



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: «Облачный режим Тиксинской бухты в летний и зимний периоды»

Исполнитель Федоренко Татьяна Юрьевна  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук  
(ученая степень, ученое звание)  
Кашлева Лариса Владимировна  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)  
Сероухова Ольга Станиславовна  
(фамилия, имя, отчество)

«27» июня 2023 г.

Санкт-Петербург  
2023

2023

## **Введение**

Уже в древние времена люди замечали, что облака могут предсказывать погоду. Например, если небо было затянуто тёмными и плотными облаками, то скорее всего ожидался дождь или гроза.

В средние века наблюдения за облаками использовались для прогнозирования погоды для сельского хозяйства и навигации.

Сначала наблюдения велись визуально, затем люди придумали приборы.

В 18 веке появилась первая классификация облаков, которая используется и в настоящее время.

Бухта Тикси – это самый северный порт, находящийся на территории Якутии. Этот порт является важной точкой на Северном морском пути, который проходит через Арктику. Влияние облаков на этот регион может быть значительным, так как они могут влиять на погодные условия.

Облака могут приводить к туманам и сильным ветрам, что может затруднить навигацию. Кроме того, облака могут влиять на температуру воздуха и воды, что может повлиять на работу порта.

Однако, облака могут быть полезными для порта Тикси. Например, облачность может помочь сохранить ледовый покров, что позволит увеличить сезонность судоходства.

Также, облачность влияет и на воздушную навигацию аэропорта Тикси. Если облака находятся на низких высотах, то они могут затруднить посадку и взлёт самолётов, а так же увеличить риск столкновения с поверхностью земли или другими объектами, вызвать турбулентность, что может привести к повреждению самолёта.

Таким образом, облака являются важным фактором, который должен учитываться при планировании и выполнении полётов в аэропорту Тикси.

Наблюдение и прогнозирование облачности в полярных широтах является важным для безопасности морских и воздушных судов. Для этого

используются различные методы, включая спутниковые наблюдения, метеорологические станции на берегу и судах, а также моделирование погодных условий.

Таким образом, наблюдение и прогнозирование облачности в полярных широтах является важным для безопасности судоходства, воздушных полётов и жизни людей. Для этого используются различные методы, которые позволяют получать информацию о погодных условиях и адаптироваться к ним.

*Цель работы:* анализ облачного режима в летний и зимний период бухты Тикси.

*Задачи для выполнения поставленной цели:*

1. Изучить теоретический материал, классификацию и механизм образования облачности.
2. Изучить климатические и физико-географические особенности региона.
3. Собрать и систематизировать данные наблюдений на полярной станции Тикси.
4. Провести анализ облачного режима, сформулировать выявленные закономерности.

## **1. Облака. Формирование и развитие.**

### **1.1 Облака как индикатор состояния атмосферы и погоды**

Облаком называют видимую совокупность взвешенных в атмосфере и находящихся в процессе непрерывной эволюции капель и/или кристаллов, являющихся продуктами конденсации и/или сублимации водяного пара на высотах от нескольких десятков метров до нескольких километров.

Облака образуются в результате перехода воды из газообразного состояния (водяной пар) в жидкое (капли) и твердое (кристаллы). При этих переходах, называемых конденсацией и сублимацией и происходящих вследствие конвекции или упорядоченного подъёма влажного воздуха, выделяется большое количество тепла, которое оказывает значительное влияние на образование облаков, термическую и динамическую устойчивость атмосферы, режим движения воздуха.

Конденсация – переход воды из газообразного в жидкое состояние. При конденсации в атмосфере образуются мельчайшие капли диаметром порядка нескольких микрометров. Более крупные капли образуются путем слияния мелких капель или в результате таяния ледяных кристаллов.

Конденсация начинается, если воздух достигает насыщения, а это чаще всего происходит в атмосфере при понижении температуры. Водяной пар с понижением температуры до точки росы достигает состояния насыщения, переходит в жидкое состояние.

Охлаждение воздуха чаще всего происходит адиабатически вследствие его расширения без отдачи тепла в окружающую среду. Такое расширение происходит в результате при понижении давления при подъёме воздуха.

Известно, что воздух – это газ, и в отличие от воды он сжимаем. Пока воздух не насыщен, он охлаждается адиабатически на  $1^{\circ}\text{C}$  на каждые 100 метров подъёма. Таким образом, ненасыщенному воздуху, достаточно подняться на несколько сотен метров, чтобы в нём началась конденсация.

Подъём воздуха происходит различными способами. В турбулентных движениях воздух поднимается в виде неупорядоченных вихрей. Он может подниматься в более или менее сильных восходящих потоках конвекции. Подъём больших количеств воздуха происходит в атмосферных фронтах, в результате чего возникают облачные системы, покрывающие площади в сотни тысяч квадратных километров. Подъём воздуха происходит также в гребнях атмосферных волн, вследствие чего также могут возникать облака на тех высотах, где существует волновое движение. В зависимости от механизма подъёма воздуха образуются и различные формы облаков.

В атмосферных условиях происходит не только конденсация, но и сублимация – образование кристаллов, переход водяного пара в твёрдое состояние. Данный процесс происходит при очень низких температурах – ниже минус 40°С. Твёрдые осадки, выпадающие из облаков, обычно имеют хорошо выраженное кристаллическое строение. Кристаллы возникают и на земной поверхности при отрицательных температурах в виде инея, изморози и др.

Образование капель при конденсации в атмосфере всегда происходит на ядрах конденсации. Роль ядра конденсации заключается в том, что оно увеличивает устойчивость образовавшегося зародыша капли. Ядрами конденсации могут служить и аэрозольные примеси к воздуху.

Важнейшими ядрами являются частички морской соли, гигроскопических солей. Данные частички попадают в воздух при волнении поверхности моря и разбрызгивании морской воды и при испарении капель в воздухе. Солевые и гигроскопические ядра попадают в атмосферу и при распылении почвы.

Из-за своей незначительной массы, ядра конденсации не оседают сами и переносятся воздушными течениями на большие расстояния. Когда повышается относительная влажность до 100 %, они превращаются в видимые капельки облаков и туманов.

Развитие ледяных кристаллов в атмосфере происходит за счёт ледяных зародышей образовавшихся на инородных частицах. При низких отрицательных температурах происходит замерзание капель при взаимодействии с ледяным зародышем, что в дальнейшем приводит к развитию кристаллов. Ядрами льдообразования или ледяные ядра, называют частицы, на которых образуется ледяной зародыш.

В результате конденсации в атмосфере образуются капли и кристаллы, видимые для глаз – облака. Турбулентное движение в атмосфере приводит к тому, что мелкие капли и кристаллы не выпадают, а остаются во взвешенном состоянии, перемещаясь вверх и вниз.

Как нам уже известно, облака переносятся воздушными течениями. Если же относительная влажность в воздухе убывает, то облака испаряются. Часть облачных элементов укрупняется и утяжеляется при определенных условиях настолько, что выпадают в виде осадков. Таким образом, происходит круговорот воды из атмосферы на земную поверхность.

## **1.1 Облака как индикатор состояния атмосферы и погоды**

## **1.2 Морфологическая классификация облаков.**

Облака принято классифицировать по внешнему виду с учётом высоты, на которых они находятся. Такая классификация называется морфологической.

Существуют наставления и атласы облаков с фотографиями и подробным описанием, для классификации облака на небе.

Для определения облаков, небо разделено на ярусы – нижний, средний и верхний, таким образом, определяют высоту, на которой располагаются облака, и к какому классу относятся. Отдельно занимает группу облака вертикального развития, которые занимают нижний, средний и иногда

верхний ярус. В зависимости от температурных условий и от высоты тропопаузы границы ярусов в разных широтах различаются.

Основание облаков верхнего яруса находится в полярных широтах на высотах – от 3 до 8 км, в умеренных широтах – от 6 до 13 км, в тропических – от 6 до 18 км. Облака среднего яруса – от 2 до 4 км, от 2 до 7, и от 2 до 8 км; нижнего яруса на всех широтах – от земной поверхности до 2 км.

Отличительными признаками при определении формы облаков – их структура и внешний вид. Облака могут располагаться на разных высотах в виде сплошного покрова или изолированных масс, их строение может быть однородным, волокнистым. Нижняя часть может быть ровной или разорванной. Облака могут быть прозрачными, когда сквозь них можно увидеть солнце, луну, голубое небо, плотными и непрозрачными.

В таблице №1.1, представлен вариант международной морфологической классификации облаков.

Таблица №1.1 Морфологическая классификация облаков.

Форма	Вид	Разновидность
<b>Облака верхнего яруса</b>		
<b>1</b> Перистые Cirrus (Ci)	<b>1.1</b> Перистые волокнистые Ci fibratus (Ci fib.)  <b>1.2</b> Перистые плотные Ci spissatus (Ci sp.)	<b>1.1.1</b> Перистые когтевидные Ci uncinus (Ci unc.) <b>1.1.2</b> Перистые хребтовидные Ci vertebratus (Ci vert.) <b>1.1.3</b> Перистые перепутанные Ci intortus (Ci int.) <b>1.2.1</b> Перистые образовавшиеся из наковален кучево-дождевых облаков Ci incus-genitus (Ci ing.) <b>1.2.2</b> Перистые хлопьевидные Ci floccus (Ci floe.)



<p><b>2</b> Перисто-кучевые Cirrocumulus (Cc)</p>	<p><b>2.1</b> Перисто-кучевые волнистообразные Cc undulatus (Cc und.)</p> <p><b>2.2</b> Перисто-кучевые кучевообразные Cc cumuliformis (Cc cuf.)</p>	<p><b>2.1.1</b> Перисто-кучевые чечевицеобразные Cc lenticularis (Cc lent.)</p> <p><b>2.2.1</b> Перисто-кучевые хлопьевидные Cc floccus (Cc floe.)</p>
<p><b>3</b> Перисто-слоистые Cirrostratus (Cs)</p>	<p><b>3.1</b> Перисто-слоистые волокнистые Cs fibratus (Cs fib.)</p> <p><b>3.2</b> Перисто-слоистые туманообразные Cs nebulosus (Cs neb.)</p>	
<p><b>Облака среднего яруса</b></p>		
<p><b>4</b> Высококучевые Alto cumulus (Ac)</p>	<p><b>4.1</b> Высококучевые волнистообразные Ac undulatus (Ac und.)</p> <p><b>4.2</b> Высококучевые кучевообразные Ac cumuliformis (Ac cuf.)</p>	<p><b>4.1.1</b> Высококучевые просвечивающие Ac translucidus (Ac trans.)</p> <p><b>4.1.2</b> Высококучевые непросвечивающие Ac opacus (Ac op.)</p> <p><b>4.1.3</b> Высококучевые чечевицеобразные Ac lenticularis (Ac lent.)</p> <p><b>4.1.4</b> Высококучевые неоднородные Ac inhomogenus (Ac inh.)</p> <p><b>4.2.1</b> Высококучевые хлопьевидные Ac floccus (Ac floc.)</p> <p><b>4.2.2</b> Высококучевые башенковидные Ac castellanus (Ac cast.)</p> <p><b>4.2.3</b> Высококучевые образовавшиеся из кучевых Ac cumulogenitus (Ac cug.)</p> <p><b>4.2.4</b> Высококучевые с полосами падения Ac virga (Ac vir.)</p>

<p><b>5</b> Высокослоистые Altostratus (As)</p>	<p><b>5.1</b> Высокослоистые туманообразные As nebulosus (As neb.)</p> <p><b>5.2</b> Высокослоистые волнистообразные As undulatus (As und.)</p>	<p><b>5.1.1</b> Высокослоистые туманообразные просвечивающие As nebulosus translucidus (As neb. trans.)</p> <p><b>5.1.2</b> Высокослоистые туманообразные непросвечивающие As nebulosus opacus (As neb. op.)</p> <p><b>5.1.3</b> Высокослоистые туманообразные дающие осадки As nebulosus praecipitans (As neb. pr.)</p> <p><b>5.2.1</b> Высокослоистые волнистообразные просвечивающие As undulatus translucidus (As und. trans.)</p> <p><b>5.2.2</b> Высокослоистые волнистообразные непросвечивающие As undulatus opacus (As und. op.)</p> <p><b>5.2.3</b> Высокослоистые волнистообразные дающие осадки As undulatus praecipitans (As und. pr.)</p>
<p><b>Облака нижнего яруса</b></p>		
<p><b>6</b> Слоисто-кучевые Stratocumulus (Sc)</p>	<p><b>6.1</b> Слоисто-кучевые волнистообразные Sc undulatus (Sc und.)</p> <p><b>6.2</b> Слоисто-кучевые кучевообразные Sc cumuliformis (Sc cuf.)</p>	<p><b>6.1.1</b> Слоисто-кучевые просвечивающие Sc translucidus (Sc trans.)</p> <p><b>6.1.2</b> Слоисто-кучевые непросвечивающие Sc opacus (Sc op.)</p> <p><b>6.1.3</b> Слоисто-кучевые чечевицеобразные Sc lenticularis (Sc lent.)</p> <p><b>6.2.1</b> Слоисто-кучевые башенковидные Sc castellanus (Sc cast.)</p> <p><b>6.2.2</b> Слоисто-кучевые растекающиеся дневные Sc diurnalis (Sc diur.)</p> <p><b>6.2.3</b> Слоисто-кучевые растекающиеся вечерние Sc vespertalis (Sc vesp.)</p> <p><b>6.2.4</b> Слоисто-кучевые вымеобразные Sc mammatus (Sc mam.)</p>

<p><b>7</b> Слоистые Stratus (St)</p>	<p><b>7.1</b> Слоистые туманообразные St nebulosus (St neb.)</p> <p><b>7.2</b> Слоистые волнистообразные St undulatus (St und.)</p> <p><b>7.3</b> Разорванно-слоистые St fractus (St fr.)</p>	<p><b>7.3.1</b> Разорванно-дождевые Fractonimbus (Frnb)</p>
<p><b>8</b> Слоисто-дождевые Nimbostratus (Ns)</p>		
<p><b>Облака вертикального развития</b></p>		
<p><b>9</b> Кучевые Cumulus (Cu)</p>	<p><b>9.1</b> Кучевые плоские Cu himilis (Cu hum.)</p> <p><b>9.2</b> Кучевые средние Cu mediocris (Cu med.)</p> <p><b>9.3</b> Кучевые мощные Cu congestus (Cu cong.)</p>	<p><b>9.1.1</b> Разорванно-кучевые Cu fractus (Cu fr.)</p> <p><b>9.3.1</b> Кучевые с покрывалом Cu pileus (Cu pil.)</p>
<p><b>10</b> Кучево-дождевые Cumulonimbus (Cb)</p>	<p><b>10.1</b> Кучево-дождевые лысые Cb calvus (Cb calv.)</p> <p><b>10.2</b> Кучево-дождевые волосатые Cb capillatus (Cb cap.)</p>	<p><b>10.1.1</b> Кучево-дождевые лысые с грозовым валом Cb calvus arcus (Cb calv. arc.)</p> <p><b>10.2.1</b> Кучево-дождевые волосатые с грозовым валом Cb capillatus arcus (Cb cap. arc.)</p> <p><b>10.2.2</b> Кучево-дождевые волосатые с наковальной Cb capillatus incus (Cb cap. inc.)</p> <p><b>10.2.3</b> Кучево-дождевые волосатые</p>

		плоские Cb capillatus humilis (Cb cap. hum.) <b>10.2.4</b> Кучево-дождевые волосатые вымеобразные Cb capillatus mammatus (Cb cap. mam.)
--	--	--

Теперь рассмотрим более подробное описание облаков, начиная с верхнего яруса. Данные облака состоят из кристаллов льда в виде пластинок, шестигранных столбиков и игл, образовавшиеся путём сублимации водяного пара. Эти облака имеют ярко-белый цвет, без серых и тёмных оттенков.

### **Облака верхнего яруса**

**1. Перистые облака (Cirrus – Ci).** Наиболее высокие облака верхнего яруса, наблюдаются обычно в небольших количествах, но могут занимать значительную часть неба. Отдельные белые волокнистые облака, обычно очень тонкие и прозрачные, иногда более плотными частями.

Высота нижней границы облаков в умеренных широтах составляет от 7 до 10 км, в арктической зоне бывает ниже 6 км или более 12 км. В тропической зоне высота облаков достигает 17-18 км. В очень холодном климате Ci могут распространяться до самой земли в виде «алмазной пыли», искрящейся на солнце. Толщина слоя изменчива, порой достигает нескольких километров.

При увеличении количества перистых облаков они могут сменяться пеленой перисто-слоистых (Cs), иногда существуют одновременно с перисто-кучевыми (Cc).

В перистых облаках выделяют два вида: перистые волокнистые и перистые плотные, каждый из которых имеет несколько разновидностей.

**2. Перисто-кучевые облака (Cirrocumulus – Cc).** Высота нижней границы облаков в умеренных широтах составляет от 6 до 8 км, толщина слоя не превышает 200-400 м. Белые тонкие облака, состоящие из мелких волн, хлопьев или ряби.

Cc состоят из мелких ледяных кристаллов, имеющих форму столбиков или пустотелых призм.

Облака перисто-кучевые обычно наблюдаются с перистыми или перисто-слоистыми облаками. Возможны промежуточные переходные формы между низкими облаками Cirrocumulus и высокими Altocumulus, но отличить их не составляет сложности.

Cc образуются при возникновении волновых и конвективных движений в верхней тропосфере.

В перисто-кучевых облаках выделяют два вида: перисто-кучевые волнистообразные и перисто-кучевые кучевообразные, в которых выделяют по одной разновидности.

**3. Перисто-слоистые облака (Cirrostratus – Cs).** В умеренных широтах высота нижней границы облаков около 6-8 км, в арктических районах из-за низких температур значительно ниже. Белая или чуть голубоватая прозрачная пелена, однородная или слегка волокнистая структура. Осадки из этих облаков не достигают земной поверхности.

Перисто-слоистые облака состоят из ледяных кристаллов в форме игл или шестигранных столбиков, иногда соединенные по несколько штук вместе. Реже встречаются в этих облаках толстые пластинки.

Cs могут наблюдаться в сочетании с Ci и Cc. При приближении фронтальной облачной системы количество облаков Ci увеличивается и они, постепенно закрывают всё небо, сменяются Cs, перисто-слоистые уплотняются и начинают снижаться, сменяются Altostratus. Иногда слой As надвигается на фоне Cs самостоятельно, без видимой связи с ними.

Перисто-слоистые облака образуются вследствие адиабатического охлаждения воздуха при его восходящем движении в верхней тропосфере в зонах атмосферных фронтов.

В перисто-слоистых облаках выделяют два вида: перисто-слоистые волокнистые и перисто-слоистые туманообразные, разновидностей нет.

От облаков верхнего яруса перейдём к облачности среднего яруса.

### **Облака среднего яруса**

Облака среднего яруса состоят из переохлажденных капель воды или переохлажденных капель в смеси с ледяными кристаллами и снежинками. При этом кристаллы в облаках среднего яруса значительно более развиты, чем в облаках верхнего яруса: в облаках среднего яруса содержатся в основном развитые снежинки полной шестилучевой формы. Ледяные иглы, пластинки и столбики содержатся на краях облачных элементов, что вызывает особый вид свечения – иризацию на краях капельных облаков.

К основным формам облаков среднего яруса относятся высококучевые и высокослоистые облака.

**4. Высоко-кучевые облака (Alto cumulus – Ac).** Высота нижней границы в пределах от 2 до 6 км, толщина слоя не превышает 200-700 м. Белые, иногда сероватые или синеватые облака в виде волн или гряд.

Ac состоят из переохлажденных капель воды радиусом 3-6 мкм, а также из ледяных кристаллов. Такой размер капель обеспечивает возможность сосуществования капель с кристаллами льда. В более плотных элементах облаков радиус может достигать до 10-25 мкм, что ведёт к быстрому росту кристаллов, образованию и выпадению осадков, достаточно слабых по интенсивности.

Высококучевые облака определяются по характерным очертаниям и светлой окраске. В отличие от высокослоистых, они не образуют сплошного однородного серого покрова и не имеют волокнистого строения. В высококучевых облаках выделяют два вида: волнистообразные и кучевообразные.

**5. Высоко-слоистые облака (Altostratus – As).** Высота нижней границы находится, так же, как у As, в пределах от 2 до 6 км. Толщина слоя обычно 1-2 км или больше. Серая или синеватая однородная пелена, местами слегка волокнистой структуры. На нижней части пелены иногда заметны слабые волны.

Тонкие высокослоистые и верхние части более плотных As состоят преимущественно из ледяных кристаллов (пластинок), низкие As – из ледяных кристаллов (столбиков) в смеси с переохлаждёнными каплями воды. Нижние части этих облаков состоят из более крупных снежинок или мелких капель дождя.

В некоторых случаях бывает сложно отличить As от Cs, Ns и даже St. Высоко-слоистые облака отличаются от слоисто-дождевых большей высотой, меньшей плотностью и светлым тоном. As образуются вследствие охлаждения воздуха при медленном, скользящем восхождении теплого воздуха вдоль фронтальной поверхности.

В форме высокослоистых различают два вида облаков: туманообразные и волнистообразные.

### **Облака нижнего яруса**

К облакам нижнего яруса относятся все формы и виды облаков, которые образуются, развиваются и существуют в нижнем слое атмосферы.

**6. Слоисто-кучевые облака (Stratocumulus – Sc).** Нижняя граница облаков Sc колеблется в пределах 0,5-1,5 км, толщина слоя от 0,2 до 0,8 км. Они имеют вид крупных серых волн или гряд, пластин или глыб, разделённые просветами или сливающимися в сплошной неоднородный покров неодинаковой плотности.

Облака *Stratocumulus* в основном состоят из мелких капель воды, зимой переохлаждённых. В отдельных случаях среди капель присутствует некоторое количество ледяных кристаллов, пластинок и снежинок.

Слоисто-кучевые облака могут наблюдаться одновременно с As. При усиливающейся конвекции Sc, могут развиваться в кучевые облака. При

приближении фронта слоисто-кучевые облака могут смениться слоисто-дождевыми, что сопровождается усилением обложных осадков. При появлении нисходящих движений фронтальные облака Ns могут перейти в слоисто-кучевые.

В слоисто-кучевых облаках выделяют два вида: волнистообразные и кучевообразные.

**7. Слоистые облака (Stratus – St).** Наиболее низкие облака, высота нижней границы обычно в пределах от 30 до 400 м, а толщина слоя от 0,1 до 0,6 км. Однородный или почти однородный слой серого или желтовато-серого цвета, сходный с туманом, приподнятым над земной поверхностью. Нижняя поверхность часто бывает разорванной или клочковатой. Слоистые облака обычно закрывают серой пеленой всё небо, но иногда наблюдаются в виде разорванных облачных масс.

Слоистые облака состоят из мельчайших капель воды. St могут трансформироваться в слоисто-кучевые облака. Летом облака St fr. при отсутствии более высоких облаков, могут превратиться в кучевые, если поверхность земли прогревается и развивается конвекция.

В слоистых облаках выделяют три вида: туманообразные, волнистообразные и разорвано-слоистые.

**8. Слоисто-дождевые облака (Nimbostratus – Ns).** Высота нижней границы Ns отмечается в пределах от 0,5 до 1,9 км, она ниже всего вблизи линии фронта. Толщина слоя облаков обычно достигает 2-3 км, иногда 5 км и более. Однако нередки случаи, когда толщина слоя не превышает 1-2 км и между ними и вышележащими высоко-слоистыми имеется безоблачная прослойка. Тёмно-серый облачный слой, иногда желтоватым или синеватым оттенком.

Слоисто-дождевые облака состоят из переохлаждённых капель и ледяных кристаллов. В верхней части облака кристаллы имеют преимущественно форму столбиков, в нижней – форму пластинок. В нижней



части облака преобладают мелкие капли воды с примесью снежинок или сравнительно крупных капель.

Основным признаком, по которому определяются слоисто-дождевые, служит выпадение обложных осадков.

**9. Кучевые облака (Cumulus – Cu).** Высота нижней границы облаков зависит от дефицита насыщения. В умеренных широтах высота нижней границы кучевых облаков составляет от 0,6 – 1,2 км, вертикальная протяженность от 100 метров до нескольких километров. Плотные, развитые по вертикали облака с белыми куполообразными или кучевообразными вершинами и с плоским сероватым или синеватым основанием. На небе могут быть отдельно расположенными облаками или же значительными скоплениями, распространившись по всему небу.

Развиваясь, кучевые облака могут трансформироваться в кучево-дождевые. Бывает, что кучевые и кучево-дождевые облака наблюдаются одновременно. Весной и летом облака могут наблюдаться на фоне любых других облаков, которые не препятствуют прогреванию поверхности земли и развитию дневной термической конвекции.

Кучевые облака, в отличие от **Sc** не образуют непрерывного слоя. Покров всегда разделяется на отдельные облака, в промежутках между которыми видны их бугристые, резко очерченные края, уходящие в высоту.

Основной процесс образования кучевых облаков – мощные восходящие движения воздуха, обусловленные неравномерным нагревом подстилающей поверхности.

Из многообразия кучевых облаков выделяют три вида: кучевые плоские, кучевые средние и мощные кучевые.

**10. Кучево-дождевые облака (Cumulonimbus – Cb).** Высота нижней границы кучево-дождевых облаков находится в пределах от 0,6 до 1,2 км. Верхняя граница достигает 4-5 км, в отдельных случаях высоты тропосферы. Белые облака с тёмными, иногда синеватыми основаниями, поднимающиеся в виде огромных, подобно горам, облачных масс с белыми

вершинами, как правило, имеющими волокнистую структуру. В холодный сезон волокнистую структуру имеет всё облако.

Кучево-дождевые облака образуются, как правило, в результате развития *Cu cong.* Если кучево-дождевые облака сильно распространились по горизонтали и из просветов не видно резко очерченных бугристых боковых сторон облаков, то их можно спутать со слоисто-дождевыми. Основное различие между этими видами облаков, что кучево-дождевые имеют свинцово-тёмную окраску и дают ливневые осадки.

Основным процессом образования кучево-дождевых облаков является процесс охлаждения воздуха при восходящем движении в условиях сильно развитой динамической или термической конвекции.

В кучево-дождевых облаках разделяют два вида: кучево-дождевые лысые и кучево-дождевые волосатые.

Таким образом, рассмотрев морфологическую структуру классификации облаков, мы делаем вывод, что облака находятся на разных высотах и подразделяются на виды и разновидности. Так же различаются по микрофизической структуре. Облачность вертикального развития выделяют как отдельный вид из-за особенности развития – основание такой облачности может располагаться в нижнем ярусе, а вершина - в среднем или же верхнем, вплоть до тропопаузы.

### 1.3 Влияние атмосферных условий на процесс облакообразования.

Как мы знаем, для формирования облаков нужны определенные условия: насыщение водяного пара, ядра конденсации, конвекция и прочее, также существует широтная и региональная зависимость для облакообразования.

Географическая широта – это определение какого-либо региона в климатическом поясе. От положения зависят факторы, такие как тепловой режим региона, который в свою очередь зависит от высоты полуденного солнца над горизонтом. Особенности циркуляции атмосферы зависят от положения в климатических поясах и типов воздушных масс, которые там располагаются.

Зоны климата имеют распределение суши и моря, близость океанов и морей. Привязанность районов к суше или океану, влияет на годовые и суточные метеорологические данные. Континентальный климат формируется при круглогодичном преобладании континентальных воздушных масс. Климат морской формируется при круглогодичном преобладании морских воздушных масс. Вследствие чего между ними выявляются следующие различия:

<b>Морской</b>	<b>Континентальный</b>
Относительная влажность воздуха летом велика	Относительная влажность летом мала
Сезонные колебания относительной влажности малы	Сезонные колебания относительной влажности велики
Небольшие сезонные колебания температур	Большие сезонные колебания температур

Небольшие суточные колебания температур	Большие суточные колебания температур
Облачность значительная	Облачность не значительная
Пасмурных дней больше, чем ясных	Ясных дней больше, чем пасмурных
Много дней с туманами	С туманами дней мало
Осадков выпадает много	Осадков сравнительно мало
Суточный ход осадков характеризуется максимум ночью и утром, минимумом после полудня	Суточный ход осадков характеризуется двумя максимумами и двумя минимумами
Скорости ветра больше в связи с небольшим трением	Скорость ветра меньше в связи с большим трением
Испаряемость меньше	Испаряемость больше
Увлажнение больше	Увлажнение меньше

Таблица 1.2 – Различие континентального и морского климата.

Тип климата определяется отдалённостью или близостью морей и океанов, так же и подстилающая поверхность оказывает воздействие на климат. Зависимость от степени шероховатости, снежного или растительного покрова.

Рассмотрим особенности образования облачности в полярных широтах:

1. Благодаря глубоким инверсиям в полярных регионах происходит усиление развития тёплых воздушных масс, которые приходят из прилегающих регионов. В зимний период, возникновение инверсий происходит из-за радиационного выхолаживания воздуха, который приносят антициклоны. А в летний период инверсии появляются в результате таяния льда и снега.
2. Из-за низкого положения уровня конденсации, высота облачности всех ярусов ниже, чем в умеренных широтах. Так же, здесь присутствует больше случаев переохлаждённых туманов и смешанные облака. Причиной этого является – отрицательная температура на протяжении многих месяцев.
3. Как мы уже знаем, в полярных широтах происходит большая повторяемость инверсий. В связи с этим циркуляция воздуха достаточно слабая, поэтому влага накапливается под инверсиями. Что приводит относительную влажность нижних слоёв воздуха близкой к насыщению в течение всего года, даже при малой абсолютной влажности. Вследствие чего, в полярных широтах преобладает слоистообразная облачность.

Как и во всех широтах на Земле, в Арктике выделяют фронтальную и внутримассовую облачность. В западной части Арктики формирование облачных систем происходит в морских влажных воздушных массах. В тёплый период эти облака по характеристикам и толщине, близки к облакам умеренных широт.

В тоже время, облачные системы тёплого фронта бывает замаскированные слоисто-кучевой и слоистой облачностью, чем и отличается от ярко выраженной фронтальной облачности умеренных широт.

О приближении холодного фронта сигнализируют чечевицеобразные облака не только верхнего и среднего ярусов, но и нижнего.

В Арктике, внутримассовую облачность в основном составляют слоисто-кучевые и слоистые облака. Очень редко наблюдаются и кучевые облака, как правило, над побережьем и над островами.

В тёплый период, когда лёд растаял ещё не полностью, в ночное время могут возникнуть кучево-дождевые облака. Они образуются вследствие термической конвекции, и хоть слабо развиты по вертикали, ливневые осадки всё же дают, которые сопровождаются шквалистым ветром.

Кучевые мощные и кучево-дождевые облака, образующиеся во фронтах над арктическими водами, мало чем отличаются от тех же облаков умеренных широт.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что облачность полярных широт мало отличается от других регионов. Но наблюдаются некоторые особенности процессов облакообразования. Атмосферные осадки, выпадающие из различных видов облаков, о чём свидетельствует таблица 1.3, такие же, как и в средних широтах: снег, морось, дождь, снежная крупа, снежные зёрна, ледяная крупа и град, отличаются исключительно интенсивностью из-за ограниченного развития облаков по высоте.

Вид облаков	Гидрометеоры						
	снег	морось	дождь	снежная крупа	снежные зёрна	ледяная крупа	град
Ci							
Cc							
Cs							
Ac							
As	+		+				
Ns	+		+				
Sc	+		+	+			
St	+	+			+		
Cu	+		+	+			
Cb	+		+	+		+	+

Таблица 1.3 – Осадки, выпадающие из различных форм облаков

## **2. Физико-географическое и климатическое описание региона бухты Тикси.**

### **2.1 Физико-географическое и климатическое описание**

Изучение климата и погодных условий какого-либо региона невозможно без знаний его физико-географического положения.

Бухта Тикси располагается к юго – востоку от устья реки Лена. Ширина залива у входа 17 км, длина 21 км. Ледостав с октября по июль. Приливы высотой 30 см, глубина до 11 м. Берег в северной части сложен льдом и рыхлыми породами [1].

Рельеф территории бухты Тикси холмистый. С северо-запада, севера и северо-востока бухту окружает море Лаптевых. С восточно-юго-восточной стороны окружена сопками. У бухты Тикси так же наблюдаются и участки скалистого берега, вблизи которых лежат каменистые островки.

Дельта реки Лена, занимает обширное пространство между Оленёкским заливом и бухтой Тикси. Горы здесь отступают от береговой линии на значительное расстояние, поэтому видны только на близких подходах к бухте. Это отроги Среднесибирского плоскогорья. В самой бухте Тикси отроги Хараулахского хребта, которые возле берегов довольно обрывистые, скалистые с каменистыми осыпями.



Рисунок 2.1 – Бухта Тикси и остров Бруснёва

В Бухте Тикси расположен остров Бруснёва (рис 2.1) в западной его части на берегу залива расположен поселок городского типа и морской порт Тикси (рис. 2.2 – 2.3). Остров Бруснёва, это небольшой остров с размерами 1 на 2 км. Расположен в бухте Тикси в 5 км на восток от поселка Тикси. Остров был назван в честь инженера и участника Русской полярной экспедиции Михаила Ивановича Бруснёва.



Рисунок 2.2 – Снимок Яндекс карты залива Булункан и пгт. Тикси





Рисунок 2.3 – Морской порт Тикси

В бухту впадает несколько небольших рек, одна из них Булункан, которая впадает с западного берега в залив Булункан (рис.2.2). Также одним из крупнейших заливов, располагающихся в бухте Тикси является залив Сого (рис.2.5). Рядом в устье этой реки расположен поселок первой полярной станции Тиксинской гидрометеорологической службы (рис 2.7), основанной в 1932 году, которая продолжает существовать и работать и в настоящее время.

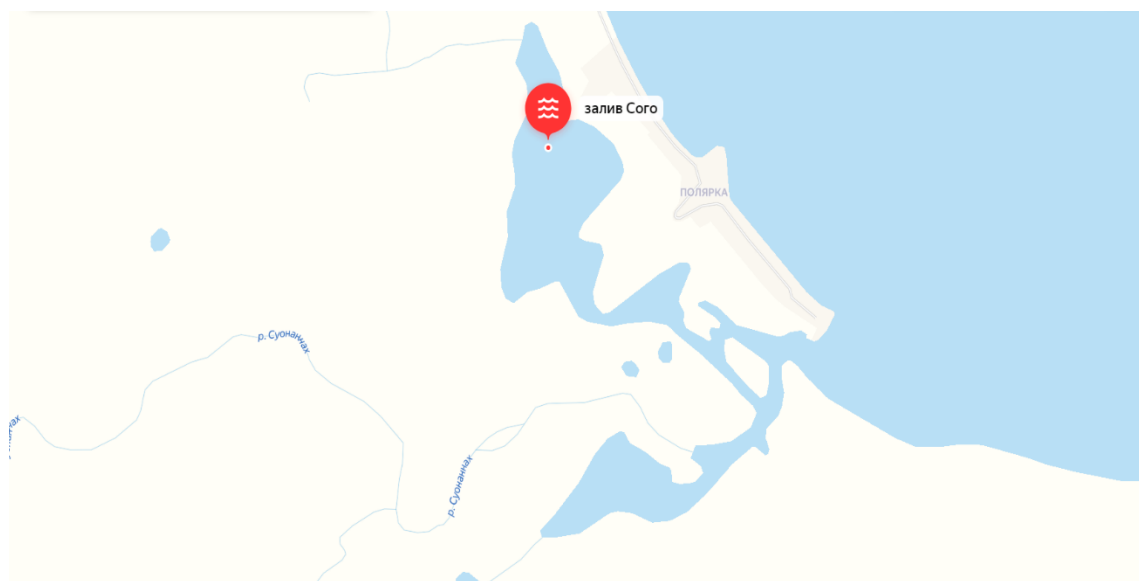


Рисунок 2.4 – Снимок Яндекс карты, залив Сого



Рисунок 2.5 – Снимок со спутниковой карты п. Полярный



Рисунок 2.7 – Полярная метеорологическая станция Тикси

В море Лаптевых впадает множество рек, самой крупной из которых: Лена, Яна, Оленёк и т.д. Эти реки, при впадении в море образуют обширные

дельты. Береговая линия моря Лаптевых сильно изрезана, имеет множество заливов: бухта Тикси, заливы Хатангский и Янский, губа Буор-Хая.

Так же в море Лаптевых много островов, которые, в своём большинстве расположены вблизи материка. Это и одиночные острова и архипелаги.

Большую часть года данная акватория скованна льдом, лишь в короткий летний период довольно значительное пространство моря освобождается от льда.

Море Лаптевых относится к бассейну Северного Ледовитого океана. Располагается на материковой отмели и является самым мелководным из всех арктических морей, местами его глубины не превышает 30 метров.



Рисунок 2.8 – Северный Ледовитый океан

Северный Ледовитый океан является самым малым по площади из всех океанов Земли. Его название говорит о том, что находится он в северном полушарии. А точнее, занимает площадь около 15 млн. км<sup>2</sup> арктической зоны. В сравнении с другими океанами он не имеет больших глубин, поскольку около 70% дна Северного Ледовитого океана занимает подводные окраины материков.

## **2.1 Климатические особенности бухты Тикси и моря Лаптевых.**

Расположение бухты Тикси на побережье Северного Ледовитого океана значительно влияет на её климатические особенности. Климат здесь суровый, субарктический. Определяющим является то, что бухта Тикси расположена за полярным кругом. Поэтому здесь продолжительные полярный день и полярная ночь: полярный день длится с 9 мая по 5 августа, полярная ночь длится с 16 ноября по 26 января. Характеризуется суровой продолжительной зимой с сильными ветрами и метелями, и коротким холодным летом. Уже в конце сентября приходит климатическая зима, которая заканчивается в конце мая. А может и зайти на календарное лето и может закончиться только в июне. Но круглый год возможны заморозки.

Характерный радиационный режим для всего арктического региона, когда солнечная радиация, в течение года, поступает не равномерно на эти территории. Это и определяет арктический (субарктический) климат региона. Происходит это, прежде всего, из-за географического местоположения. Т.е., в полярную ночь – полное отсутствие солнечной радиации, и её значительное увеличение в полярный день.

Основным климатообразующим фактором рассматриваемой территории является её положение относительно ближайших областей высокого и низкого давления.

Главными центрами действия атмосферы здесь являются арктический максимум, Азиатский (Сибирский) максимум, сменяющийся летом

континентальной депрессией, Исландский и Алеутский минимумы. Из-за своей удалённости меньшее влияние оказывает Северо-Тихоокеанский максимум.

Зимой, основным барическим образованием, определяющим погодные условия региона, является отрок Азиатского антициклона, почти полностью занимающего территорию Якутии. Эта область высокого давления начинает своё формирование в сентябре с центром над Тывой и севером Монголии.

Летом, над Якутией располагается область пониженного давления с центром в районе Оймякона.

Бухта Тикси расположена в географической зоне вечной мерзлоты, тундры, субарктической тундры.

### **3. Анализ облачного режима в летний и зимний периоды бухты Тикси.**

Облачность играет важную роль в климатических процессах. Она влияет на температуру воздуха. Значительное количество облачности препятствует выхолаживанию подстилающей поверхности зимой. А в летний период её значительное количество препятствует прогреву деятельной поверхности, так как затрудняет проникновению солнечной радиации.

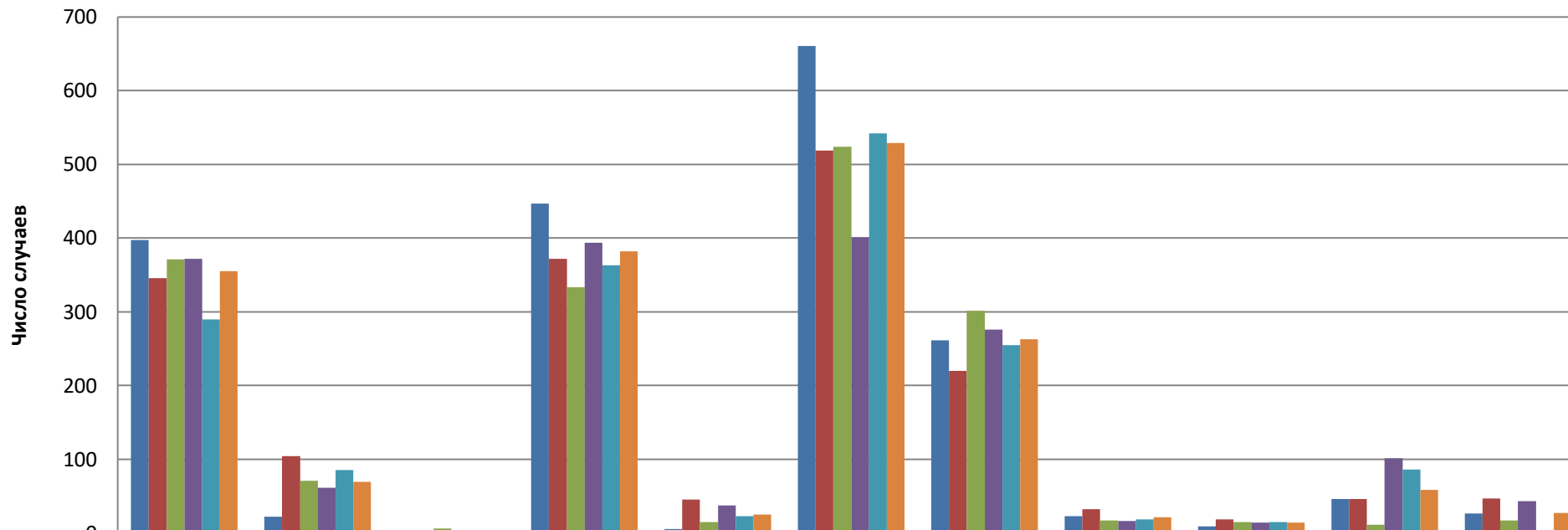
Так же облачность влияет на количество осадков. То, какой вид облачности наблюдается, какова его водность и т.д. зависит количество осадков достигающих земли.

Значительное влияние облачность может оказывать на скорость ветра. Так, например, при прохождении значительной кучево-дождевой облачности могут наблюдаться шквалистые ветры, т.е. резкое усиление его скорости и даже смена направления.

Начиная анализ облачного режима бухты Тикси в летний и зимний период, необходимо выявить повторяемость видов облачности по сезонам за определённые промежутки времени. В данной работе для исследования был взят современный период с 2017 по 2021 гг. и он является основным объектом исследования. Для сравнения был выбран период с 1980 по 1984 гг. Данные были взяты из архива ФГБУ Якутское Управление Гидрометеорологической Службы. Далее информация была обработана и структурирована для удобства дальнейшего анализа.

Исходя из анализа климатических условий бухты Тикси, выполненного во второй главе данной работы, можно сделать условное разделение летнего и зимнего периода. Согласно которому, к зимнему периоду будут отнесены месяцы, начиная с сентября по апрель, а к летнему с мая по август, включительно. Так как переходных периодов практически нет, и уже с середины сентября наблюдается значительное понижение температуры воздуха. Летний период короткий и его средняя температура достигает лишь +8 градусов.

### Повторяемость облачности в летний период (2017-2021гг.)



	Ci	Cs	Cc	Ac	As	Sc	St	Ns	Cu	Cb	Frnb
■ 2017	397	22	0	447	5	661	261	23	9	46	26
■ 2018	346	104	0	372	45	519	220	32	18	46	47
■ 2019	371	71	6	333	15	524	301	17	15	11	17
■ 2020	372	61	3	394	37	401	276	16	14	101	43
■ 2021	290	85	0	363	23	542	255	18	15	86	4
■ Ср. знч.	355	69	2	382	25	529	263	21	14	58	27



Рисунок 3.1 – Диаграмма повторяемости облачности в летний период 2017-2021 гг.

При анализе графика повторяемости облачности в летний сезон в период с 2017 по 2021 гг. (рис. 3.1) было выявлено:

- в 2017 году чаще всего наблюдалась слоисто-кучевая (Sc) облачность – 661 случай. Далее, по мере убывания, высоко-кучевая (Ac) – 447 случаев и слоистая (St) – 261 случай. Облака вертикального развития в этом году наблюдались, но число их незначительно, кучево-дождевые (Cb) – 46 случаев, кучевые (Cu) – 9. Реже наблюдались слоисто-дождевые (Ns) и разорвано-дождевые (Frnb) – 23 и 26 случаев соответственно.



Рисунок 3.2 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в летний период 2017 г.

Эту тенденцию подтверждает и гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в летний период 2017 года. На которой чётко прослеживается преобладание обложных осадков выпадающих из слоистой облачности. И не значительного числа случаев ливневых осадков, которые даёт кучево-дождевая облачность.

- в 2018 году тенденция повторяемости незначительно изменилась. Чаще всего так же наблюдается слоисто-кучевая (Sc) – 519 случаев, далее по числу случаев высоко-кучевая (Ac) – 372 случая. Но в этом году возросло

число регулярного повторения перисто-слоистой (Cs) облачности – 104. И чаще наблюдалась разорвано-дождевая (Frnb) и слоисто-дождевая (Ns) облачность – 47 и 32 случая. Регулярность облачности вертикального развития осталась на прежнем уровне.



Рисунок 3.3 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в летний период 2018 г.

В 2018 году сохраняется тенденция преобладания слоистой облачности и обложных осадков (рис. 3.3).

- в 2019 году чаще всего, так же наблюдается слоисто-кучевая

(Sc) – 524, и высоко-кучевая (Ac) – 333. Но в этом году резко сократилось число случаев повторяемости облачности вертикального развития (10 – 15 случаев). А так же слоисто-дождевой (Ns) и разорвано-дождевой (Frnb) до 17 случаев.

Эти изменения чётко прослеживаются и отражаются на гистограмме повторяемости обложных и ливневых осадков за летний период 2019 года (рис. 3.4). Сохраняется преобладание обложных осадков и слоистой облачности. А так как резко сократилось число случаев периодичности

облачности вертикального развития, то и осадки ливневого характера или отсутствуют совсем, или редко наблюдаются.



Рисунок 3.4 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в летний период 2019 г.

- в 2020 году сохраняется общая тенденция по преобладанию слоисто-кучевой (Sc) и высоко-кучевой (Ac) облачности. Но резко возрастает количество случаев наблюдения кучево-дождевой облачности (Cb) до 101 и разорвано-дождевой (Frnb) до 43 случаев.

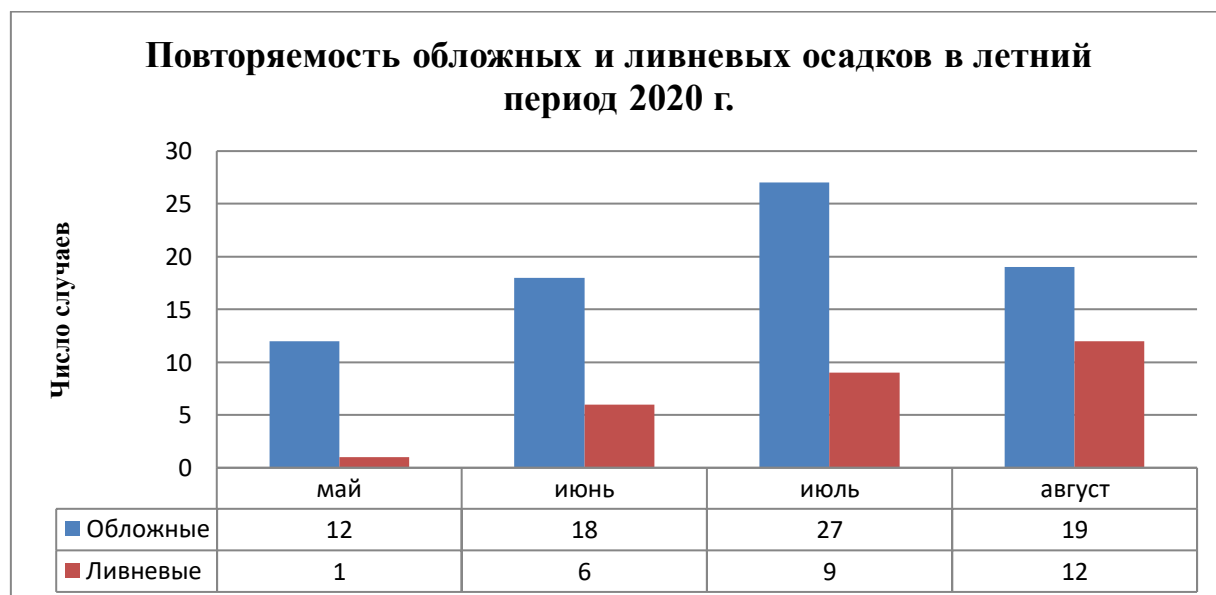


Рисунок 3.5 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в летний период 2020 г.

Все изменения подтверждает и гистограмма повторяемости осадков за 2020 год, где мы видим значительный рост числа случаев выпадения ливневых осадков.

- в 2021 году первенство слоисто-кучевой (Sc) и высоко-кучевой (Ac) сохраняется. И остаётся довольно значительным числом случаев кучево-дождевой облачности (Cb) – 86.

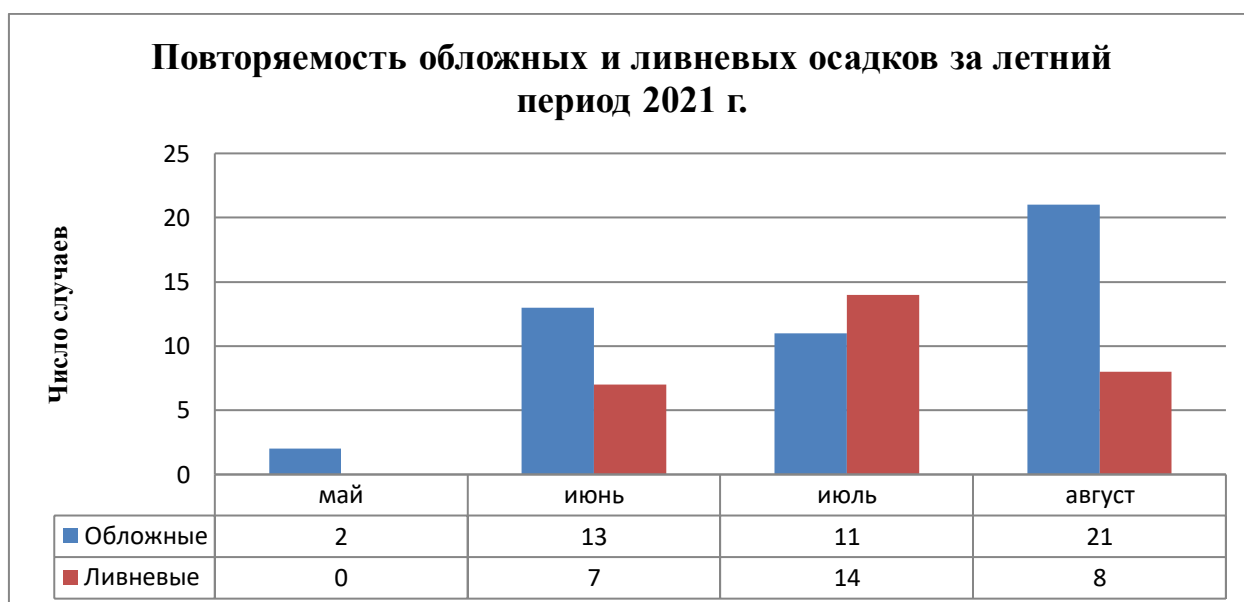


Рисунок 3.6 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в летний период 2021 г.

В этом году мы впервые наблюдаем единственный случай за весь изучаемый период, когда нарушается цикличность и ливневые доминируют над обложными осадками, о чём свидетельствуют данные на гистограмме.

Таким образом, можно сделать вывод, что в бухте Тикси в летний период преобладает облачность среднего и нижнего яруса. Средний ярус –

это, как правило, высококучевая облачность в пределах 350-450 случаев, и в последние годы изучаемого периода наблюдается незначительное уменьшение числа случаев. Облачность верхнего яруса в основном представлена одним видом – перистых облаков, и число наблюдаемых эпизодов за период изучения снижается с 397 до 290 случаев.

В облачности нижнего яруса преобладает слоисто-кучевая облачность во всём периоде, и составляет от 400 до 661 случая. Гораздо реже, но количество довольно значительное, повторяется слоистая облачность – от 220 до 300 случаев. В этом случае нет резких перепадов в количестве, т.е. число случаев наблюдения данного вида облачности в течение всего изучаемого периода стабильно.

В последние годы сокращается число случаев наблюдения разорванно-дождевой облачности с 32 до 16. Количество случаев наблюдений разорванно-дождевой облачности нестабильно в течение всего периода с 2017 по 2021 гг. и варьируется от 4 до 47 случаев и в обратном порядке.

Число повторяемости облачности вертикального развития в начале исследуемого периода, стабильно и составляет 46 случаев, в 2019 году идёт спад до 11, а в 2020 году число случаев резко возрастает до 101, в 2021 году немного снижается до 86. Т.е., в последние годы наметилась тенденция повышения числа случаев наблюдения облачности вертикального развития.

Эту тенденцию подтверждает и гистограмма обложных и ливневых осадков за летний период 2017 года. На которой чётко прослеживается преобладание обложных осадков из слоистообразной облачности. И незначительного числа случаев ливневых осадков, которые даёт кучево-дождевая облачность.

Как уже было отмечено в первой главе данной работы, в полярных районах относительная влажность нижних слоёв воздуха близка к насыщению в течение всего года, поэтому очень часто образуются мощные инверсии. Они ослабляют турбулентное перемешивание воздуха, поэтому

под инверсиями скапливается значительное количество влаги. Это и объясняет преобладание слоистообразной облачности.

Как и в других широтах, в Арктике две основные группы облаков: фронтальные и внутримассовые. Но из-за сильного влияния подстилающей поверхности, фронтальная облачность в Арктике замаскирована слоистыми и слоисто-кучевыми облаками. В Арктике очень трудно отличить слоистые облака от разорванно-дождевых, т.к. слоистая облачность очень плотная, закрывает большую часть небосвода и сильно его затемняет.

Завершив анализ летнего периода, начинаем анализировать данные зимнего периода за 2017-2021 года.

### Повторяемость облачности в зимний период (2017-2021гг.)

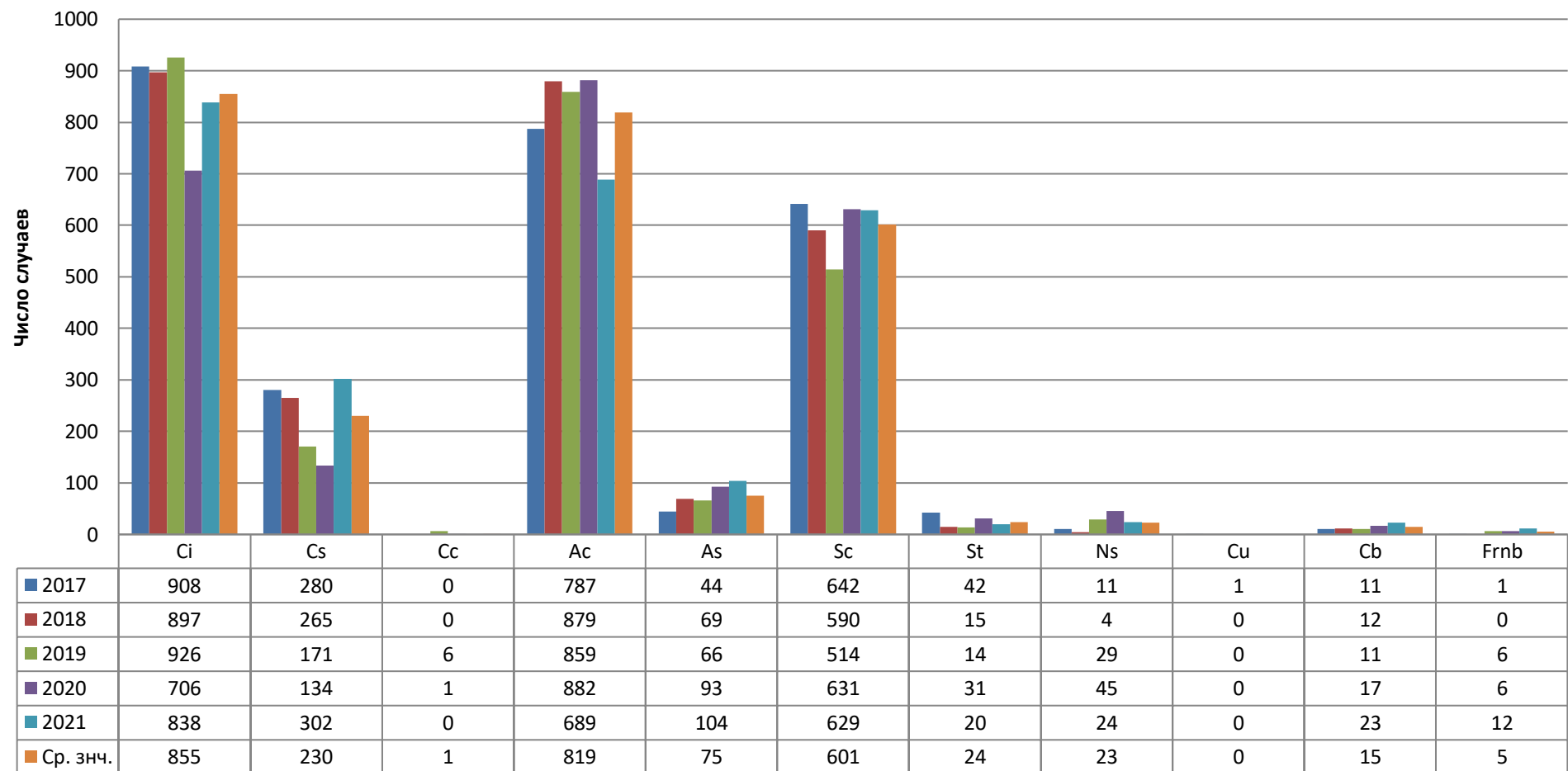




Рисунок 3.7 – Диаграмма повторяемости облачности в зимний период 2017-2021 гг.

После изучения графика повторяемости облачности в зимний период за 2017-2021 гг., мы получили следующие результаты:

- в 2017 году чаще всего наблюдались перистые (Ci) облака – 908 случаев, высококучевая (Ac) – 787, слоисто-кучевая (Sc) – 642 случая повторяемости, перисто-слоистая (Cs) – 280, слоистая (St) – 42, слоисто-дождевая (Ns) – 11 случаев. Облака вертикального развития кучево-дождевые (Cb) – 11, единичный случай кучевой (Cu) и разорванно-кучевой (Frnb) облачности.



Рисунок 3.8 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в зимний период 2017 г.

Из анализа данных диаграммы повторяемости облачности в зимний период, можно сказать следующее – доминантной является слоистообразная облачность. Из чего следует, что и осадки в этот период были обложные, как показано на гистограмме (рис. 3.8).

- за период 2018 года, исследования показали похожую тенденцию. Как и в 2017 году первенство занимает перистая (Ci) облачность – 897 случаев, не многим меньше повторяется высококучевая (Ac) с числом случаев – 879. Далее по мере убывания количества случаев идёт слоисто-кучевая (Sc) – 590.

Перисто-слоистая (Cs) облачность была зафиксирована в количестве – 265 случаев, высокостроистые (As) облака – 69 раз. Слоистая (St) – 15 случаев, кучево-дождевые (Cb) были отмечены – 12 раз. Наименьшее количество случаев в данный период слоисто-дождевых (Ns) облаков – 4.

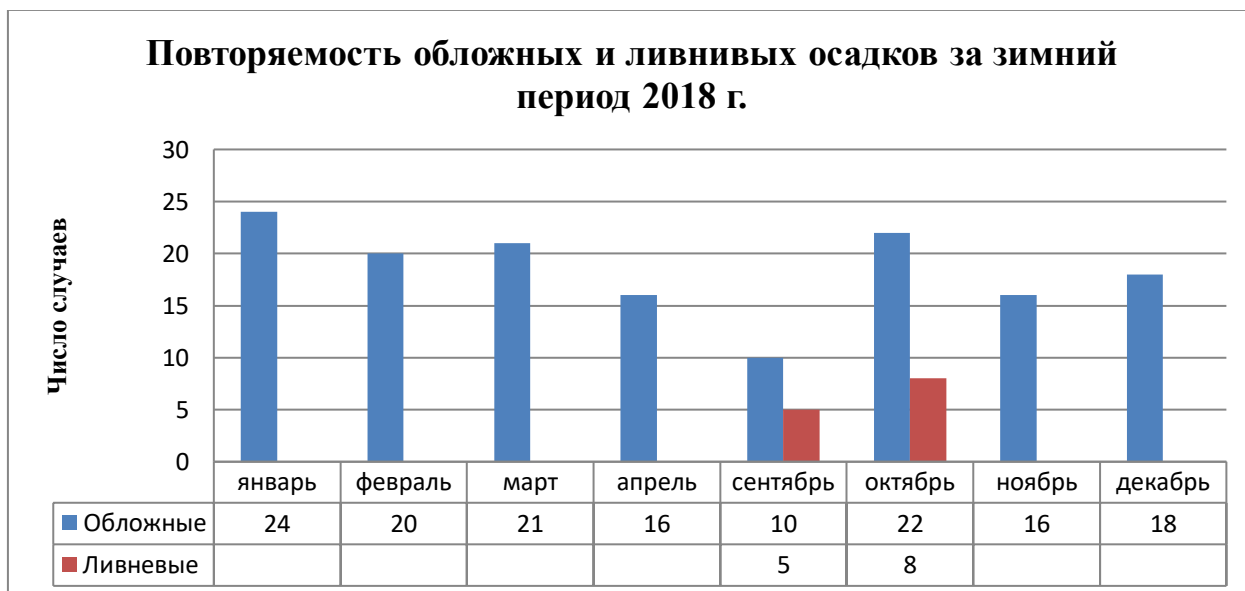


Рисунок 3.9 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в зимний период 2018 г.

- в 2019 году первое место по повторяемости числа случаев занимает перистые (Ci) облака – 926, высококучевые (Ac) – 859 случаев наблюдения, слоисто-кучевые (Sc) – 514, далее облака верхнего яруса перисто-слоистые (Cs) – 171, высокостроистые (As) – 66 случаев, слоисто-дождевая (Ns) – 29. Слоистая (St) облачность фиксировалась – 14 раз за сезон. Облачность вертикального развития отмечалась в виде кучево-дождевых (Cb) – 11 случаев. С наименьшим количеством случаев наблюдалась разорванно-дождевая (Frnb) и перисто-кучевая (Cc) – 6.

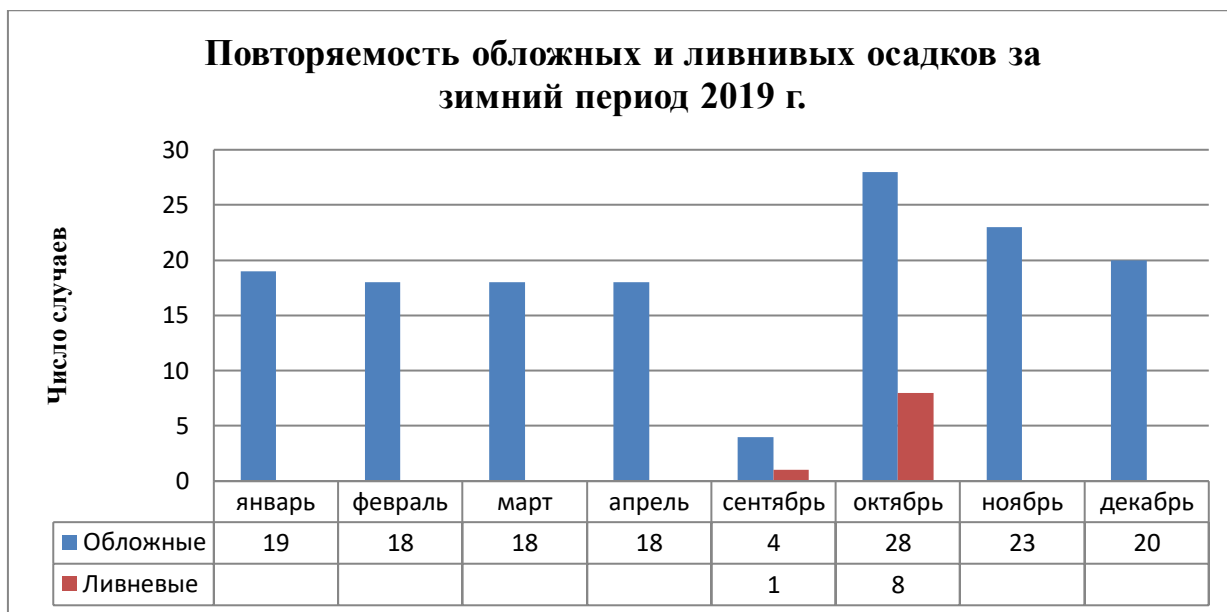


Рисунок 3.10 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в зимний период 2019 г.

Исходя из результатов наблюдений повторяемости облачности за 2019 год, можно отметить, что преобладающими облаками дающие осадки, являются слоистообразные.

- в 2020 году мы видим изменение тенденции. Наибольшее количество случаев наблюдалась высококучевая (Ac) облачность – 882 раза, перистые (Ci) – 706 случаев, слоисто-кучевые (Sc) – 631. Уменьшилась повторяемость перисто-слоистых (Cs) до 134. В тоже время виден рост числа высокослоистой (As) облачности – 93. Так же возрастает количество слоисто-дождевой (Ns) – 45 и слоистой (St) облачности - 31. Кучево-дождевые (Cb) облака- 17 случаев, разорванно-дождевая (Frnb) - 6. Кучевые (Cu) облака наблюдались один раз за зимний период.

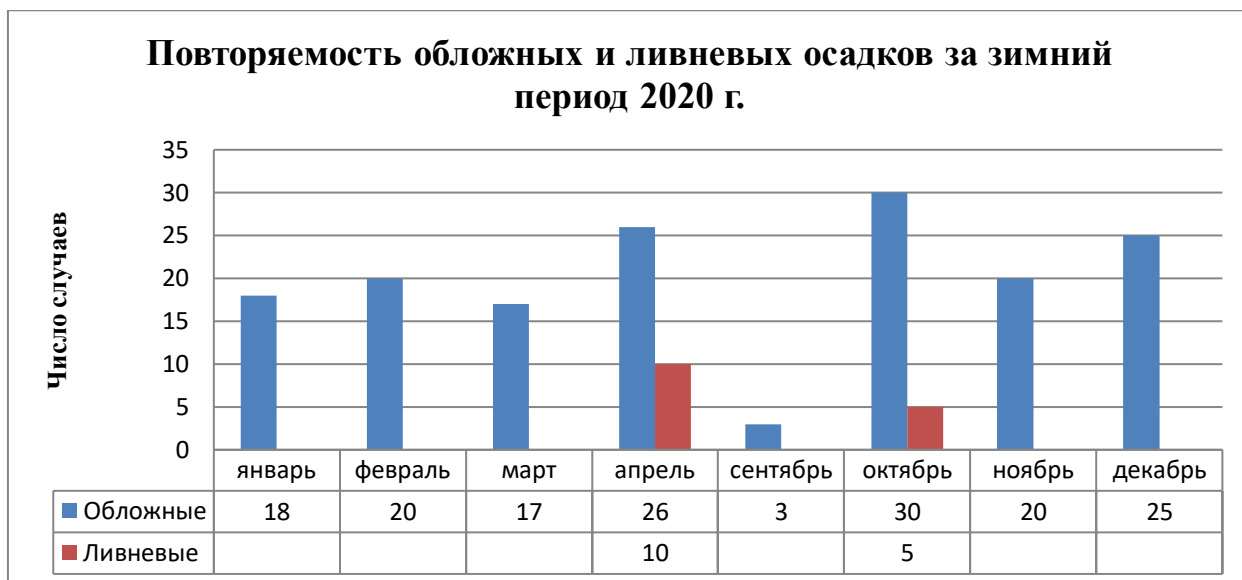


Рисунок 3.11 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в зимний период 2020 г.

Сопоставив диаграмму повторяемости облачности в зимний период 2017-2021 гг. и гистограмму обложных и ливневых осадков в зимний период 2020 г., можно сделать вывод, что преобладающей облачностью остаётся слоистообразная, что говорит и количество обложных осадков.

- в 1021 году чаще всего фиксировались перистые (Ci) – 838 случаев, высококучевые (Ac) – 689 раз были отмечены на полярной станции. Слоисто-кучевые (Sc) облака – 629 случаев. По данным из графика виден резкий рост перисто-слоистых (Cs) облаков – 302 случая. Высокослоистая (As) облачность повторялась – 104 раза за зимний период. Слоисто-дождевая (Ns) облачность наблюдалась – 24 случая, кучево-дождевые (Cb) облака – 23. Слоистые (St) облака уменьшили своё количество до 20 случаев, разорванно-дождевые (Frnb) – 12 случаев.

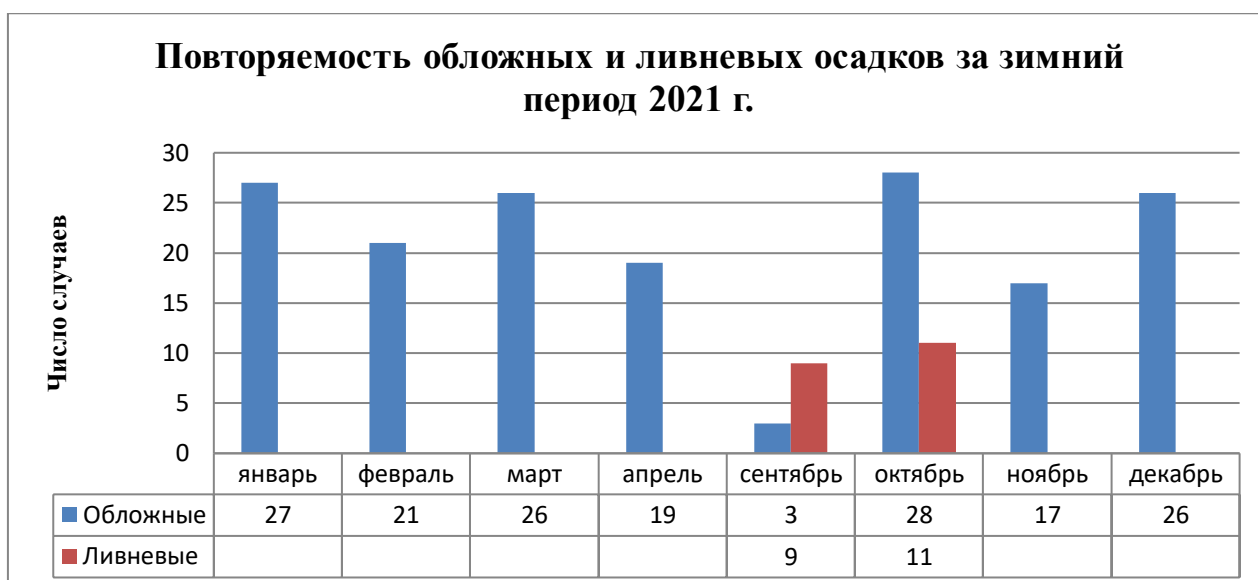


Рисунок 3.12 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в зимний период 2021 г.

По данным гистограммы повторяемости обложных и ливневых осадков в зимний период 2021 г. (рис. 3.12), отчётливо видно, что ход облачности не изменился и преобладающими облаками, являются слоистообразные.

Таким образом, можно сделать вывод, что в бухте Тикси в зимний период преобладает облачность верхнего и среднего яруса. Верхний ярус – это, как правило, перистая облачность от 700 до 900 случаев и перисто-слоистая, но гораздо реже, от 130 до 300. Средний ярус, в основной массе представлен высококучевыми облаками, 680 - 880 случаев. Но в последние годы возрастает число повторяемости высокослоистой облачности с 44 до 104 наблюдений. Число случаев наблюдений обоих ярусов стабильно и имеет незначительную амплитуду в течение всего сезона.

В облачности нижнего яруса преобладает слоисто-кучевая облачность во всём периоде, и составляет от 510 до 650 случаев. Остальные виды облачности нижнего яруса представлены в незначительном количестве: слоисто-дождевая до 45 случаев и слоистая до 42. Облачность вертикального

развития представлена одним видом - кучево-дождевыми и число их незначительно, максимум 23 случая в 2021 году.

Как уже было отмечено в двух первых главах, при изучении облачности и её особенностей в полярных регионах, преобладание облачности верхнего яруса связано с влиянием холодных арктических масс с малой водностью и сильным выхолаживанием подстилающей поверхности, большую часть года находящуюся под снегом и льдом.

Как и в других широтах, в Арктике две основные группы облаков: фронтальные и внутримассовые. Но из-за сильного влияния подстилающей поверхности, фронтальная облачность в Арктике замаскирована слоисто-кучевыми облаками. В Арктике очень трудно отличить слоистые облака от разорванно-дождевых, т.к. слоистая облачность очень плотная, закрывает большую часть небосвода и сильно его затемняет.

Подводя итог исследования зимнего и летнего сезонов периода с 2017 по 2021 годы можно сказать, что в летний период преобладает слоистая облачность среднего и нижнего яруса. Что подтверждают гистограммы повторяемости осадков за этот сезон, где преобладают осадки обложного характера, прямо указывающие на доминирование этого вида облачности. Зимой – это облачность верхнего и среднего яруса, а в нижнем ярусе, по традиции, доминирует слоисто-кучевая облачность. Кроме того, при изучении особенностей климата и облачного режима бухты Тикси и полярных регионов в целом было выявлено, что фронтальная облачность замаскирована слоисто-кучевыми облаками, поэтому так велико их количество наблюдений по обоим сезонам. Особенно ярко это выражено в летний период. Это объясняется еще и тем, что циклоны, проходящие по данной территории не глубокие и несут небольшой запас влаги. Это одно из самых интересных наблюдений в ходе исследования. Следовательно, даже при прохождении фронтальной облачности, особенно в зимний период, когда над Якутией устанавливается Сибирский максимум и усиливается влияние Арктики, наблюдение за облачностью нижнего яруса становится крайне

сложным и требует большого профессионального опыта и знаний особенностей облачного режима региона.

Облака вертикального развития наблюдаются довольно редко. На это влияет, прежде всего, физико-географическое положение региона и его температурный режим. Эти факторы препятствуют значительному развитию кучевой и кучево-дождевой облачности, поэтому так невелико количество случаев наблюдения данного вида облачности, особенно зимой.



Повторяемость облачности в летний период 1980-1984 гг.

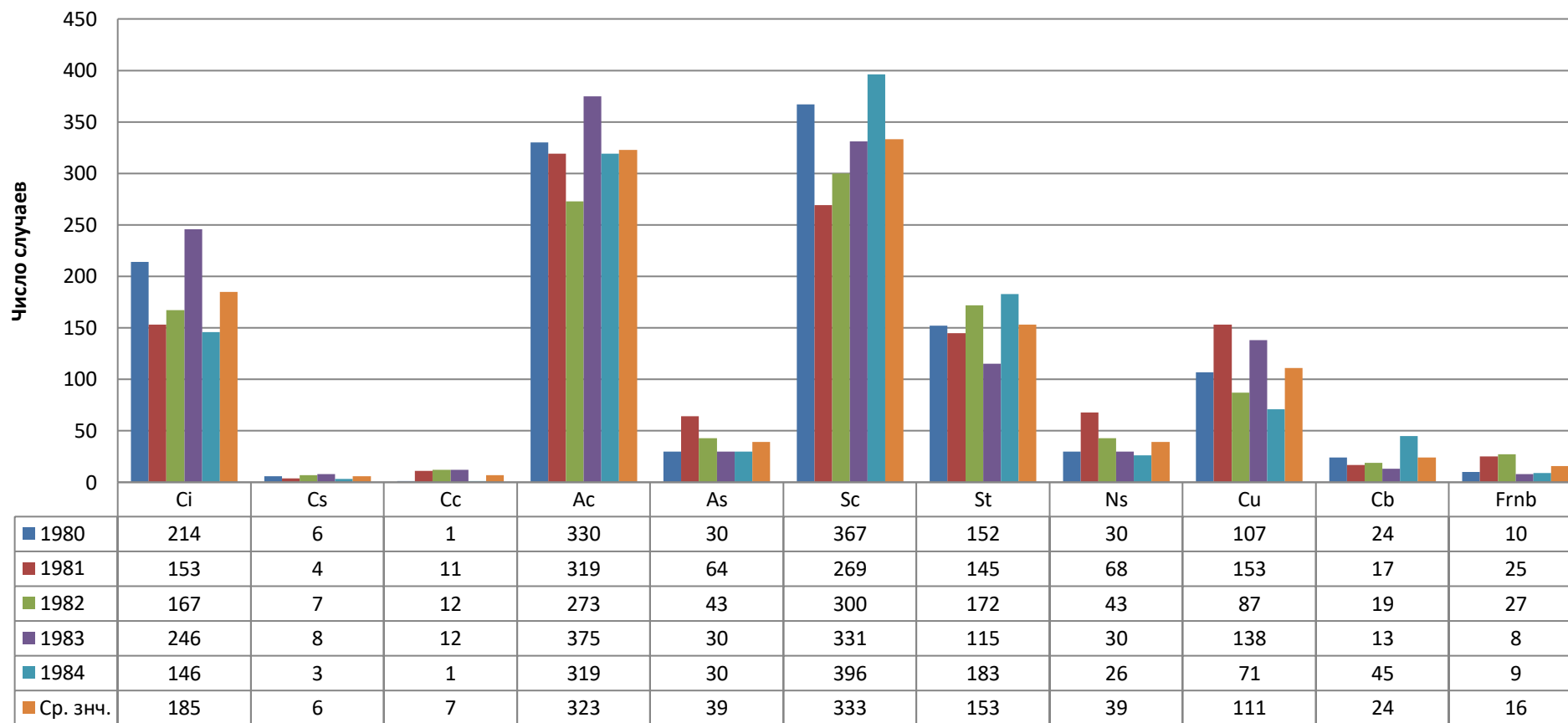


Рисунок 3.13 – Диаграмма повторяемости облачности в летний период 1980-1984 гг.

При анализе повторяемости облачности в летний период с 1980 по 1984 гг. было выявлено:

- в 1980 году чаще всего наблюдалась слоисто-кучевая (Sc) – 367 и высококучевая (Ac) – 330 случаев. По мере убывания числа случаев перистая (Ci) – 214 и слоистая (St) – 152. Из облачности вертикального развития преобладала кучевая (Cu) – 107 случаев и всего 24 случая кучево-дождевой (Cb).

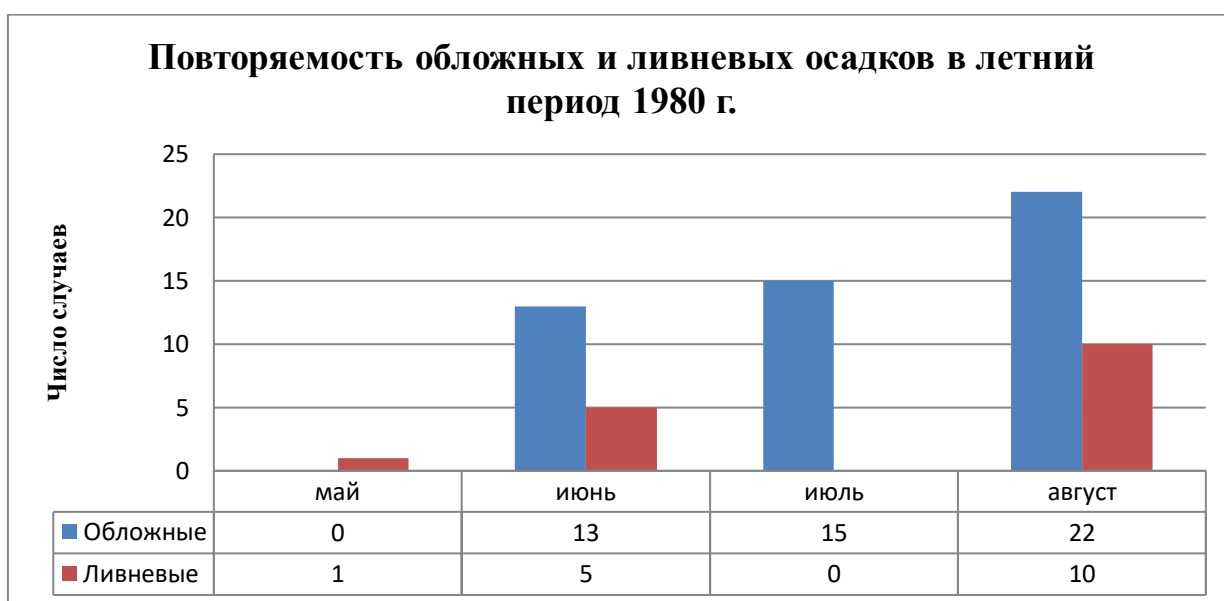


Рисунок 3.14 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в летний период 1980 г.

Превалирование сезонной облачности в 1980 году отмечается слоистообразная, о чём говорит гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в летний период 1980 г. (рис. 3.14).

- в 1981 году преобладала высококучевая (Ac) облачность – 319 случаев и слоисто-кучевая (Sc) – 269. На порядок реже число случаев наблюдения - перистые (Ci) и слоистые (St) облачности. Число случаев кучевой (Cu) – 153. Слоисто-дождевой (Ns) и высокослоистой (As), почти одинаковое количество случаев свыше 60. Разорванно-дождевая (Frnb) – 25,

кучево-дождевые (Cb) облака наблюдались 17 раз за сезон. Перисто-кучевые (Cc) и перисто-слоистые (Cs) фиксировались в количестве 11 и 4 случаев.

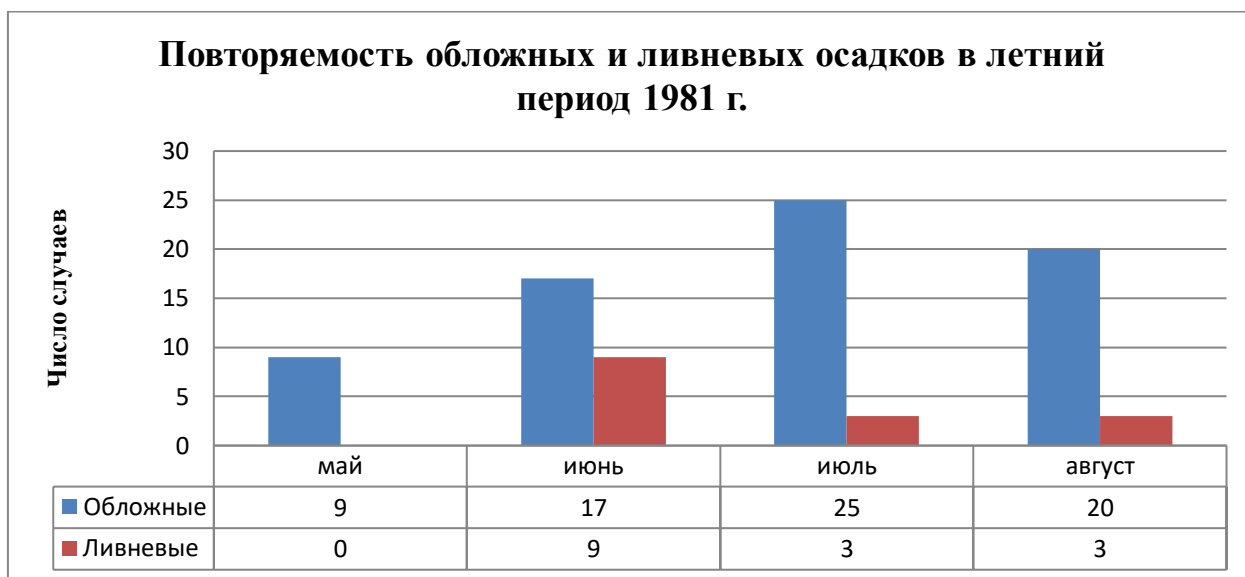


Рисунок 3.15 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в летний период 1981 г.

В 1981 году, прослеживается неизменная тенденция по фиксированию слоистообразной облачности, что подтверждает гистограмма обложных и ливневых осадков в летний период 1981 г. (рис. 3.15).

- в 1982 году количество слоисто-кучевой (Sc) облачности составило – 300 случаев, с небольшим отрывом высоко-кучевые (Ac) – 273 случая. Слоистые (St) облака наблюдались – 172 раза, перистые (Ci) – 167 случаев. Облака вертикального развития представлены кучевой (Cu) облачностью – 87 случаев. Высоко-слоистая (As) и слоисто-дождевая (Ns) зафиксирована по 43 случая. Повторяемость разорванно-дождевой (Frnb) составляет 27 случаев. Кучево-дождевой (Cb) – 19, перисто-кучевой (Cc) – 12 и 7 случаев повторяемости перисто-слоистой (Cs) облачности.

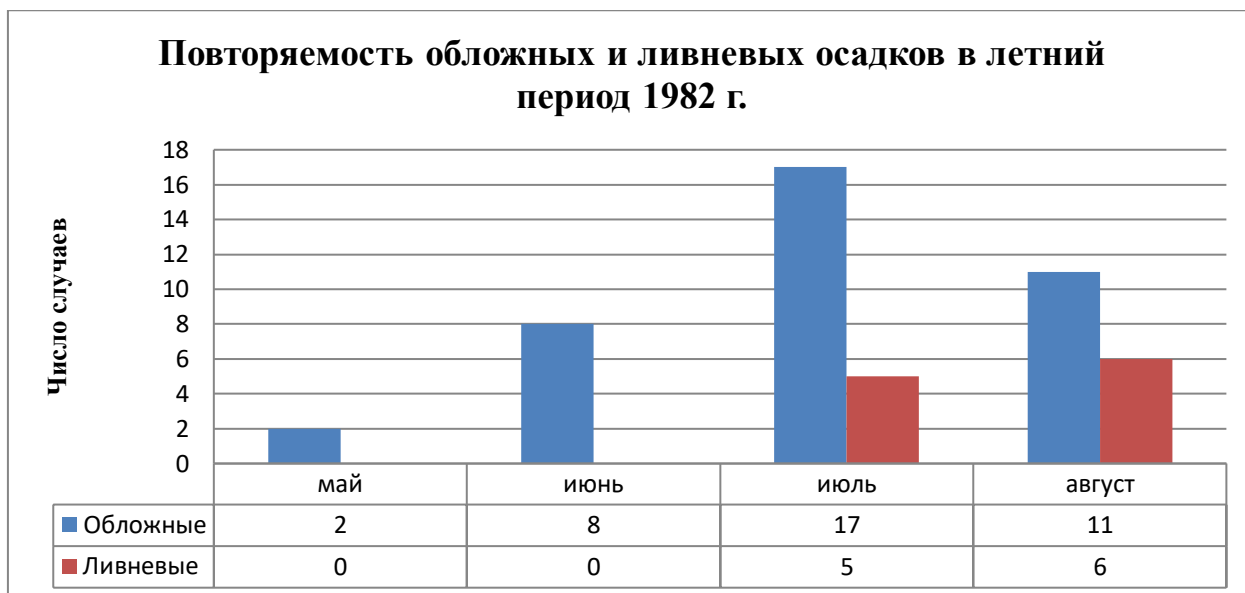


Рисунок 3.16 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в летний период 1982 г.

На протяжении всего летнего периода 1982 года, прослеживается преобладание слоистообразных облаков, о чём свидетельствуют результаты гистограммы повторяемости обложных и ливневых осадков в летний период 1982 г. (рис. 3.16).

- в 1983 году чаще всего регистрировалась высококучевая (Ac) облачность – 375 случаев и слоисто-кучевая (Sc) – 331. 246 случаев было отмечено перистых (Ci) облаков, так же 137 случаев кучевая (Cu) облачность и слоистая (St) в размере 115. В незначительных количествах присутствовала слоисто-дождевая (Ns) и высокослоистая (As) – по 30 случаев. Кучево-дождевая (Cb) – 13, перисто-кучевая (Cc) – 12, перисто-слоистая (Cs) и разорванно-дождевая (Frb) по 8 случаев.

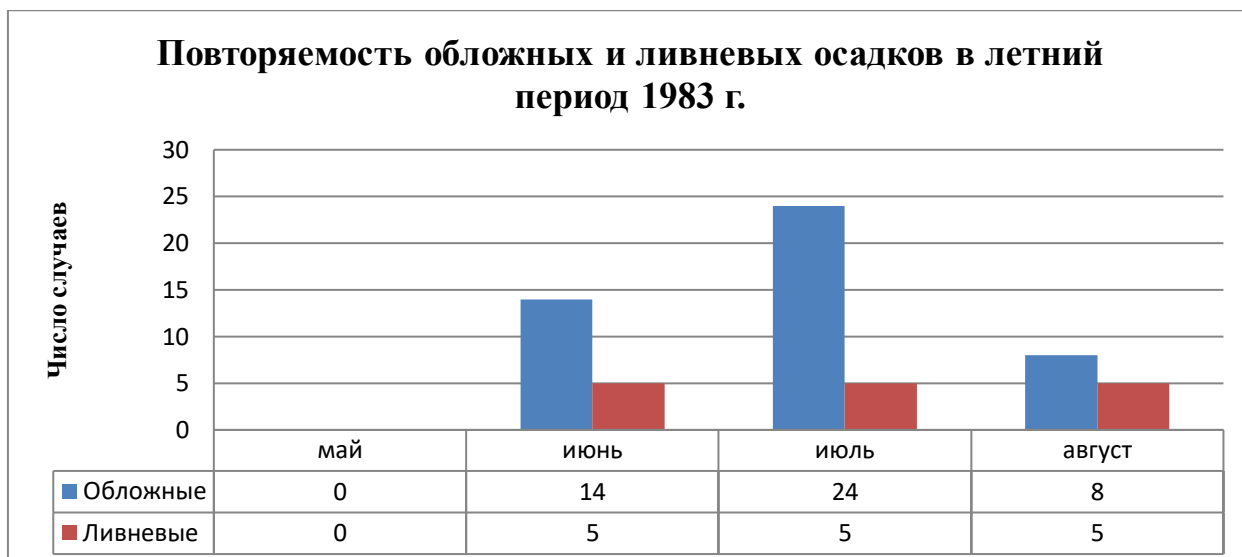


Рисунок 3.17 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в летний период 1983 г.

Не смотря на не высокие показатели зафиксированных случаев различной облачности, результат сравнительного анализа диаграммы повторяемости облачности в летний период 2017-2021 гг. (рис. 3.13), показывает, что преобладающей облачностью является слоистообразная.

- в 1984 году наибольшую повторяемость случаев составляет слоисто-кучевая (Sc) облачность – 396, высококучевая (Ac) – 319, слоистая (St) – 183 случая. Облака верхнего яруса перистые (Ci) были зафиксированы – 146 раз. Далее по убыванию следуют кучевые (Cu) – 71 случай. Виден интенсивный рост числа случаев кучево-дождевой (Cb) до 45 раз. Так же отмечена высокослоистая (As) – 30, слоисто-дождевые (Ns) – 26, разорванно-дождевые (Frb) – 9, перисто-слоистые и перисто-кучевые 3 и 1 случай.

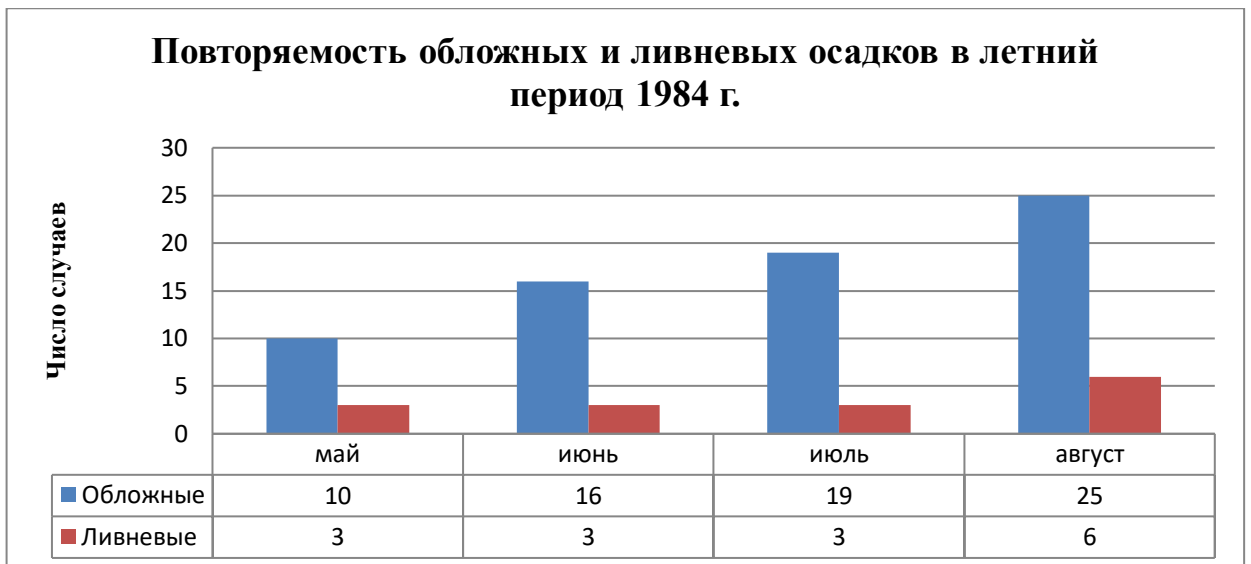


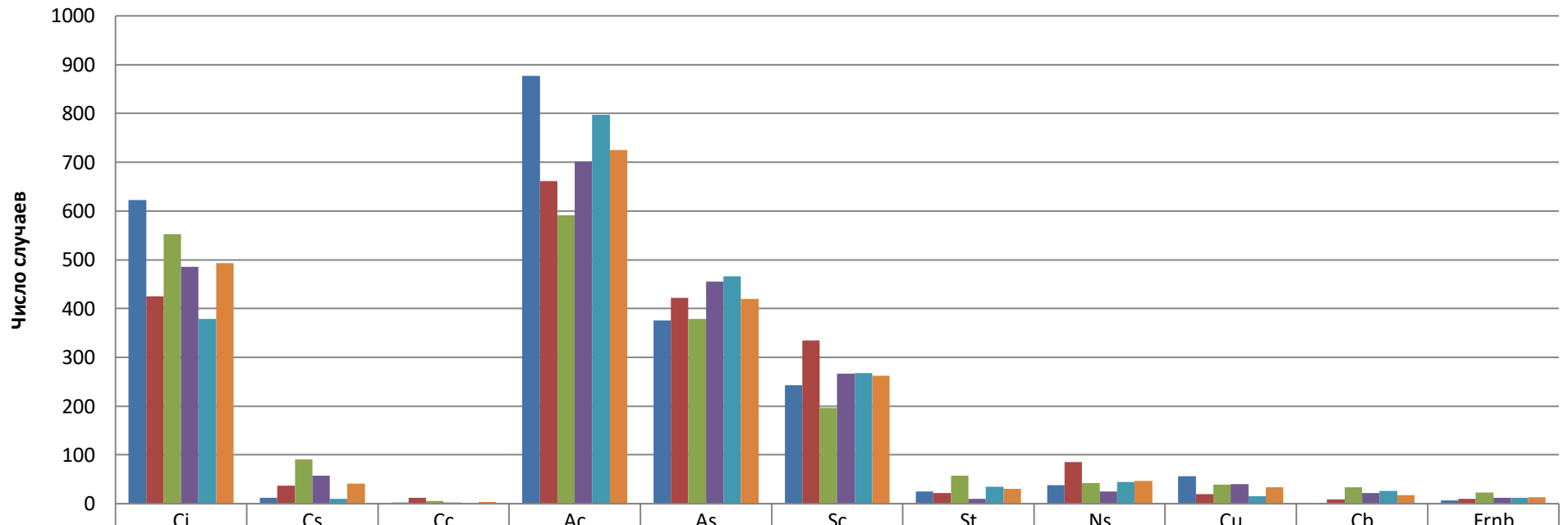
Рисунок 3.18 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в летний период 1984 г.

Из диаграммы повторяемости облачности в летний период, мы наблюдаем систематичность наблюдений слоистообразных облаков, что подтверждает и гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков (рис. 3.18).

Подводя итоги сравнительного анализа облачного режима в летний период с 1980 по 1984 гг., можно сделать вывод, что преобладает облачность среднего и нижнего яруса. В облачности среднего яруса доминирует высококучевая (до 375 случаев), но присутствует и высоко-слоистая и количество случаев доходит до 64. Нижний ярус представлен в основном слоисто-кучевой облачностью (до 375 случаев), а также слоистой (152) и кучевой (107). Кучево-дождевая облачность наблюдается, но количество не значительно, по сравнению с остальными видами (до 45).

После изучения графика повторяемости облачности в летний период за 1980-1984 гг., мы получили следующие результаты:

**Повторяемость облачности в зимний период 1980-1984 гг.**



	Ci	Cs	Cc	Ac	As	Sc	St	Ns	Cu	Cb	Frnb
■ 1980	623	12	2	877	376	243	25	38	56	1	7
■ 1981	425	37	12	661	422	335	22	85	20	9	10
■ 1982	552	91	6	591	379	196	57	42	39	34	23
■ 1983	486	57	2	701	455	267	10	25	40	22	12
■ 1984	379	10	0	797	466	268	35	44	15	26	12
■ Ср. знч.	493	41	4	725	420	262	30	47	34	18	13

Рисунок 3.19 – Диаграмма повторяемости облачности в зимний период 1980-1984 гг.

Анализируя зимний период повторяемости облачности с 1980 по 1984 гг. получили следующие результаты:

- в 1980 году доминирующее количество облачности составляет высококучевые (Ac) – 877 случаев, далее идёт перистая (Ci) облачность – 623. Высокослоистая (As) – 376 случаев, слоисто-кучевая (Sc) – 243, кучевые (Cu) облака фиксировались – 56 раз. Так же отмечались и слоисто-дождевые (Ns) – 38, перисто-слоистые (Cs) – 12 раз и разорванно-дождевые – 7 случаев. С наименьшей повторяемостью наблюдались перисто-кучевые (Cs) в случаях и единичный случай кучево-дождевая (Cb) облачность.

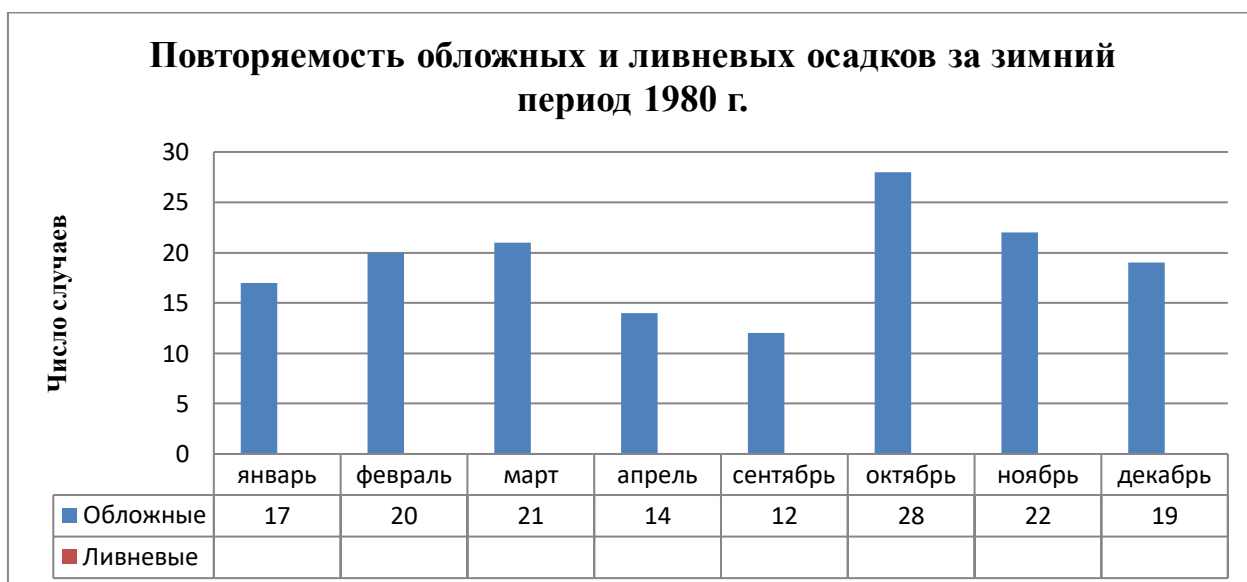


Рисунок 3.20 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в зимний период 1980 г.

- в 1981 году зимнего периода, чаще всего наблюдались высококучевые (Ac) – 661, перистые – 425, немного меньше высокослоистых (As) облаков – 422 случая. Отмечены и 335 случаев слоисто-кучевой облачности. Остальная наблюдаемая облачность фиксировалась в значительно меньшей повторяемостью.



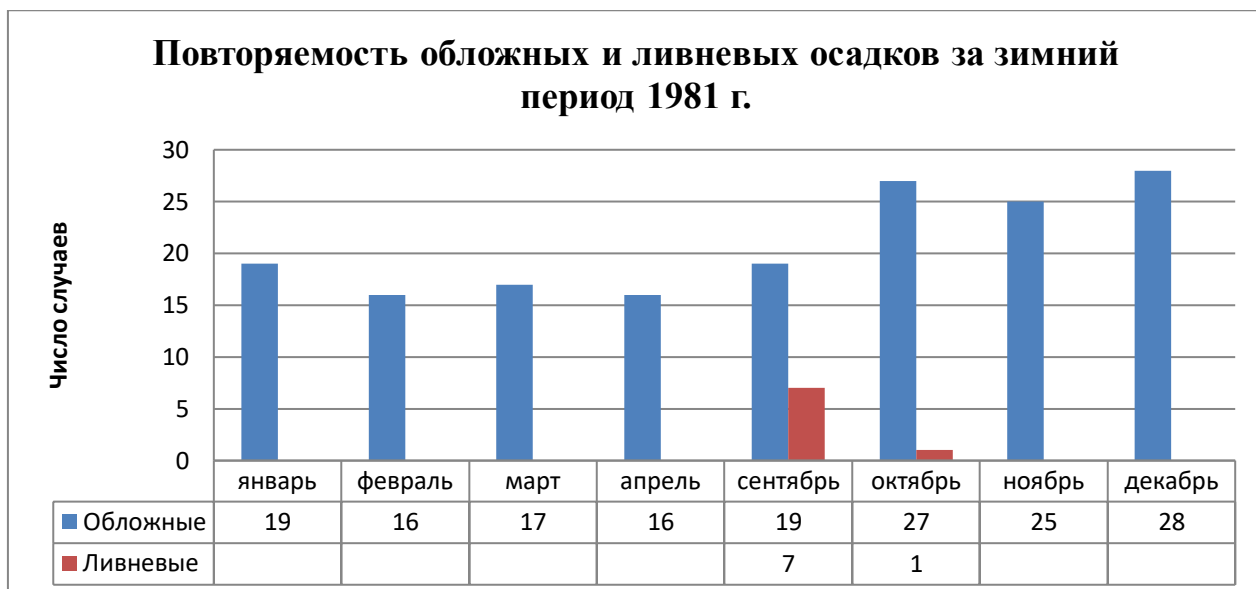


Рисунок 3.21 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в зимний период 1981 г.

- в 1982 году, как и в предыдущем периоде наблюдается с наибольшим числом случаев высококучевая (Ac) – 591, перистые (Ci) облака – 552 случая, высокослоистые (As) – 379, слоисто-кучевая – 196. Наблюдается рост перисто-слоистой (Cs) облачности – 91 случай, так же наблюдается рост слоистой (St) – 57, кучевой (Cu) – 39 и кучево-дождевой (Cb) облачности до 34 случаев, разорванно-дождевой (Frnb) – 23. Заметен спад повторяемости слоисто-дождевой (Ns) – 42 случая и перисто-кучевой (Cc) – 6.

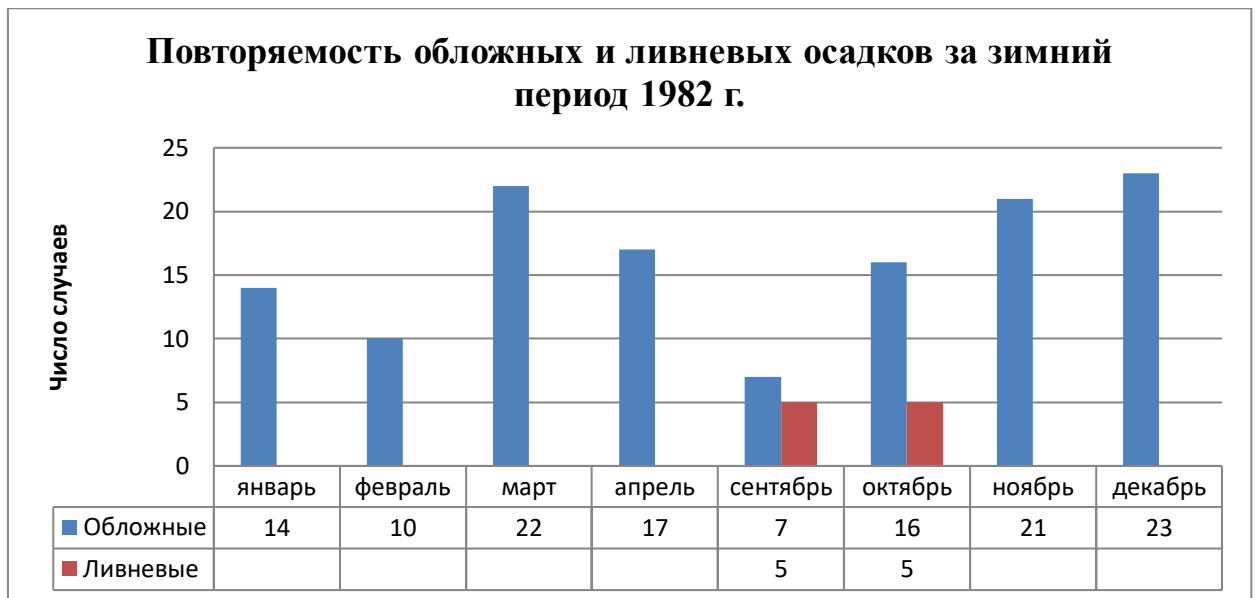


Рисунок 3.22 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в зимний период 1982 г.

- в 1983 году видна интенсивная тенденция роста высококучевых (Ac) облаков – 701 случай. Перистые (Ci) облака отмечались в 486 случаях. С небольшой разницей повторяются высокослоистые (As) облака – 455, далее по уменьшению слоисто-кучевая (Sc) облачность – 267 случаев. Произошло значительное снижение перисто-слоистых (Cs) облаков – 57. Кучевые (Cu) фиксировались в 40 случаях повторяемости. Заметно снизилось количество слоисто-дождевой (Ns) – 25, кучево-дождевая (Cb) – 22, разорванно-дождевая (Frnb) – 12 случаев. Так же уменьшилась и слоистая (St) облачность до 10 случаев. Наименьший показатель имеет перисто-кучевая (Cc) облачность – 2 случая.

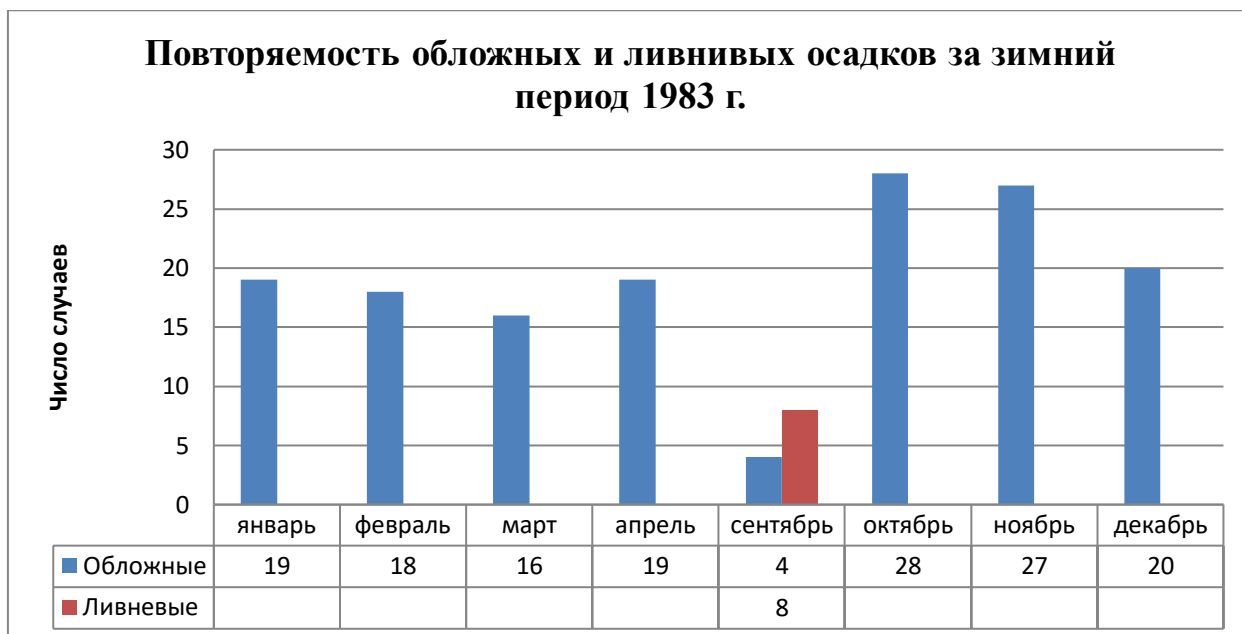


Рисунок 3.23 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в зимний период 1983 г.

- в 1984 году продолжается тенденция роста высококучевой (Ac) облачности – 797, высокослоистой (As) – 466. Перистые (Ci) облака составили – 379 случаев, слоисто-кучевая (Sc) – 268. Наблюдается рост слоисто-дождевых (Ns) облаков – 44 и не значительный рост кучево-дождевых (Cb) – 26. Заметно уменьшилось число повторяемости кучевых (Cu) – 15 и перисто-слоистых облаков (Cs) – 10. Разорванно-дождевая (Frnb) облачность составила – 12 случаев.

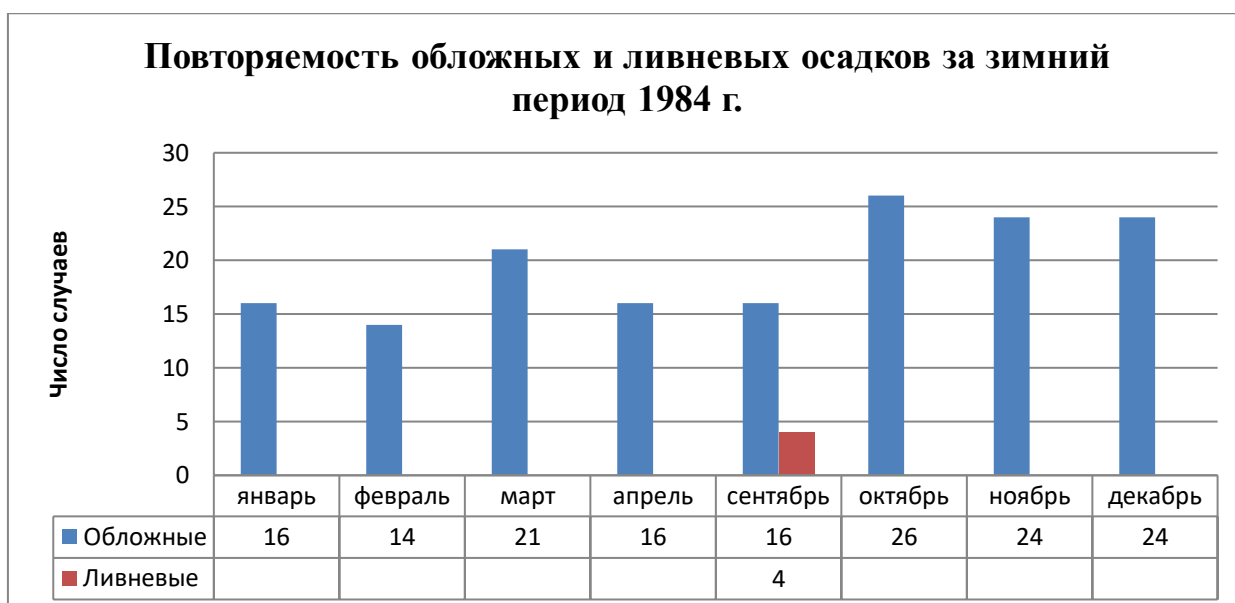


Рисунок 3.24 – Гистограмма повторяемости обложных и ливневых осадков в зимний период 1984 г.

В зимний период первенство у верхнего и среднего яруса. Причем средний ярус по совокупности обоих видов: высококучевая (до 877) и высокослоистая (до 335) занимает лидирующую позицию. Причем количество их наблюдений за изучаемый период довольно стабильно. Зимой резко возросло число случаев наблюдения высокослоистой облачности, по сравнению с летним периодом с 64 до 466. Выросло, в том числе и количество случаев наблюдений слоисто дождевой облачности до 85. Количество облачности вертикального развития сократилось в разы, что свойственно зимнему периоду во всех регионах, а тем более в Арктике.

**Сравнительный анализ облачного режима бухты Тикси за два периода с 1980 по 1984 и 2017 по 2021 год.**

## Заключение

Исследуя облачный режим летнего и зимнего периода Тиксинской бухты, была изучена классификация и механизм образования облачности, а так же климатические и физико-географические особенности региона. Для дальнейшей работы собран и систематизирован, для удобства дальнейшего исследования, данные наблюдений на полярной станции Тикси. По полученным результатам произведён анализ облачного режима и выявлены некоторые закономерности.

И в летний и в зимний период в бухте Тикси преобладает слоистая облачность, следовательно, доминируют обложные осадки. А так же, в нижнем ярусе по числу случаев наблюдений, чаще всего фиксируется слоисто-кучевая облачность. Это одна из интересных выявленных закономерностей. Можно предположить, что фронтальная облачность маскируется именно этим видом облачности, ведь не может не присутствовать в таких же количествах облачность других видов нижнего яруса. Это объясняется тем, что циклоны, наблюдающиеся на этих территориях, как правило, не глубокие, имеют малую водность. В них, конечно же образуется фронтальная облачность, по некоторым видам не хватает условий для развития, а другие замаскированы слоисто-кучевой облачностью, которая легко образуется в слоях инверсий, часто образующихся в полярных регионах.

Кроме того, немаловажную роль играет человеческий фактор, так как виды облачности нижнего яруса довольно трудно отличить друг от друга и это умение требует большого опыта и знаний облачного режима бухты Тикси.