на воздушные течения и муссоны на восточных и северных побережьях. Вдобавок, на определенных участках земной поверхности образуются местные ветры, обуславливающиеся особенностями рельефа.

2.2 Циклоны и антициклоны.

Атмосфера характеризуется различными вихревыми движениями, крупнейшими из которых являются циклоны и антициклоны.

Циклон – это восходящий атмосферный вихрь с пониженным давлением в центре (рис. 2.1) и системой ветров от периферии к центру, направленных против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой стрелке в южном полушарии. Циклоны можно разделить на тропические и внетропические.

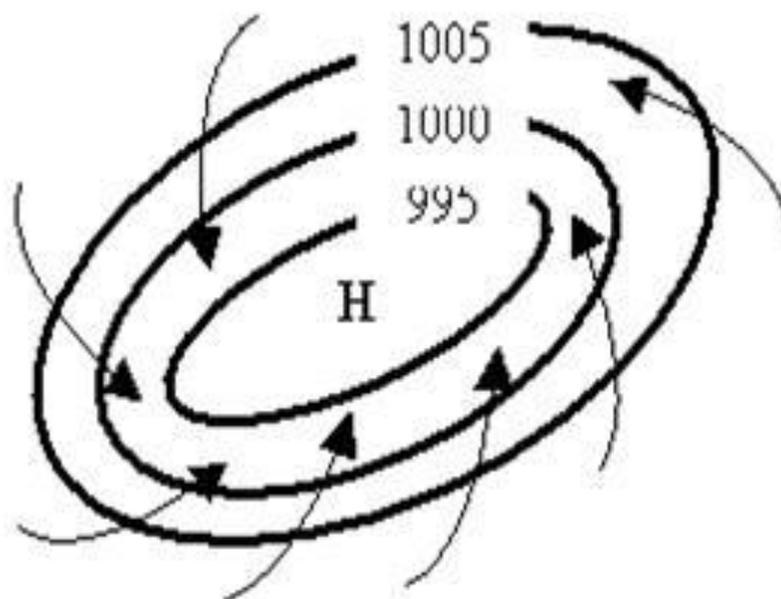
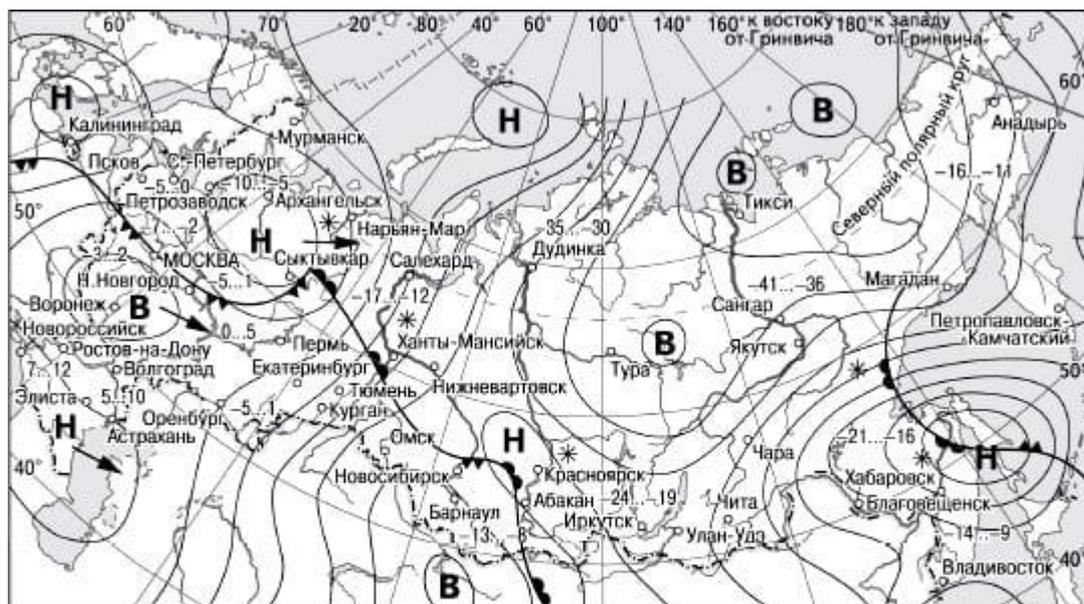


Рисунок 2.1. Пример линий тока в циклоне.

В циклоне дуют сильные ветры, обычно до 10-15 м/с, но могут достигать 30 м/с и более. Средняя скорость циклона составляет 30-50 км/ч. Чаще всего циклоны движутся с запада на восток (рис. 2.2), но иногда с севера, юга и даже с востока. Зона, где происходит наибольшее повторение циклонов является восьмидесятая широта северного полушария. Циклоны могут сопровождаться обильными осадками, сильной облачностью и ветреной погодой, летом, при наступлении циклона происходит похолодание, а зимой – потепление [10].



- | | | | |
|----------|---|-----------------------|------------------|
| В | Область высокого атмосферного давления | Антициклон - В | "высокий" |
| Н | Область низкого атмосферного давления | Циклон - Н | "низкий" |
| → | Направление перемещения циклонов и антициклонов | | |

Рисунок 2.2 Перемещения циклонов и антициклонов над территорией России.

Антициклон – это нисходящий атмосферный вихрь с повышенным давлением в центре с системой ветров от центра к периферии (рис. 2.3), направленных по часовой стрелке в северном полушарии и против часовой стрелки в южном полушарии.

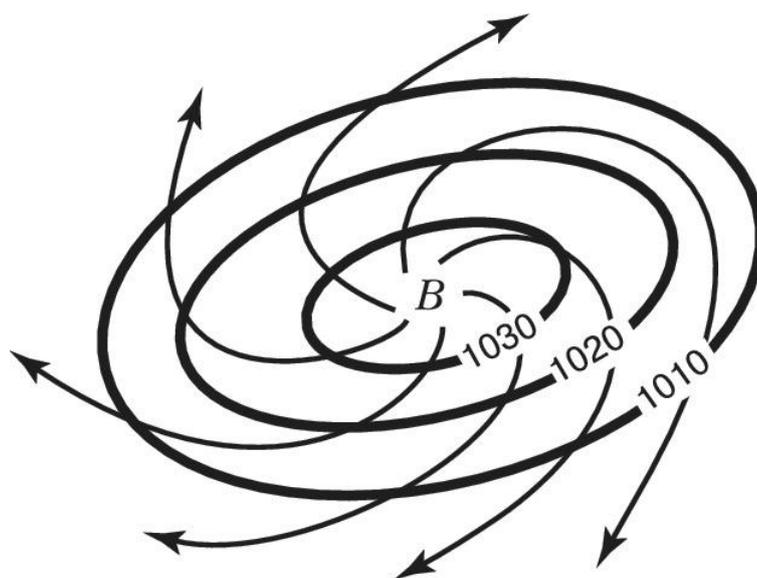


Рисунок 2.3 Антициклоническая циркуляция.

Размеры антициклонов такие же, как у циклонов, но на более позднем этапе развития они могут достигать до 4000 км в диаметре. Атмосферное давление в центре антициклонов обычно составляет 1020-1030 гПа. Наибольшую повторяемость антициклонов можно наблюдать над субтропическими поясами. Для антициклонов характерна сухая, малооблачная погода без осадков, со слабыми ветрами в центре, антициклоны зимой сопровождаются сильными морозами, летом приносят жаркую погоду [10,11].

2.3 Ветры, влияющие на общую циркуляцию атмосферы.

Муссоны – сезонные ветры, которые меняют направление два раза в год. Летом дуют с океана на сушу, зимой – с суши на океан. Причиной образования служит неравномерный прогрев земли и воды по сезонам года.

В зависимости от зоны формирования муссоны делятся на тропические и внетропические.

Особенно ярко внетропические муссоны проявляются в восточной части Евразии. На рисунке 2.4 мы видим, что летний муссон приносит влагу и прохладу из океана, зимний муссон дует с материка, понижая температуру и влажность.

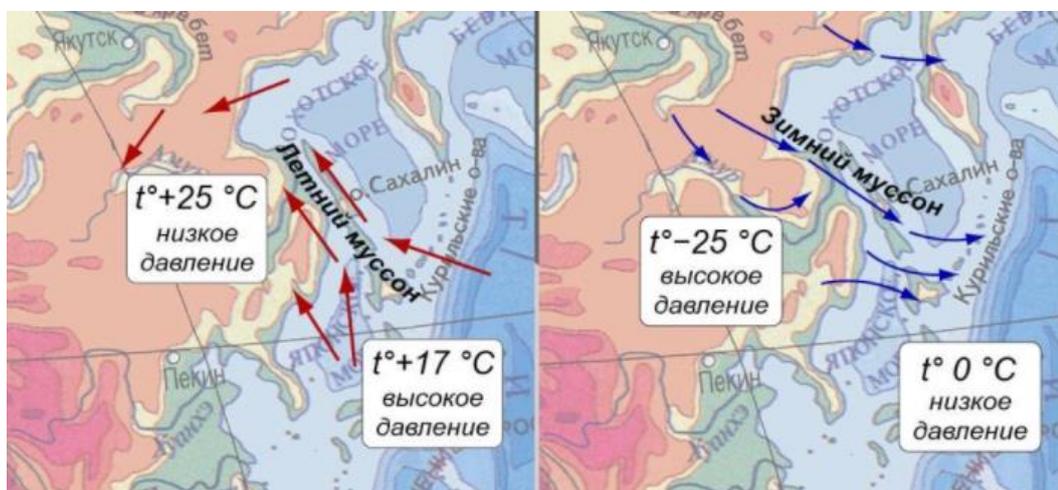


Рисунок 2.4 Карта образования муссонов в восточной части Евразии.

Тропические муссоны наиболее выражены в бассейне Индийского океана. Летний муссон дует с экватора, является противоположным пассатом и влечет за собой облачность и осадки, смягчая летний зной. Зимний муссон не только совпадает с пассатом, но и усиливает его.

Местные ветры имеют локальное распространение, их формирование связано непосредственно с особенностями данной территории, а именно с близостью водоемов и характером рельефа. К местным, наиболее распространены ветрам относят бризы, бора, фен и другие [12].

Бриз – ветер, распространяющийся по берегам морей, больших озер и рек, дважды в день меняет свое направление на противоположное: днем дует с водоема на сушу, а ночной – с берега на водоем. Бризы возникают благодаря ежедневным колебаниям температуры и давления над сушей и водой. Они расположены в слое воздуха 1-2 км. Скорость их невысока и составляет 3-5 м/с. Очень сильный дневной морской бриз наблюдается на западных пустынных побережьях материков в тропических широтах, омываемых холодными течениями и холодной водой.

Явления, похожие на дневной морской бриз, можно наблюдать на окраинах крупных городов, где циркулирует более холодный воздух из пригородов в центр, так как над городами круглый год есть «горячие точки».

Фен – это теплый сухой порывистый ветер, дующий с гор в долины или предгорья. С феном температура у подножия подветренной стороны гор за несколько часов может подняться на десятки градусов, а относительная влажность может измениться на 10-20%. Продолжительность деятельности фенов может достигать от нескольких часов до нескольких дней.

Фен оказывает значительное влияние на климат, особенно если его воздействие интенсивное и продолжительное. В местах, где постоянно можно наблюдать фены, фиксируется аномально высокая температура воздуха. Действие фена может привести к сходу лавин, быстрому таянию

снега в горах и затоплению горных рек последствиями таяния снега и ледников.

Бора – это сильный холодный порывистый воздух, дующий с невысоких гор в сторону относительно теплого моря. Хорошо изучен на Черном море в районе города Новороссийск. Данный ветер можно наблюдать зимой с ноября по март, когда холодный фронт приближается с северо-востока, а сильный холодный ветер несется по горному склону и приобретает скорость более 20 м/с., что приводит к разрушению на суше [13].

2.4 Схема общей циркуляции атмосферы.

Простейшая схема глобальной атмосферной циркуляции была составлена более 200 лет назад. Ее основные положения не утратили своего значения до сих пор.

Вращение Земли отклоняет движущиеся массы в северном полушарии вправо, а в южном - влево. Воздух, расположенный на определенных широтах, тянется уже не на север, а на северо-восток. Скопление воздуха в районе тридцати градусов широты приводит к образованию над поверхностью Земли пояса повышенного давления. От этого пояса воздух распространяется в обоих направлениях, подвергаясь действию отклоняющей силы вращения Земли, то есть силы Кориолиса. Некоторые воздушные массы остывая поворачиваются обратно к экватору замыкая второе кольцо атмосферной циркуляции, в результате чего мы наблюдаем кольцо пассатов [14].

Остальные массы воздуха уходят дальше на север, но сила Кориолиса отклоняя их вправо формирует систему юго-западных и западных ветров, которые преобладают в умеренных широтах. А у полюса воздух, остывая, спускается и распространяется на юг. Воздушные массы двигаясь с востока

на запад и встречаясь с воздухом умеренных широт поднимаются, таким образом мы можем наблюдать замыкание третьего кольца воздушных масс.

Данный пример показывает упрощенную картину планетарной циркуляции. Из представленной схемы мы можем наблюдать три замкнутых кольца, но в природе эти кольца соединены в единый механизм. Экваториальный воздух иногда прорывается через кольцо пассата и достигает полюса.

Таким образом, муссонное колесо также попадает в сложный воздушный цикл, который вращается в разных направлениях в зависимости от времени года [15].

В заключение можно сказать, что общая циркуляция атмосферы – это совокупность крупномасштабных движений воздушных масс в тропосфере и стратосфере.

Для изучения общей циркуляции атмосферы используются 3 основных подхода: гидродинамический, синоптический и статистический. Каждый подход важен для раскрытия существенных особенностей развития макрометеорологических процессов.

В последнее время гидродинамические модели атмосферы позволили повысить эффективность краткосрочных и среднесрочных прогнозов синоптического положения и погоды. Системы уравнений гидродинамики позволяют эффективно прогнозировать состояние атмосферы на 5-10 дней.

В синоптических методах долгосрочного прогнозирования погоды для изучения атмосферных макропроцессов используются карты погоды и карты барической топографии, а также ряд специализированных карт, отражающих структуру термобарического поля и характер атмосферной циркуляции.

Чтобы определить наиболее общие и устойчивые особенности атмосферной циркуляции используется усреднение многолетних наблюдений за атмосферным давлением и ветром на различных уровнях атмосферы. При таком усреднении колебания атмосферной циркуляции,

связанные с циклонической активностью, в большей степени взаимно компенсируются. Также, суточные изменения режима атмосферной циркуляции можно изучить, используя синоптические наземные и высотные карты. Что позволяет различать типы атмосферной циркуляции, а также их повторяемость.

Теоретическое изучение атмосферной циркуляции сводится к выявлению и объяснению ее особенностей посредством численного эксперимента, то есть численного интегрирования во времени соответствующих систем уравнений гидродинамики и термодинамики атмосферы. Как эмпирическое исследование общей циркуляции атмосферы, так и ее математическое моделирование важны для решения задач долгосрочного прогнозирования погоды [16].

3. Анализ условий формирования значительных суточных колебаний температуры воздуха в холодное полугодие на территории Республики Саха (Якутия).

3.1 Постановка цели и задачи.

Исследование условий формирования резких перепадов среднесуточных температур на территории Республики Саха (Якутия) является актуальной задачей для современного динамично меняющегося климата планеты.

Резкие перепады температуры воздуха в смежных сутках могут приводить к таким метеорологическим явлениям, как инверсионные туманы, гололедно-изморозевые отложения, а в данной работе целью является анализ синоптических условий формирования дней с высокой межсуточной изменчивостью температуры воздуха в районе Республики Саха (Якутия). Для решения поставленной цели необходимо получить архивы данных для климатических исследований, которые мы взяли из базы данных Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (ВНИИГМИ-МЦД) за 60 лет, с 1960 по 2020 годы на 7 метеорологических станциях республики (Якутск, Верхоянск, Вилюйск, Оймякон, Мирный, Чульман, Алдан). Регион исследования представлен на рисунке 3.1.

Республика Саха (Якутия) расположена на северо-востоке России, входит в состав Дальневосточного федерального округа. Является самым крупным субъектом Российской Федерации. Сухопутно границы республики соседствуют с Чукотским, Таймырским и Эвенкийским автономными округами, а также Магаданской, Амурской, Читинской, Иркутской областями и Хабаровским краем. На севере республику омывает Восточно-Сибирское море и море Лаптевых. Крупнейшими реками Якутии считаются, Лена, Вилюй, Оленек, Алдан, Колыма, Индигирка, Олекма,

Анабар и Яна. Более 40% территории республики расположено за полярным кругом, что делает климат данной территории достаточно суровым.



Рисунок 3.1 Физическая карта Республики Саха (Якутия).

В работе предполагается проанализировать изменения месячных температур воздуха за период с 1960 по 2020, и температуру холодного полугодия исследуемого периода.

Также представляется необходимым выявить дни с высокой межсуточной изменчивостью температуры воздуха и сопоставить их с синоптическими картами. В работе использовались карты погоды, построенные с помощью данных реанализа модели GFSR, синоптические карты из архива кафедры Метеорологических прогнозов РГГМУ «НПК Оскар», а также карты Национального управления по авиации

и исследованию космического пространства Центра космических полетов Годдарда.

3.2 Анализ термического режима холодного полугодия Республики Саха (Якутия).

В ходе работы над бакалаврским проектом был собран архив по среднесуточным температурам воздуха за период с 1960 по 2020 годы в 7 исследуемых пунктах: Якутск, Верхоянск, Вилюйск, Оймякон, Мирный, Чульман и Алдан.

В процессе выполнения научно-исследовательской работы были рассчитаны и проанализированы средние температуры холодного полугодия в выбранных пунктах. На рисунке 3.2 представлено пространственное распределение осредненной за весь период исследования температуры воздуха в холодное полугодие, построенное с помощью программы ГИС MapInfProfessional.

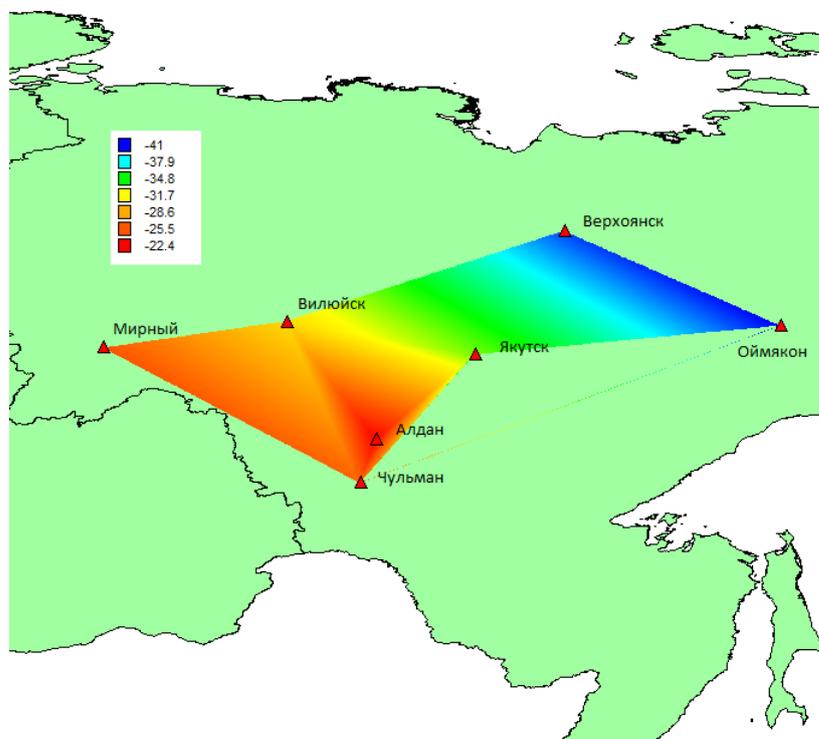
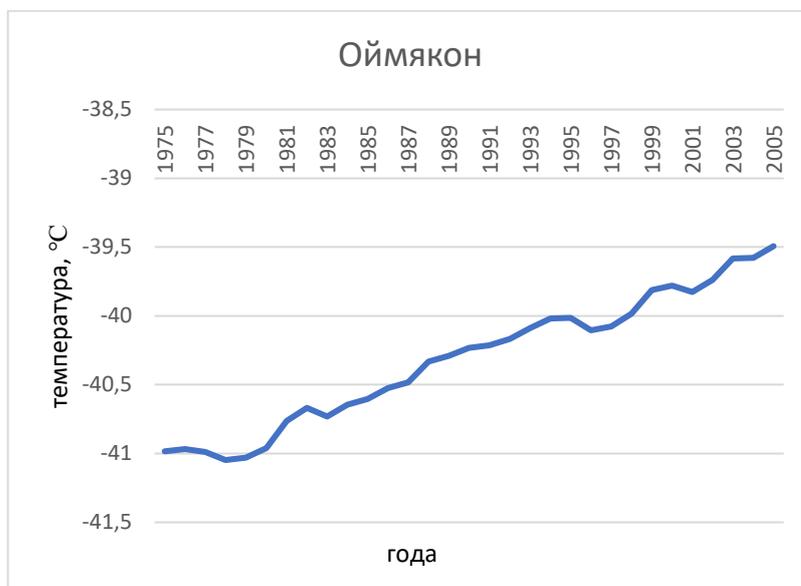


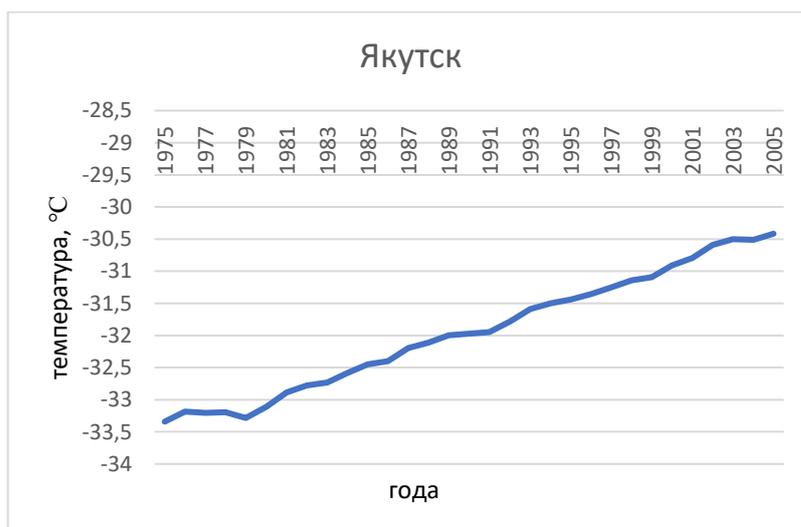
Рисунок 3.2 Пространственное распределение средней температуры воздуха холодного полугодия за период с 1960 по 2020 гг. на исследуемых станциях.

В результате анализа пространственного распределения средней температуры холодного полугодия необходимо отметить, что исследуемую территорию можно разделить на две области – с относительно высокими температурами, до изотермы Вилюйск – Якутск ($-32,0\text{ }^{\circ}\text{C}$), и областью холода, с температурами ниже $-32,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На рисунке 3.3 представлен ход температуры воздуха холодного полугодия на станции Оймякон и Якутск.



а



б

Рисунок 3.3 Температура холодного полугодия ст. Оймякон (а) и Якутск (б) за период с 1960 - 2020 гг. Скользящее среднее. Окно осреднения 30 лет.

Сравнение тем интересно, что Якутск является центральной точкой республики, а станция Оймякон является полюсом холода Северного полушария планеты и расположена на востоке Республики Саха (Якутия). На обеих станциях наблюдается повышение температуры воздуха. Данные по всем выбранным пунктам представлены в таблице 1. В Якутске можно отметить повышение температуры холодного полугодия на 2,9 °С, в Оймяконе на 1,5 °С.

Таблица 1

Средняя температура воздуха холодного полугодия на территории Якутии.

станция период	Якутск	Верхоянск	Мирный	Вилуйск	Оймякон	Чульман	Алдан
1960-1989	-33,3 °С	-40,1 °С	-25,4 °С	-30,4 °С	-41,0 °С	-26,0 °С	-22,4°С
1990-2020	-30,4 °С	-38,7 °С	-24,4 °С	-28,5 °С	-39,5 °С	-24,2 °С	-21,8°С
изменение	2,9 °С	1,4 °С	1,0 °С	1,9 °С	1,5 °С	1,8 °С	0,6 °С

Наибольший рост температуры воздуха за холодный период происходит в центральной части Республики Саха (Якутия), а наименьший на юге рассматриваемой территории, в Алдане на 0,6 °С.

Для пространственного распределения изменений температуры воздуха за холодный период с 1960 по 2020 гг. в работе была использована программа ГИС MapInfo Professional. Данное программное обеспечение представляет собой развитую систему пространственной картографии, которая позволяет решать задачи географического анализа и используется при анализе климатических данных различных областей. В данной работе с помощью программы ГИС MapInfo Professional были обработаны изменения температуры холодного полугодия на территории Республики Саха (Якутия) и представлены на рисунке 3.4.

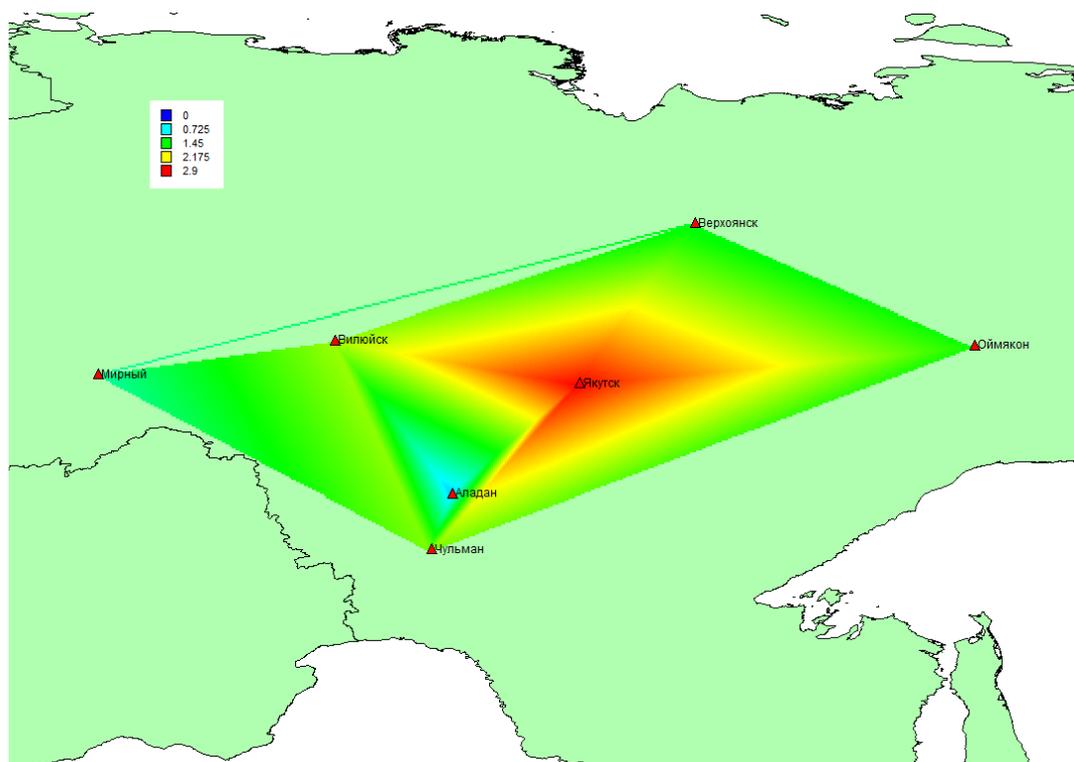


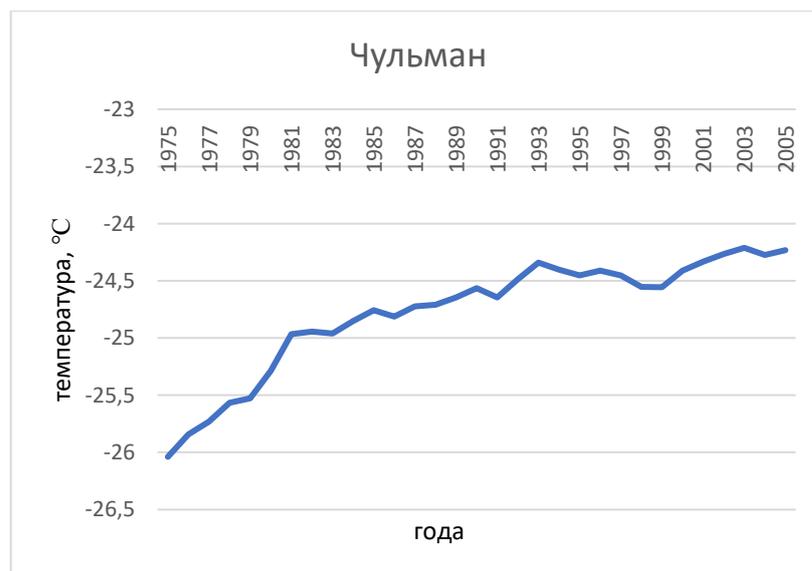
Рисунок 3.4. Пространственное изменение температуры воздуха за холодное полугодие с 1960 по 2020 гг. на исследуемой территории.

В результате анализа пространственного изменения температуры воздуха холодного полугодия исследуемой территории можно отметить, что наблюдаются значительные изменения термического режима холодного полугодия в центральной части Якутии, которые могут быть связаны с изменением циркуляционных процессов и сдвигом траектории барических образований. В дальнейшем необходимо более подробно исследовать синоптические процессы, формирующие в последние годы термический режим холодного полугодия. В представленной работе особое внимание уделялось синоптическим условиям, формирующим резкую межсуточную изменчивость температуры воздуха.

Также в работе был проанализирован ход температур холодного полугодия на каждой станции. На рисунке 3.5 представлено изменение температуры воздуха холодного полугодия на самой южной (Чульман) и северной (Верхоянск) станциях исследуемой территории.



а



б

Рисунок 3.5 Температура холодного полугодия ст. Верхоянск (а) и Чульман (б) за период с 1960 - 2020 гг. Скользящее среднее. Окно осреднения 30 лет.

В результате анализа графиков на рисунке 3.5 можно заключить, что температура холодного периода постепенно повышается и на этих станциях. Но можно заметить, что на станции Верхоянск за последние годы температура стала понижаться. Это единственный город из исследуемых,

на севере республики, в котором температура холодного периода стала снижаться.

Следующим этапом бакалаврского проекта является расчет и анализ среднемесячных температур воздуха на выбранных станциях, за период с 1960 по 2020 годы.

Таблица 2

Изменения среднемесячной температуры воздуха с 1960 по 2020 гг.
(холодное полугодие).

месяц станция	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
Алдан	0,7 °С	-0,3 °С	1,0 °С	2,2 °С	1,3 °С
Мирный	1,0 °С	-0,9 °С	1,4 °С	1,7 °С	1,8 °С
Якутск	3,0 °С	2,2 °С	4,0 °С	3,0 °С	2,4 °С

Наиболее показательным для области исследования является Якутск. На данной станции зафиксированы наиболее значительные повышения температуры холодного полугодия. В таблице 3 и на графике рисунка 3.6 представлены осредненные по 30 лет среднемесячные значения температуры воздуха для Якутска.

Таблица 3

Изменение среднемесячной температуры воздуха с 1960 по 2020 гг. (холодное полугодие) на станции Якутск.

месяц период	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
1960-1989	-29,2 °С	-39,0 °С	-40,9 °С	-35,9 °С	-21,6 °С
1990-2020	-26,2 °С	-36,9 °С	-36,9 °С	-32,9 °С	-19,1 °С
изменение	3,0 °С	2,2 °С	4,0 °С	3,0 °С	2,4 °С

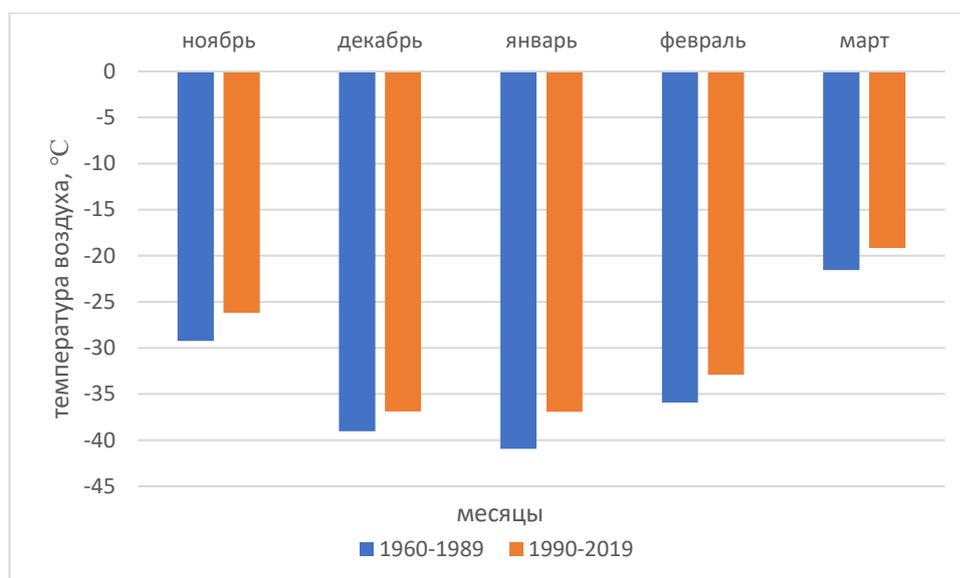


Рисунок 3.6 Осредненные по 30 лет (с 1960-1989 гг. по 1990-2020 гг.) среднемесячные значения температуры воздуха на станции Якутск.

В результате анализа среднемесячных температур в г. Якутск, можно сделать вывод о том, что наблюдается потепление в каждом исследуемом месяце. Самое значительное повышение температуры отмечается в январе, на 4,0 °С, в ноябре и феврале температура воздуха повысилась на 3,0 °С., что является значительным изменением для представленного региона с резким континентальным климатом.

Данная тенденция к повышению температуры в каждом зимнем месяце фиксируется на всех исследуемых станциях. Менее всего рост температур заметен в Алдане и Мирном. Иллюстрацией данного вывода, являются данные, представленные в таблице 4 и на графике рисунка 3.7 и 3.8.

В результате анализа термического режима холодного полугодия в Республики Саха (Якутия) за период с 1960 по 2020 годы можно сделать вывод о том, что температура холодного полугодия повышается практически на всей территории исследования. Наиболее значительный рост отмечается в центральной части республики. При анализе среднемесячных температур воздуха зафиксирован их рост в каждом зимнем месяце. Максимальные значения отмечаются в январе.

Изменения среднемесячной температуры воздуха с 1960 по 2020 гг. (холодное полугодие) на исследуемых станциях.

месяц / станция	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
Алдан	0,7 °С	-0,3 °С	1,0 °С	2,2 °С	1,3 °С
Мирный	1,0 °С	-0,9 °С	1,4 °С	1,7 °С	1,8 °С

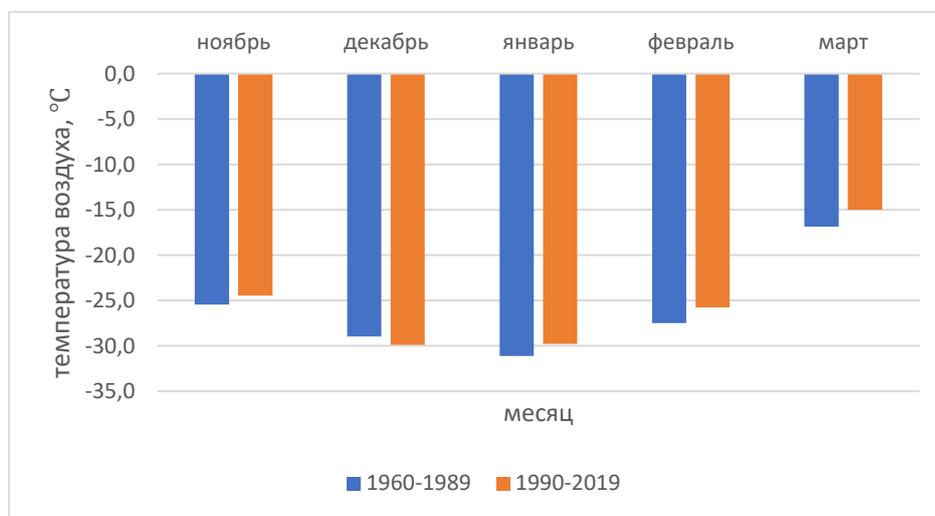


Рисунок 3.7 Осредненные по 30 лет (с 1960-1989 гг. по 1990-2020 гг.) среднемесячные значения температуры воздуха на станции Мирный.

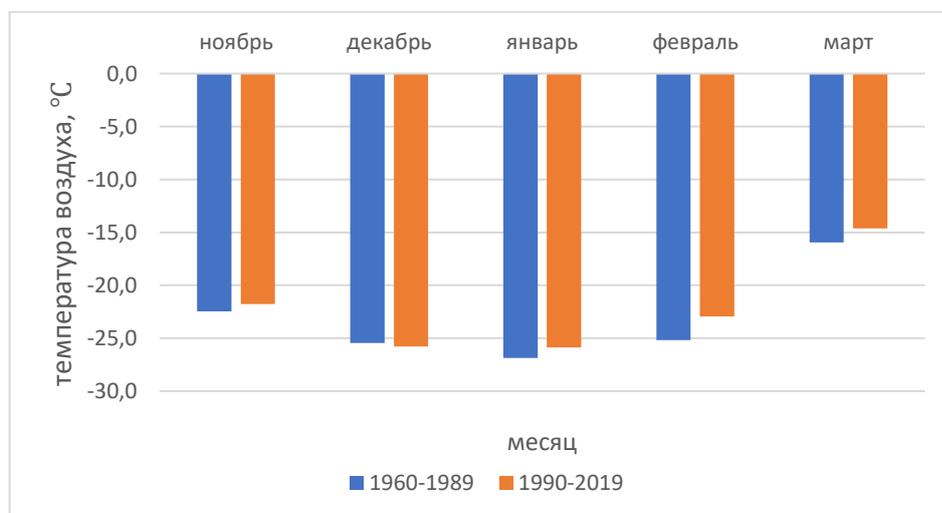


Рисунок 3.8 Осредненные по 30 лет (с 1960-1989 гг. по 1990-2020 гг.) среднемесячные значения температуры воздуха на станции Алдан.

3.3 Анализ повторяемости дней со значительными межсуточными амплитудами температуры воздуха в Республике Саха (Якутия).

В данной научно-исследовательской работе на каждой выбранной станции были выделены дни с межсуточной изменчивостью более 15 градусов. Резким перепадом температуры в данной работе принято считать повышение среднесуточной температуры воздуха более чем 15 °С, данное значение является границей градации «выше среднего». Также были получены границы градации «значительно выше среднего» и «аномально высокие». «Значительно выше среднего» - выше 15 °С, «аномально высокие» - выше 20 °С.

За весь период исследования было зафиксировано 173 случая резких перепадов среднесуточных температур воздуха «выше среднего» (ВС). На рисунке 3.9 представлен анализ повторяемости случаев с высокой межсуточной изменчивостью температуры воздуха по месяцам холодного полугодия.

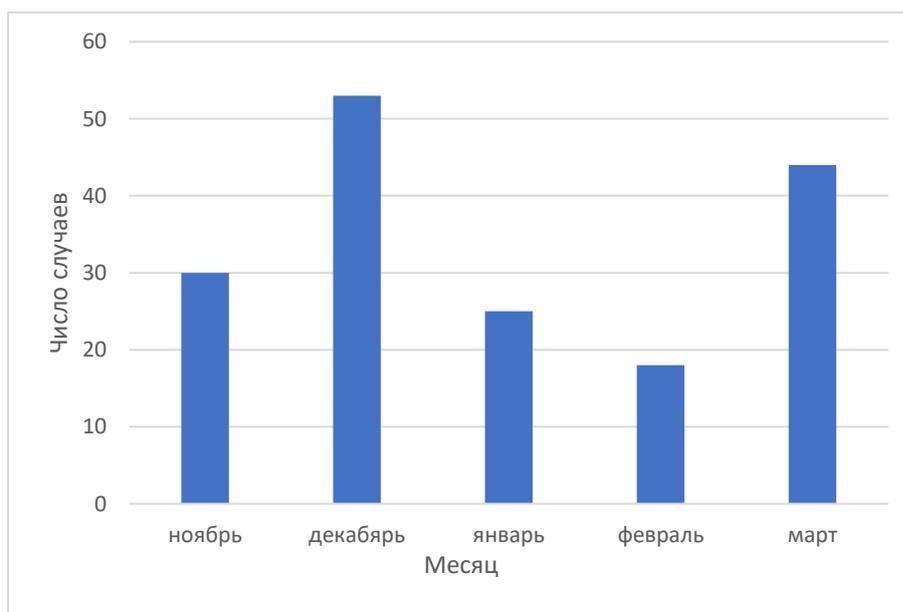


Рисунок 3.9 Повторяемость случаев со значительной межсуточной изменчивостью температуры воздуха за период с 1960 по 2020 годы.

Зафиксированные случаи высокой межсуточной изменчивости температуры воздуха можно разделить на две группы. К первой группе относятся перепады температуры воздуха, зафиксированные на одной станции – за весь период было отмечено 117 таких фактов.

Периоды с высокими колебаниями температуры второй группы, наблюдающиеся на нескольких станциях одновременно – всего 56 случаев. Так, например, в декабре 1978 года аномальные колебания температуры были зафиксированы на четырех станциях одновременно (Якутск, Чульман, Вилуйск, Мирный).

Анализируя, представленную на рисунке 3.9 гистограмму можно сделать вывод, что наибольшее количество случаев резких изменений температуры воздуха наблюдается в декабре и марте.

В работе была оценена повторяемость дней с высокой межсуточной изменчивостью температуры воздуха для каждого пункта. Самые значительные повышения температуры воздуха в холодное полугодие зафиксировано на станции Верхоянск, а самые незначительные на станции Мирный.

Оценка повторяемости дней с резким повышением температуры воздуха для каждой станции представлена на гистограмме рисунка 3.10. На данной гистограмме оранжевым цветом представлено число случаев в которые конкретная станция попадала в группу с синхронным изменением межсуточной температуры.

Из анализа гистограммы мы можем заметить, что больше всего случаев перепада температуры воздуха в $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ в холодный период было зафиксировано на станциях Верхоянск, Вилуйск и Мирный. Меньше всего таких случаев было зафиксировано на станциях Алдан, Оймякон и Якутск. Случаев, встречающихся на нескольких станциях одновременно больше всего, было зафиксировано в Верхоянске, Вилуйске и Мирном, и наименьший показатель в данной градации были у Алдана, Оймякона и Чульмана.

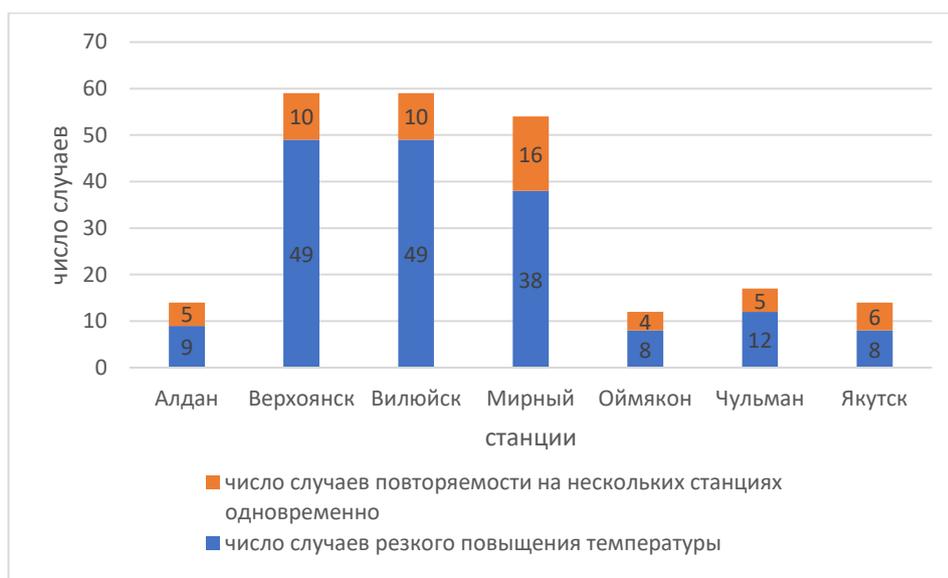


Рисунок 3.10 Повторяемость случаев резкого повышения температуры холодного полугодия в период с 1960 по 2020 гг. на исследуемых станциях.

Интересно отметить, что рассмотренные случаи показывали резкое повышение температуры воздуха. А последующее похолодание происходило постепенно, в течение 2-4 дней, как мы можем это заметить на рисунке 3.11.



Рисунок 3.11 Изменения среднесуточной температуры воздуха при ее значительном повышении в холодное полугодие (ст. Якутск).

График среднесуточной температуры воздуха за период с 25 февраля 1970 года по 8 марта 1970 года представленный на рисунке 3.11 является

типичным для изменения межсуточных температур после их резкого повышения.

Наиболее интересные случаи характерны для начала зимы (декабрь) и весны, когда температура воздуха может повысится до значений, попадающих в интервал от -15°C до 0°C .

В результате анализа дней со значительными межсуточными амплитудами температуры воздуха в Республике Саха (Якутия) за период с 1960 по 2020 годы можно сделать вывод, что самыми активными месяцами, в которых наблюдаются резкие изменения температуры воздуха являются декабрь и март. Также было зафиксировано 56 случаев изменения температуры воздуха, наблюдающихся на нескольких станциях одновременно, самыми активными станциями в этом показателе являются Верхоянск, Вилуйск и Мирный.

Была выявлена типичная ситуация для колебания температуры в холодное полугодие на исследуемой территории, после резкого повышения температуры воздуха, температура держится на одном уровне в от 2 до 4 дней.

3.4. Синоптические условия формирования дней со значительной межсуточной изменчивостью температуры воздуха за холодное полугодие.

В ходе исследования были проанализированы синоптические условия, формирующие резкое повышение температуры воздуха на территории Республики Саха (Якутия).

На первом этапе работы была выделена типовая синоптическая ситуация, сопутствующая дням со значительной изменчивостью среднесуточной температуры воздуха

Наибольший интерес вызвало резкое изменение температуры воздуха в марте.

Рассмотрим типовую синоптическую ситуацию для резкого потепления в марте, представленную на рисунке 3.12. Весенние случаи резкого повышения температуры вызывают наибольший интерес, так как их повторяемость находится на втором месте по количеству случаев (декабрь – 35%, март – 23%). Период потепления отмечается обычно с 7 по 15 марта.

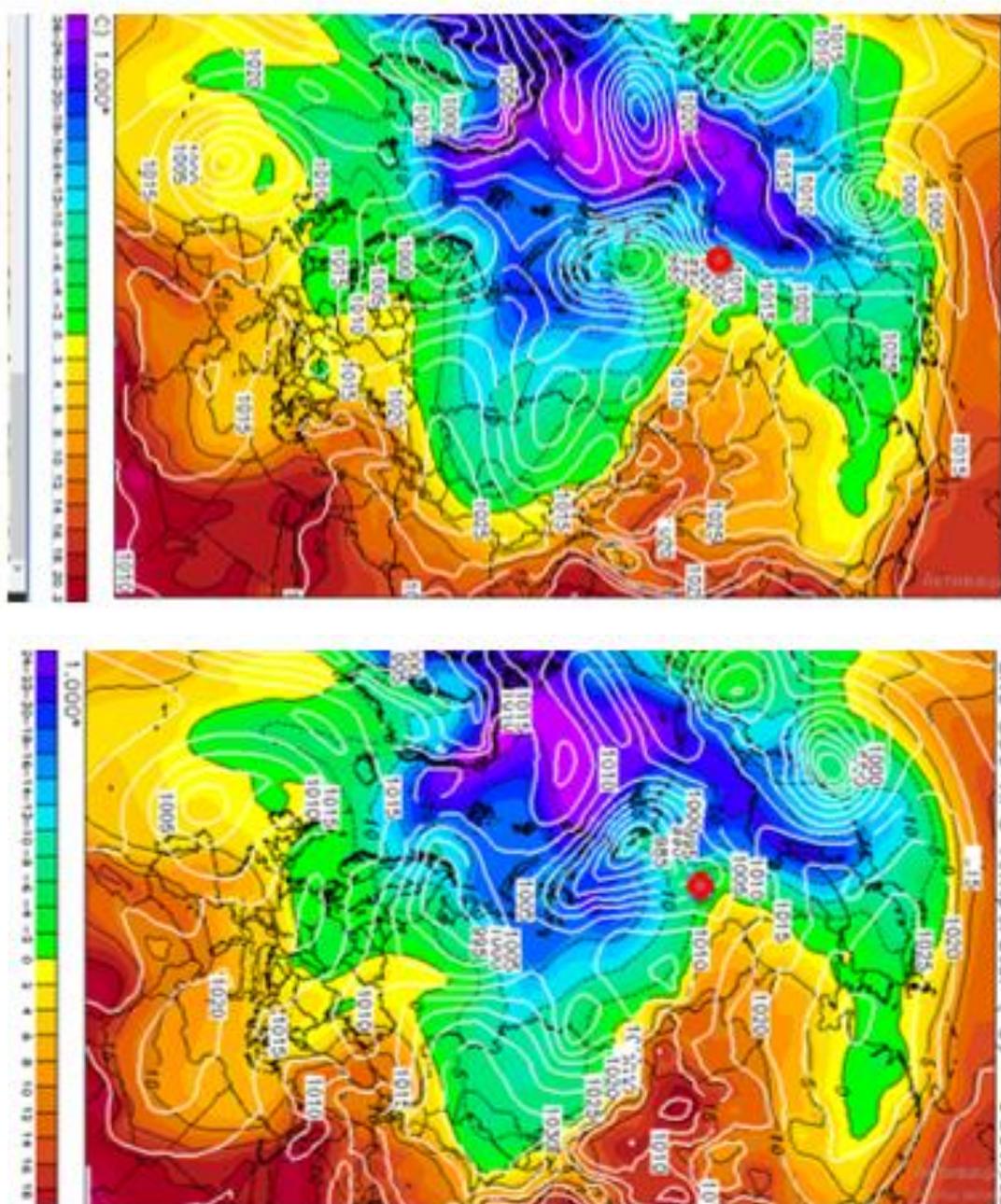


Рисунок 3.12 Характерная синоптическая ситуация для резкого потепления в районе станции Якутск.

В результате анализа синоптической ситуации характерной для весенних случаев можно сделать вывод о том, что южная часть исследуемой территории находится под влиянием теплого сектора циклона. Наблюдается резкий градиент температуры воздуха, составляющий $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Особенность данной ситуации заключается в том, что теплые воздушные массы поступают из Монголии и севера Китая. Наблюдается волнообразный изгиб высотной фронтальной зоны, таким образом, что над южной частью Республики Саха (Якутия) циркулирует тропический и южный умеренный воздух.

Рассмотрим типовую синоптическую ситуацию, которая соответствует значительным зимним перепадам температуры воздуха.

Самый большой контраст межсуточных температур был зафиксирован 15 февраля 2008 года на станции Верхоянск и составил $27,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ход среднесуточной температуры воздуха на станции Верхоянск представлен на рисунке 3.13.

Повышенные температуры воздуха фиксировались примерно на одном уровне два дня – 15 и 16 февраля и составили $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-13,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, соответственно. Максимум наблюдался 16 февраля, на следующий день наблюдалось понижение температуры воздуха с амплитудой в $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 3.13 Резкое повышение межсуточной температуры воздуха на станции Верхоянск.

На рисунке 3.14 для данного случая представлена высотная барическая карта АТ-850, на которой можно наблюдать циклоны с центрами в районе Таймырского полуострова и двухцентровый циклон, расположенный на северо-западе Тихого океана. Между данными барическими образованиями можно наблюдать гребень, ось которого направлена с севера Китая на юго-восточную часть России, оказывая свое влияние на регионы Российской Федерации включая юго-восточную часть исследуемой территории (Республика Саха (Якутия)).

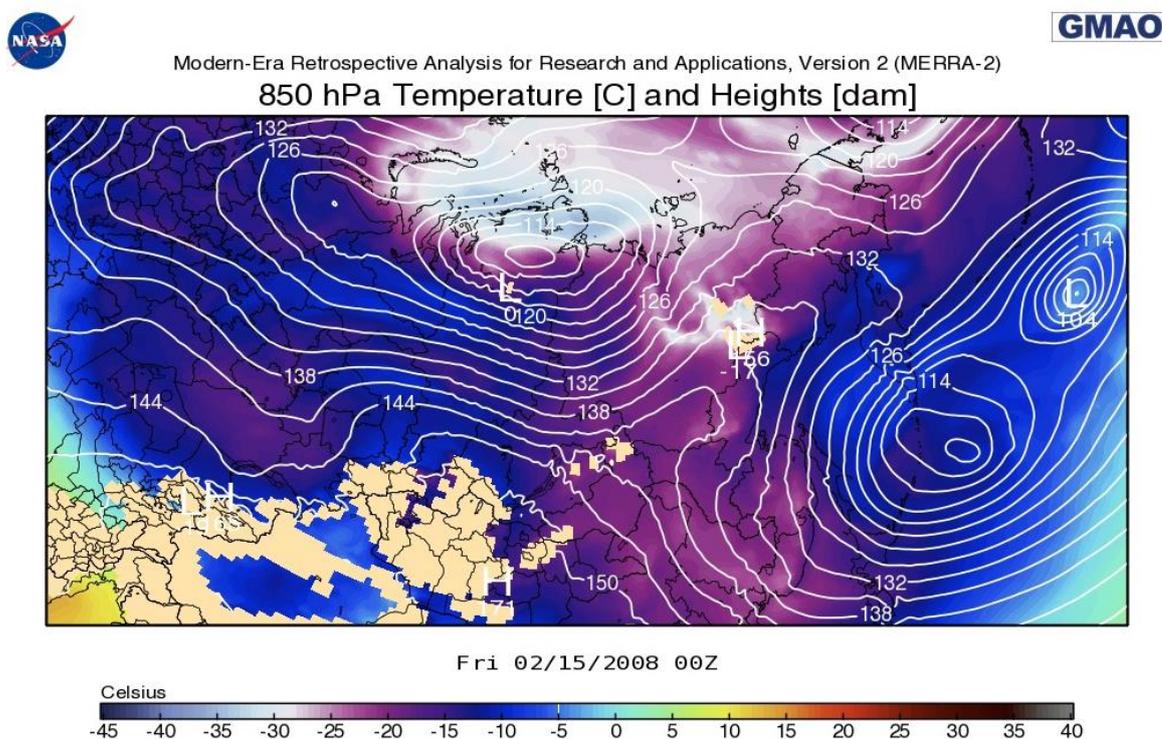


Рисунок 3.14 Высотная барическая карта погоды АТ-850.

Резкое повышение температуры наблюдается в связи с тем, что изначально область исследования находилась под влиянием барической седловины, в ее малоградиентном поле температуры понижались до -40°C . Затем в район исследования стал проникать гребень высокого давления от антициклона, который находится на севере Китая и северо-востоке Монголии, ось гребня направлена в сторону Камчатского полуострова, сам гребень оказывает свое влияние на Амурскую, Читинскую,

Магаданскую области, Хабаровский край и непосредственно на Республику Саха (Якутия).

Центральная часть республики, включая Верхоянск находятся в западной части гребня высокого давления. Наблюдаются потоки воздушных масс с Южной части Якутии и Забайкальского края. В результате фиксируется контраст температуры в 27,8 °С, что является максимальным перепадом из всех представленных случаев. Необходимо отметить, что в районе Верхоянска и Оймякона расположен Верхоянский хребет. В данном случае область незаполненная цветом на карте рисунок 3.14 в районе Верхоянска и Оймякона связана с массивом высотой более 2500 метров над уровнем моря.

Чтобы оценить очаги холода и тепла над данными станциями на высоте горного массива, представлена барическая карта на высоте 5500 км на рисунке 3.15.

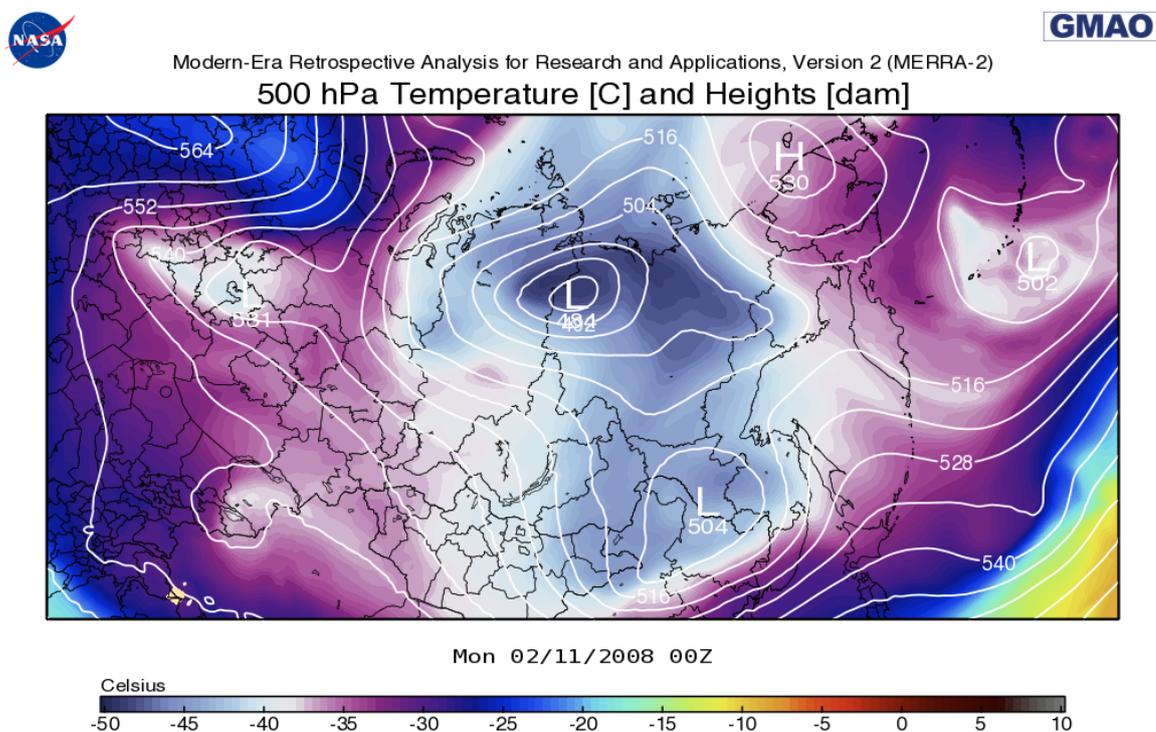


Рисунок 3.15 Высотная барическая карта AT-500.

Синоптическая ситуация, представленная карте рисунка 3.15, соответствует дню, предшествующему резкому потеплению. Температура воздуха у земли составила $-52,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. На высоте 5 км над областью исследования наблюдается очаг холода, связанный с высоким циклоном. В районе Сахалина наблюдается слабо выраженный барический гребень.

По синоптическим процессам отдельно можно выделить северо-восточную часть исследуемой территории, Верхоянск и Оймякон, на данной территории резкие перепады температуры связаны с теплым сектором циклона. Типичный случай для резкого повышения температуры воздуха на северо-востоке области исследования, в частности, на станции Оймякон представлена на приземной синоптической карте рисунка 3.16.

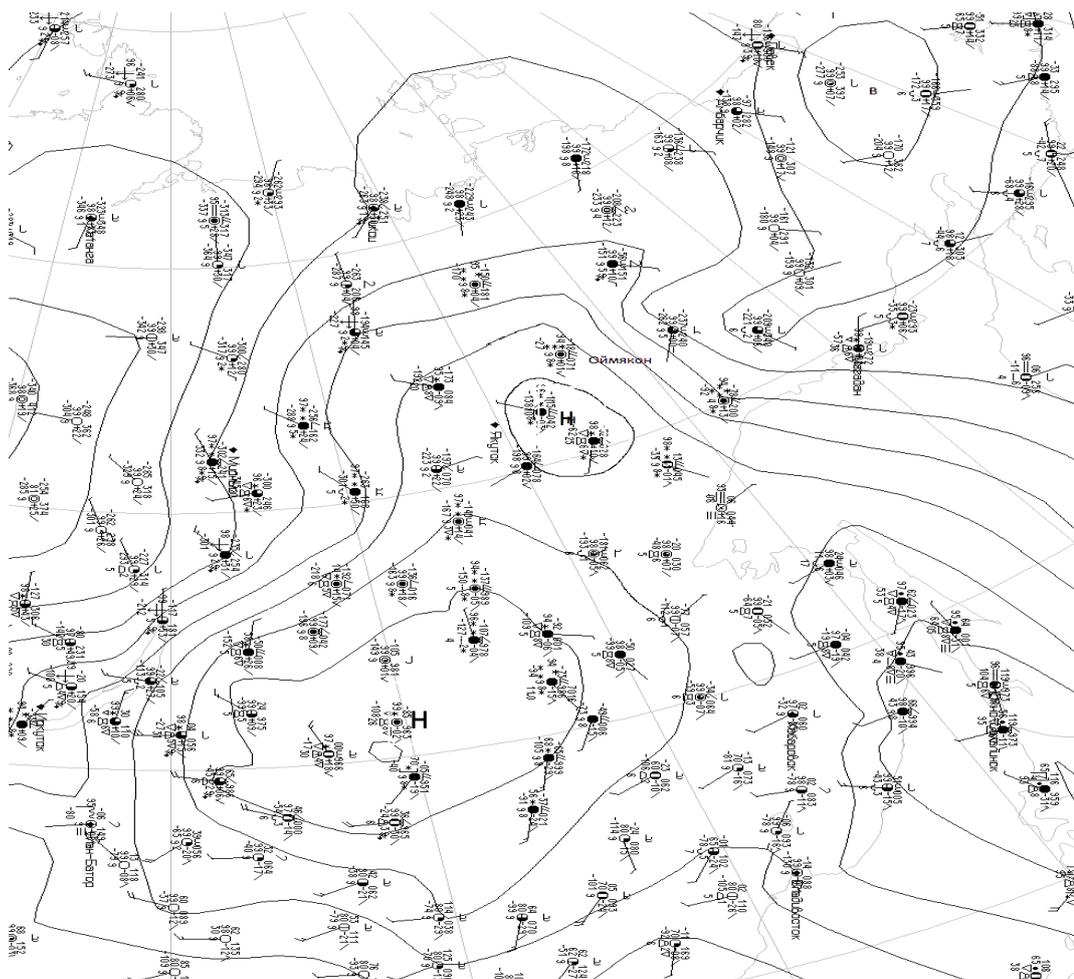


Рисунок 3.16 Типичная синоптическая ситуация. Резкие повышения температуры воздуха на станции Оймякон.

В результате анализа карты погоды, представленной на рисунке 3.16 над территорией Якутии, Забайкальского края и севере Китая расположился обширный циклон с давлением в центре 996,3 гПа, циклон в данный момент находится в стадии окклюдирования. Над территорией Дальнего Востока, и непосредственно над исследуемой территорией распространяется малоградиентная ложбина, в которой наблюдается частный циклон.

Станция Оймякон находится в передней части частного циклона с центром в районе юго-востока Якутии и северо-западе Хабаровского края. В районе Оймякона и частично захватывая Магаданскую область отмечается высокоградиентное поле давления с меридионально ориентированными изобарами. Оймякон расположен в передней части циклона и воздушные потоки поступают с севера Китая и Амурской области.

В предыдущий день Оймякон находился в малоградиентном поле гребня высоко давления от антициклона с центром, расположенным на Чукотке. Высокоградиентное поле появилось на следующий день, в связи с тем, что между циклоном и антициклоном стал развиваться частный циклон.

Рассмотрим резкие изменения температуры воздуха в декабре. Характерным является период с 18 по 24 декабря 1978 года. Над Якутией располагается обширный антициклон с давлением в центре 1050 гПа, с центром над севером Китая. Антициклон медленно смещается в сторону Охотского моря. Траектория антициклона представлена на рисунке 3.17.

Станции, на которых были зафиксированы резкие межсуточные колебания температуры воздуха располагаются на западной периферии антициклона. Наблюдаются затоки южных воздушных масс, которые влекут за собой резкое потепление (до -16°C). В предыдущие дни наблюдались низкие температуры воздуха ($-36,2^{\circ}\text{C}$) и над Якутией располагалось малоградиентное поле центральной части антициклона. В некоторых случаях потепление может продолжаться до 3-4 дней.



Рисунок 3.17 Траектория смещения антициклона.

В настоящее время, можно заключить, что декабрь является переходным месяцем, т.к. в нем наблюдается наибольшее количество теплых дней на юге исследуемой территории, а на севере, в свою очередь, достаточно низкие температуры.

В результате изучения синоптических условий формирования дней со значительной межсуточной изменчивостью, можно сделать вывод, что в большинстве случаев, перепады связаны с затоком теплых воздушных масс с севера Китая и Монголии. Для весенних случаев характерен волнообразный изгиб высотной фронтальной зоны таким образом,

что на южную часть Якутии поступают южные умеренные и тропические теплые воздушные массы.

Отдельно можно выделить синоптическую ситуацию, связанную со станцией Оймякон, находящейся в передней части частного циклона с центром в районе юго-востока Якутии. Частный циклон образуется в ложбине обширного циклона над Монголией.

В районе Оймякона и частично Магаданской области отмечается высокоградиентное поле давления с меридионально ориентированными изобарами. Оймякон расположен в передней части циклона и воздушные потоки поступают с севера Китая и Амурской области.

Заключение

В результате выполнения бакалаврского проекта поставленная цель была достигнута, а задачи решены.

Анализируя термический режим холодного полугодия в Республике Саха (Якутия) за период с 1960 по 2020 годы можно сделать вывод о том, что температура холодного полугодия повышается практически на всей территории исследования. Наиболее значительный рост отмечается в центральной части республики. При анализе среднемесячных температур воздуха зафиксирован их рост в каждом зимнем месяце. Максимальные значения отмечаются в январе.

В результате анализа дней со значительными межсуточными амплитудами температуры воздуха можно сделать вывод, что самыми активными месяцами, в которых наблюдаются резкие изменения температуры воздуха являются декабрь и март. Также было зафиксировано 56 случаев изменения температуры воздуха, наблюдающихся на нескольких станциях одновременно, самыми активными станциями в этом показателе являются Верхоянск, Вилюйск и Мирный.

В результате изучения синоптических условий формирования дней со значительной межсуточной изменчивостью, можно сделать вывод, что в большинстве случаев, перепады связаны с затокот теплых воздушных масс с севера Китая и Монголии. Для весенних случаев характерен волнообразный изгиб высотной фронтальной зоны таким образом, что на южную часть Якутии поступают южные умеренные и тропические теплые воздушные массы.

Отдельно можно выделить синоптическую ситуацию, связанную со станцией Оймякон, находящейся в передней части частного циклона с центром в районе юго-востока Якутии, теплые воздушные потоки поступают к станции с севера Китая и Амурской области.

Список литературы

1. Гладкий Ю.Н., Лавров С.Б. Глобальная география. Москва, издательство «Дрофа», 2006. – 320 с.
2. Алисов Б.П., Полтараус Б.В. Климатология. – Московский университет, 1974. 210 с.
3. Глобальные изменения климата Земли: причины, последствия. [Электронный ресурс] URL: <https://www.syl.ru/article/293976/globalnyieizmeneniya-klimata-zemli-prichinyi-posledstviya> (дата обращения: 12. 04. 2021).
4. Мельчаков Ю.Л. Современная физическая география: ретроспектива и тенденции; Уральский государственный педагогический университет, Уральский государственный горный университет. Екатеринбург: ООО «Веста», 2018. – 300 с.
5. Швер Ц.А., Изюменко С.А. Климат Якутска. — Ленинград Гидрометеиздат, 1982г. — 246 с.
6. Статья «Климат Якутии» [Электронный ресурс] URL: <http://www.geographystudy.ru/> (дата обращения: 11. 05. 2021).
7. Лоренц Э. Н., «Природа и теория общей циркуляции атмосферы», пер. с англ., Л., 1970, 260 с.
8. Погосян Х. П., «Общая циркуляция атмосферы», Л., 1972, 394 с.;
9. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология: Учебник. — Москва: МГУ, 2006. — 583 с.
10. Воейков А.И. Климаты земного шара//. Изб. Соч. т. 1. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1948. 750 с.
11. Кондратьев К.Я. Глобальный климат. С.-Пб.: Наука, 1992. 357 с.
12. Чепмен С., Линдзен Р. Атмосферные приливы. М.: Мир, 1972. 292 с.

- 13.Пальмен Э., Ньютон Ч., «Циркуляционные системы атмосферы», пер. с англ., Л., 1973 г.
- 14.Витинский Ю.И. Цикличность и прогнозы солнечной активности. Л.: Наука, 1973. 257 с.
- 15.Гидродинамические методы прогноза циркуляции атмосферы на декаду и месяц / Под редакцией Ефимова В.А. - Труды ГМЦ СССР, вып.285, 1987. - 219 с.
- 16.Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 352 с.