



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра** геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

**На тему** Современные климатические изменения в Арктике и их влияние на  
растительный покров

**Исполнитель** Рущицкая Ксения Сергеевна  
(фамилия, имя, отчество)

**Руководитель** кандидат географических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Макеев Вячеслав Михайлович  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

**Заведующий кафедрой** \_\_\_\_\_

(подпись)

кандидат географических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Дроздов Владимир Владимирович  
(фамилия, имя, отчество)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Санкт–Петербург 2022

—

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АРКТИКИ.....	5
1.2 РЕЛЬЕФ И ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ.....	8
1.3 ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ.....	10
1.4 РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ.....	11
ГЛАВА 2. КЛИМАТ.....	20
2.1 КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ АРКТИКИ.....	20
2.2 ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА АРКТИЧЕСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ.....	23
2.3 ОСАДКИ.....	28
2.4 ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА.....	31
ГЛАВА 3. ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ.....	33
3.1 НАБЛЮДЕНИЯ СО СПУТНИКОВ.....	33
3.2 МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА.....	35
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	38
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	40

## ВВЕДЕНИЕ

Природные процессы, которые в настоящее время действуют на Арктических территориях, а именно: повышение среднегодовой температуры, таяние ледников и уменьшение площади вечной мерзлоты – оказывают влияние на остальные природные комплексы, прежде всего на состояние растительного покрова.

Как утверждают большинство ученых - Арктика «зеленеет». Видовой состав растений тундры меняется по мере олуговения состояния растительности и продвижения южных видов на север.

Целью данной работы является анализ состояния климата, тенденций его изменения, а также изучение особенностей динамики растительного покрова, вызванного этими изменениями. Для ее достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- Дать характеристику природных особенностей Арктики;
- Выявить характер климатических изменений по отдельным компонентам;
- Установить связь между изменением климата и растительным покровом.

Объектом исследования является территория Российской Арктики.

Предметом исследования является оценка влияния динамики климатических изменений на состояние растительного покрова.

Актуальность бакалаврской работы состоит в выявлении реальных изменений климата Российской Арктики и их влияние на растительный покров.

В основу работы положены опубликованные данные по изменению климата, а также данные спутниковой съемки зеленой территории Арктики комплексом Landsat и Modis за период 2000-2016 годы.

Работа состоит из введения, 3 глав и заключения, изложена на 42 страницах, включает 16 рисунков. В заключении излагаются основные итоги работы, обобщаются полученные анализируемые результаты.

# ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АРКТИКИ

Арктикой принято считать полярный регион планеты, который включает Северный Ледовитый океан, а также прилегающие к океану территории. Общая площадь Арктики составляет 21,3 млн км<sup>2</sup>.



Рисунок 1.1 – географическое положение Арктики

Огромную долю (примерно 2/3 территорий) Арктики занимает именно Северный Ледовитый океан с его морями:

- Баренцево море;
- Белое море;
- Карское море;
- Море Лаптевых;
- Восточно-Сибирское море;
- Чукотское море.

В центре океана располагается Арктический бассейн, в котором отчетливо выражены глубоководные котловины: Амундсена, Нансена, Макарова; и ряд подводных хребтов: Ломоносова, Менделеева и Гаккеля. Самым большим считается хребет Ломоносова, который протянулся на 2000 км от Новосибирских островов через Северный полюс к Канадскому Арктическому архипелагу. [12]

Северный Ледовитый океан связан с Тихим через Берингов пролив, а Атлантическим океаном проливами Датский и Фрама.

Северный Ледовитый океан стоит на втором месте по количеству архипелагов и островов.

К крупным островам относятся:

- Гренландия;
- Земля Франца-Иосифа;
- Шпицберген;
- Новая Земля;
- Северная Земля;
- Остров Врангеля;
- Канадский Арктический архипелаг.

Большинство островов покрыты ледниками. [12]

Южная граница Арктики на суше обычно проводится по изотерме +10°C или по линии, разграничивающей тундру и лес. Существует административная граница в Российской Арктике, но она постоянно меняется. Современная граница Российской Арктики включает в себя:

По площади Российская площадь Арктики составляет примерно 22 600 км, это занимает большую часть всего Арктического побережья.

Границы Арктики со временем меняются, но если говорить о современных границах, то современные границы Российской Арктики включает в себя:

- Мурманскую область;
- Архангельскую область:
  - города: Архангельск, Новодвинск, Северодвинск; Мезенский, Онежский, Приморский, Лешуконский, и Пинежский районы, Новая Земля.
- Ненецкий автономный округ;
- Республика Коми:
  - городской округ Воркута, Усть-Цилемский район, городские округа Инта и Усинск.
- Ямало-Ненецкий автономный округ;
- Красноярский край:
  - Норильск, Таймырский и Туруханский районы, частично Эвенский район.
- Республику Якутия:
  - Абыйский, Анабарский, Аллаиховский, Булунский, Верхнеколымский, Верхоянский, Жиганский, Момский,

Нижнеколымский, Оленекский, Среднеколымский, Усть-Янский, Эвено-Бытантайский.

- Чукотский автономный округ.



Рисунок 1.2 – Сухопутные территории Арктической зоны Российской Федерации

Площадь Арктики на территории России составляет примерно 4,8 млн км<sup>2</sup>, это занимает большую часть всего арктического побережья. [3]

## 1.2 РЕЛЬЕФ И ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

Все материки Арктической зоны в основном образуют низменные окраины Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин, Яно-Индигирская и Колымская низменности. Лишь на некоторых участках встречаются горы. Массивные горы встречаются на Таймыре и имеют



название – Бырранга, в высоту они достигают 1146 м, также в северной части Верхоясного хребта – горы Чукотского полуострова.

Островной и побережный рельеф отличается своей неоднородностью. На самом значительном по территории острове нашей планеты – Гренландии, большую часть занимает ледниковый покров, мощность которого может достигать 3500 м.

На юго-западном берегу были выявлены коренные породы Земли. Маленькие ледяные шапки можно встретить на нескольких островах Гренландии. [12]

На восточных берегах Канадского архипелага Арктики и на полуострове Лабрадор можно наблюдать пересеченные горы, вершины которых возвышаются над уровнем моря до 2600 м. На большей части территории горные хребты покрыты ледником.

В основном, в Арктике распространены волнистые равнины, на которых в теплый период появляется тундровая растительность. Такой ландшафт характерен для западных канадских Арктических островов и материков на западе Гудзонского залива, а также для северных берегов Аляски.

Что касается конкретно Российской территории Арктики, то здесь преобладают низкие равнины с тундровой растительностью и небольшими холмами.

Практически на всей Арктической территории встречается вечная мерзлота. [3]

### 1.3 ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ

Почвенный покров Российской части Арктики в полярном географическом поясе, разделен на две зоны:

1. Арктических почв;
2. Тундровых почв.

На таких территориях как: Земля Франца-Иосифа, Северная Земля, северная часть Новосибирских островов и север Таймыра – преобладают арктические почвы.

Структура почвы Арктики формируются под влиянием мерзлотных процессов, ветровой коррозии и других процессов, характеризуясь комплексностью.

Почвы Арктической тундры полностью покрыты растительностью. Исключением являются лишь участки с сильным ветром и снегом.

Арктическая почва достаточно бедна. Крайне слабый слой гумуса, только 1 - 5 см. Его структура слегка комковатая, где-то трещиноватая, имеет цвет коричневато-бурый.

## 1.4 РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ

Характер растительного покрова на севере и юге обусловлен разными климатическими условиями. В северной тундре преобладают суровые климатические условия: вечная мерзлота, холодные грунты, высокие интенсивности испарений. Южнее температура повышается, становится длиннее летний период, что создает улучшений условий.

Арктический регион можно разделить на тундровую и полярную зоны. Южная часть тундрового района является одной из самых важных природных границ Северного полушария обозначенная разными видами древесной растительности. На севере Кольского полуострова – березняки с извилистой березой, а порой, где вечная мерзлота не представлена, - сообщества обычных сосен.

В восточном направлении, до Таймыра, лесные форпосты представлены сибирской лиственницей. На севере Камчатки граница лесов обозначается каменистой березой. В ряде мест на северной границе леса выходят стланики – крупные кустарники со стелющимися или приподнимающимися ветвями и стволами: в северо-восточной части России - кедровые стланики, а в других местах – кустарниковая ольха. [2]

Вся тундра, расположенная севернее границ леса, делится на четыре подзоны, которые продвигаясь с Юга на Север, закономерно меняются друг с другом:



Рисунок 1.3 – Тундровые подзоны

1. Для подзоны южной гипоарктической тундры характерно развитие кустарниковых берез: карликовой береза тощая, береза Миддендорфа, ольховник кустарниковый и несколько видов ив: ива седая, филиколистная. В некоторых районах распространены моховые осоково-пушицевых кочкарники.[18]

2. В зоне северной гипоарктической тундры «карликовые березы» также играют огромную роль, обретая стелющиеся форму. Кроме березок в зональных сообществах входят множество гипоарктических кустарников - голубика, брусника, подбел, багульник и другие. В сравнении с предыдущей зоной, роль арктического и арктоальпийского видов возрастает в растительном покрове.[18]

3. В подзонах арктических тундр почти исчезают из растительного покрова таежные, гипоарктические виды, наблюдается какое-то общее обеднение флоры. Здесь доминируют пятнистые тундры и полигональные травяно-кустарничково-моховые тундры. На территории арктических тундр огромную роль играют кустарничковые стелющиеся аркто-альпийские виды ив: ива полярная, ива монетчатая, ива сетчатая и другие, а кустарничковые березки полностью исчезают. Также в данном районе распространены множество видов злаковых,

осоки, полярные маки, низкорослые кустарники Многие виды растений сыграли большую роль в хозяйственной деятельности человека.[18]

4. К высокоарктическим тундрам относятся растительность островов Земли Франца-Иосифа, Виктория, Визе, Ушакова и Уединения, северной оконечности остров Новая Земля, острова Северной Земли, мыса Челюскин и острова Де-Лонга. Подзоны высокоарктической тундры резко отличаются от других подзон и ее относят к полярной ( арктической) пустыне. Здесь растительный покров очень разреженный, большая часть территории представляет собой обнаженную почву или каменную россыпь. Здесь споровые растения, особенно водоросли, лишайники, мхи, в 4-5 раз превосходят цветковых, либо они вообще отсутствующие. Главную роль в сообществах растений играют лишайники, среди которых, и это является характерной чертой полярной пустыни - лишайники накипные, имеют вид тонкой корочки, плотно «прилипающие» к камням.[18]



Рисунок 1.4 – Лишайник высокоарктической тундры

Здесь наиболее широко представлен род охролехия, ризокарпон и многие другие.

Отдельно встречающиеся цветковые в зональном сообществе представлены лишь высокоарктическими растениями. Также здесь нет болот с торфом, есть минеральные болота.[19]

В Арктике присутствуют два зональных вида растительности: тундровая и полуполярная.

Тундровая относится к сообществам из холоднолюбивых степных кустарничков и низких кустарников, холоднолюбивых мхов и кустистых лишайников в том числе огромное количество видов из рода кладина, кладония, цетрария, алектория, а также тамнолия червеобразная, дактилина арктическая и так далее.

Травяной покров не всегда присутствует, хотя может играть большую роль в тундровых сообществах, но преобладающий вид не всегда можно выделить.

В полярнопустынном типе представлены разреженные растительные группы из лишайника, печеночника, зеленого мха, водорослей, с небольшой частью высокоарктической холодостойкого травяного покрова.

Помимо зональных сообществ, в Арктике встречаются другие сообщества этих видов растительности, относящиеся к «незональным», которые встречаются вне обширных выровненных участков, таких как долины рек, склоны и вершины сопок, берега морей, океана, заболоченные низины. В зависимости от типа растительности выделяют 10 видов:

1. Заросли южнотундровых кустарников;
2. Тундровые луговины из холодолюбивых трав;
3. Тундростепи и степи

4. Лишайниковые и мохово-лишайниковые сообщества на каменистых россыпях;
5. Травяно-моховые выровненные тундровые болота;
6. Бугристые тундровые болота;
7. Высокоарктические болота без торфа;
8. Луга;
9. Редколесья;
10. Стланиковые сообщества.

Стоит помнить, что средний уровень температуры воздуха в Арктике почти не повышается выше нуля. В относительно теплом периоде можно увидеть небольшие территории, которые являются изолированными местами с накипным мхом, лишайником и малым количеством травяных растений.

При всех условиях сурового и холодного климата можно встретить и цветы, в том числе лютик, полярный мак и многие других представителей Арктического растительного мира.

В экологической и физиологической зависимости такие черты высокой широты как непрерывный свет в период развития и роста, слабый интенсивный свет, обусловленный низким светом солнца, непрерывной облачностью, туманом, приводят к низкой концентрации доступного азота в почве.[19]

Отличительной чертой фотосинтеза цветковых растений в тундре - является непрерывность в течение дня всего лета. Даже при достаточно слабом освещении большинство растений тундрового происхождения могут образовать чуть больше органического вещества, чем требуются расходы на дыхание.

Из-за аномально низких температур на северной части планеты может выжить лишь несколько различных видов растения.

К ним могут быть отнесены цветущие полярные маки, которые покрывают холмы арктических пустынь и превращают их в желто-оранжевые ковры. Но все же такая красочность продолжается недолго, только до того, как наступит суровый мороз.

Арктический мак - многолетние растения с морозостойкими корнями, от которых в весеннем тепле растут новые стволы. Однолетние растения не смогут завершить полное развитие в условиях крайне низкой температуры.



Рисунок 1.5– Полярный мак

Также частыми растениями считается снежная камнеломка. Растение можно увидеть в арктической пустыне. Камнеломки отличаются другой экологической особенностью - растут только на глиняной почвах, даже под снегом.





Рисунок 1.6 – Арктическая камнеломка

Камнеломка встречается на арктических пустынях. Корни камнеломки имеют черный цвет и усадочные черешки, достигающие 6 мм толщины. Может достигать 20 см в длину, середина июня и июля, по климатическим условиям на территории выращивания, начинаются цветения.

Еще один яркий представитель арктической флоры – альпийский лисохвост, который относится к многолетней флоре, имеющий стебель, длиной 20 см, и серый цвет на время цветения. Лисохвост имеет колосовидное соцветие. Цветет летом, что делает его теплолюбивым представителем цветковых.



Рисунок 1.7 - альпийский лисохвост

В полярном регионе также распространен лютик арктический. Он способен быть многолетним или однолетним растением, а также наземным или водным. Это семейство лютиковых. Главное отличие Лютика в том, что у него едкий сок, который может приобрести свойства ядовитых. Его цветы часто встречаются в сложных соцветиях. Какие-то виды лютика можно использовать для лечения.



Рисунок 1.8 – Лютик арктический

Если сравнивать травянистую растительность и моховой покров, то травы более богаче азотом и зольными веществами.

Также, в небольших количествах в Арктике можно встретить ягоды и грибы. Морошка является ярким представителем ягод, произрастающих на Арктических геоториях. Она прекрасно переносит сильные морозы и очень хорошо себя чувствует в тундре, торфяных и болотистых местах, где порой трудно пройти человеку. Растение цветет с мая по июнь белыми цветами.



Рисунок 1.9 - Морошка

## ГЛАВА 2. КЛИМАТ

### 2.1 КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ АРКТИКИ

Основная особенность климата Арктики - суровые длительные зимы, короткие прохладные лета. Средние температуры самого холодного зимнего месяца – января – колеблются от -2 ... до -4 °С в южной части Арктического района до -25 °С на севере Баренцева моря, западе Гренландского моря, в морях Баффина и Чукотском и от -32 ... 36 °С; в Сибирском районе, на севере Канадского и в прилегающей к нему части Арктического бассейна до -45 ... -50 °С в центральной части Гренландии. Минимальные температуры в этих районах иногда снижаются до -55 ... -60 °С, только в Арктическом бассейне они не опускаются ниже -45 ... -50 °С. При прорывах глубоких циклонов температура иногда повышается до -2 ... -10 °С. Средние температуры июня - +2 ... +3 °С.[5]

Небольшие осадки на равнинной территории превышают испаряемость. Обладание арктическими воздушными массами обеспечивает сильное изменение климата и наличие на большинстве территорий суши многолетней мерзлоты. Здесь полярные дни и ночи сменяются друг с другом.

Общие особенности климата зависят от географического расположения территории, близости Арктических морей в большинстве случаев, покрытых льдом, характера атмосферного циркулирования и радиационных факторов.[1]

Западные части Арктики омываются Баренцевым, Белым, частично Карским морями. Они подвергаются влиянию Атлантического океана. Теплый Гольфстрим достигает Баренцева моря, частично Белого и Карского морей.

Таким образом, Баренцево море на юге в течение года свободно от ледяных вод. В температурной среде Кольского полуострова очевидны черты морской климатической среды высокой широты.

Здесь материк оказывает огромное влияние на климат. Климат отличается суровостью и континентальностью. Большую часть года покрывают льдом восточные части Карского, море Лаптевых и Восточного Сибирского морей. потепляющее влияние на этот участок территории оказывают тепловые потоки Лены, Яны, Анабара и Хатанги.

В климатическом плане восточная часть берегов Восточной Сибири и Чукотское моря попадает под влияние Тихого океана.

Изменчивость температурных контрастов между зонами, межзональным обменом энергией, теплотой и влагой, интенсивность таяния ледников в условиях тёплого климата могут привести к увеличению уровня океана, к увеличению испарений, осадков, к речному стоку, который может повлиять на условия жизни населения этого региона.[5]

Стоит упомянуть, что климат Арктики всегда был неустойчив. В настоящий период времени происходит повышение температуры. За последние десятилетия было отмечено, что в Арктике теплеет в 2-3 раза сильнее, чем на планете в целом.

Говоря о парниковых газах, стоит упомянуть о выбросах арктического метана. Выброс метана арктического происхождения - выброс метана из моря и почвы в областях Арктики вечной мерзлоты. Хотя это достаточно долгий естественный процесс, нужно отметить, что выделение метана ухудшается глобальными потеплением.

Ученые смогли зафиксировать выбросы метана на территориях, которые покрыты достаточно тонким слоем почвы с редкими растительными представителями, и почти не существующими водоемами. В этих условиях выброс метана объяснить невозможно микробным разложением почвенных органических веществ или дыханием болот. При этом обнаруженные очаги метанового поступления в атмосферу сопоставимы с расположением прогиба Енисей-Хатанги.[13]

На арктических побережьях происходит истощение слоя озона и увеличение частоты опасных для жизни лучей ультрафиолетового излучения. Потепление Арктики приводит к разрушению вечной мерзлоты, нарушениям характера почвенных процессов, изменениям ландшафтной структуры берегов.

Существует научное мнение о том, что нынешнее глобальное потепление с большой вероятностью связано с деятельностью человека, вызванной антропогенным ростом концентраций углекислых газов в атмосфере, а также ростом парниковых эффектов. [13]

Основными газами, которые способствуют парниковому воздействию на Земле, являются водяные пары и углекислый газ. Парниковый эффект позволяет сохранять температуру на поверхности земной поверхности, в которой может возникать и развиваться жизнь. Если бы не было парникового эффекта, средняя температура поверхности Земли была бы куда меньше, чем на сегодняшний день.

Бесконечно можно говорить о воздействии деятельности человека на изменение климата, но все-таки не стоит забывать тот факт, что одной из основных причин глобального потепления, являются цикличность природных процессов.

Конкретно океан поглощает практически 30% углекислого газа, который поступает в атмосферу из-за человеческой деятельности. При «поглощении» газ конвертируется в угольную кислоту.[13]

## 2.2 ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА АРКТИЧЕСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

В значительной степени климат и погода, в целом зависит от атмосферной циркуляции Северной Атлантики, которая представляет собой систему низкого и высокого давления. Центральная часть циклонической системы низкого давления расположена к юго-западу от острова Исландия, и по этой причине она получила название Исландской депрессии, или Исландского минимума давления.

В районе находящимся южнее Азорских островов находится центр высокочастотной антициклонной системы, который называется Азорским максимумом. Благодаря им в умеренных широтах Северной Атлантики постоянно происходит перенос воздушного массы с Запада на Восток.

Интенсивность передачи подвергается значительным изменениям во времени, поскольку параметры центров действия, т.е. их местоположение в пространстве и выражении, варьируются. Эта разница давления, которая обычно определяется в среднем за зимний период, называется Северо-Атлантическим колебанием.[8]

Немаловажно сказать о том, что всегда происходили именно естественные изменения климата. Для каждой территории достаточно четко выделяются синхронические колебания средних температур воздуха в течение всего года. В течение последних 100-150 лет северные районы России дважды сменили холодные и теплые периоды.

В конце XIX - начале XX вв. был период холода. Длился до 20 века на западном побережье и до 30 годов на западном востоке Европы, на западном и центральном Сибири и на Таймырском берегу. Период холода сменился тёплой погодой, которая продолжалась более 20—30 лет. Она закончилась в 50-е годы. В 60-е-70-е годы XX века почти на всех исследуемых территориях

наблюдалось сильное похолодание. Второе потепление произошло в 80-х годах прошлого года. Потепление продолжается до сих пор. В целом эти процессы присущи всему северному полушарию.[8]



## Мурманск

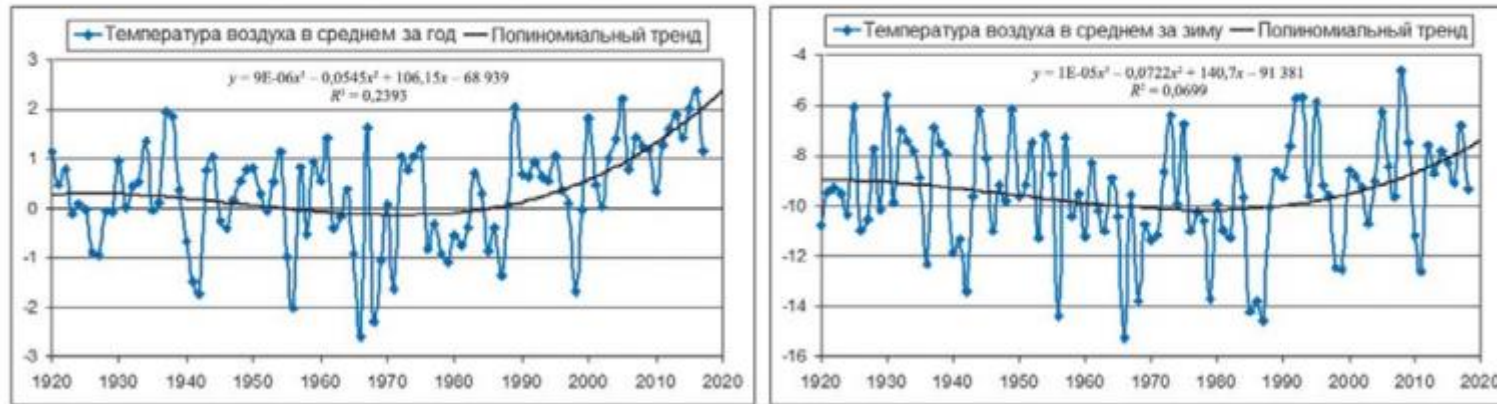


Рисунок 2.1 - Многолетняя изменчивость температуры воздуха в среднем за год и в среднем за зиму в Мурманске.[8]

## Архангельск

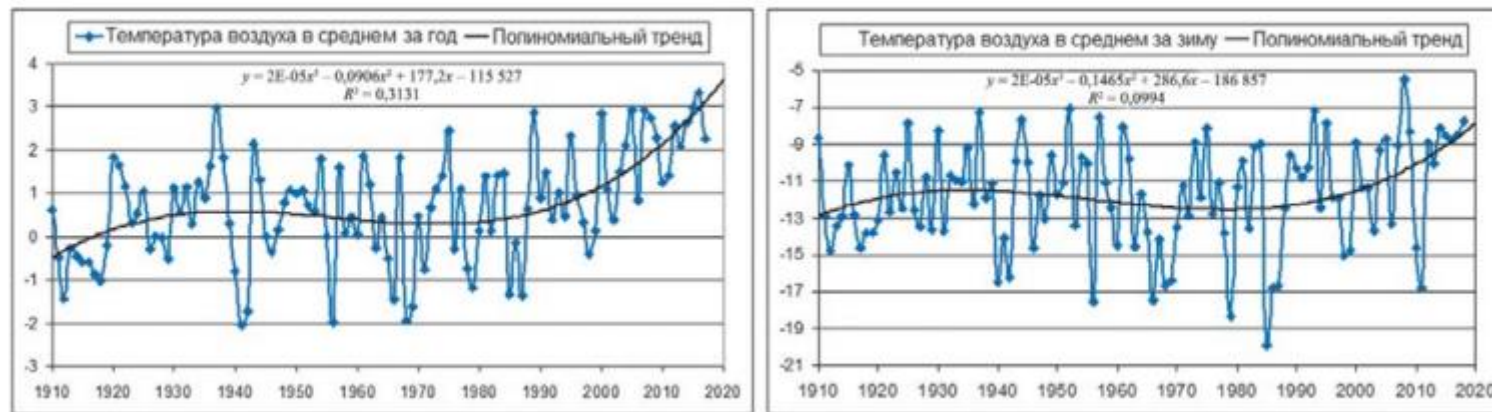


Рисунок 2.2 - Многолетняя изменчивость температуры воздуха в среднем за год и в среднем за зиму в Архангельске.[8]

## Салехард

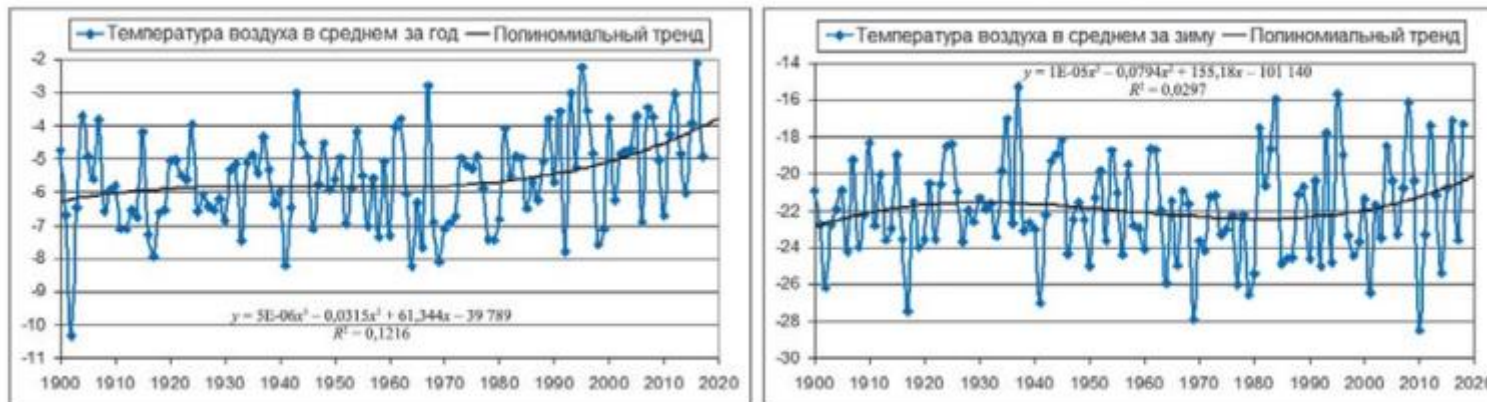


Рисунок 2.3 - Многолетняя изменчивость температуры воздуха в среднем за год и в среднем за зиму в Салехарде.[8]

## Нарьян-Мар

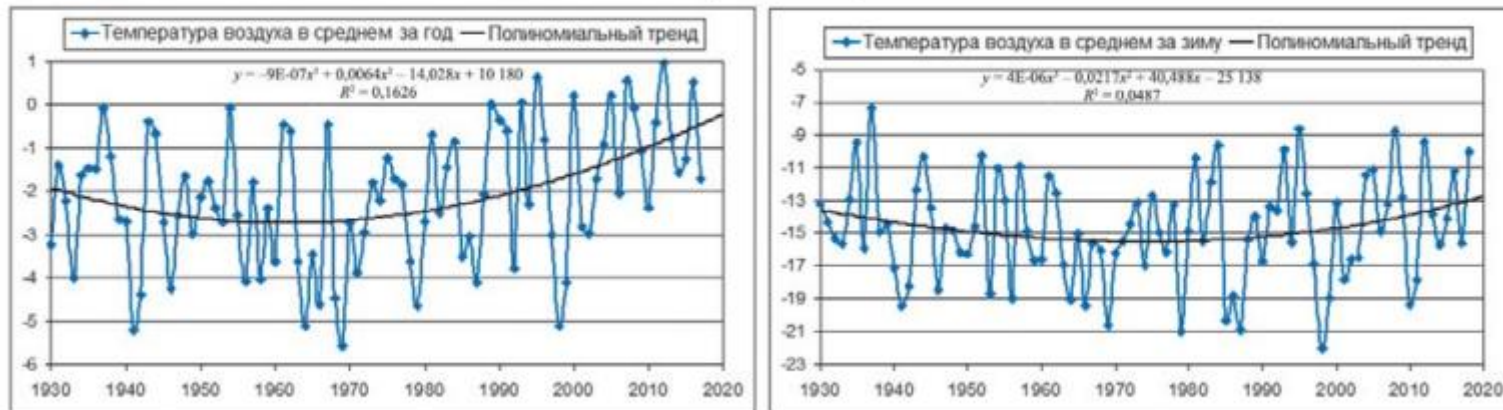


Рисунок 2.4 - Многолетняя изменчивость температуры воздуха в среднем за год и в среднем за зиму в Нарьян-Маре.[8]

Как показано на рис. 2.1 и 2.2, в Мурманске и Архангельске в среднем наблюдается выраженное повышение температуры воздуха за год, начиная с 2000 года. При этом определенные значения, которые были зарегистрированы в конце 2020 года, превышают те, которые были отмечены ранее в течение всего рассматриваемого периода наблюдения. В середине 1960-х и начале 1970-х гг. наблюдается относительный минимум атмосферной температуры вследствие того, что атмосферная циркуляция осталась над Северной Атлантикой.[8]

Многолетние изменения температур воздуха средне за зиму Салехарда и Нарьян-Мара, как показано на рис. 2.3 и 2.4, во многом совпадают с изменчивостью Мурманска и Архангельска, но Салехард в значительной степени характеризовался периодом относительного холода в 1960-х годах. Также с начала 2000-х годов наблюдается повышение среднегодовой температуры, но меньше, чем на Баренцевом и Белом море.

Средняя температура воздуха в зимний период показывает небольшой рост в середине 2000-х годов. Полиномиальная тенденция по температуре воздуха в зиму не является значимой.

В основном потепление отмечается с начала 90-х годов и начала 2000-х годов по всей рассмотренной зоне в Российской Арктике. В среднем за зиму температура воздуха также проявляет тенденцию к росту, но меньше интенсивности, чем в среднем за год.

Таким образом, несмотря на несколько аномально теплых летних периодов последних лет, пока нет достаточного основания сказать о значительном и всеобъемлющем влиянии тепла на мерзлоту.[8]

## 2.3 ОСАДКИ

Количество атмосферных осадков и их внутреннее распределение зависят от характера циркуляции воздуха, рельефа территории. Основная закономерность распределения осадков заключается в повышении их количества в западной зоне.

Здесь, на равнинной территории выпадают 400-600 мм осадков, в горах - до 1000 мм. К востоку число осадков снижается и доходит до минимума в районах Заполярья. Количество их в центральной части Арктики составляет 150–350 мм, на возвышениях – 400–500 мм. На Восточной территории годовое число осадков увеличивается до 250–450 мм в равнинах, а в горах до 500-600 мм.

Между западом и востоком изменяется и распределение внутренних осадков в течение всего года. В разных уголках области различаются месяцы, когда минимальное и максимальное количество осадков.[8]

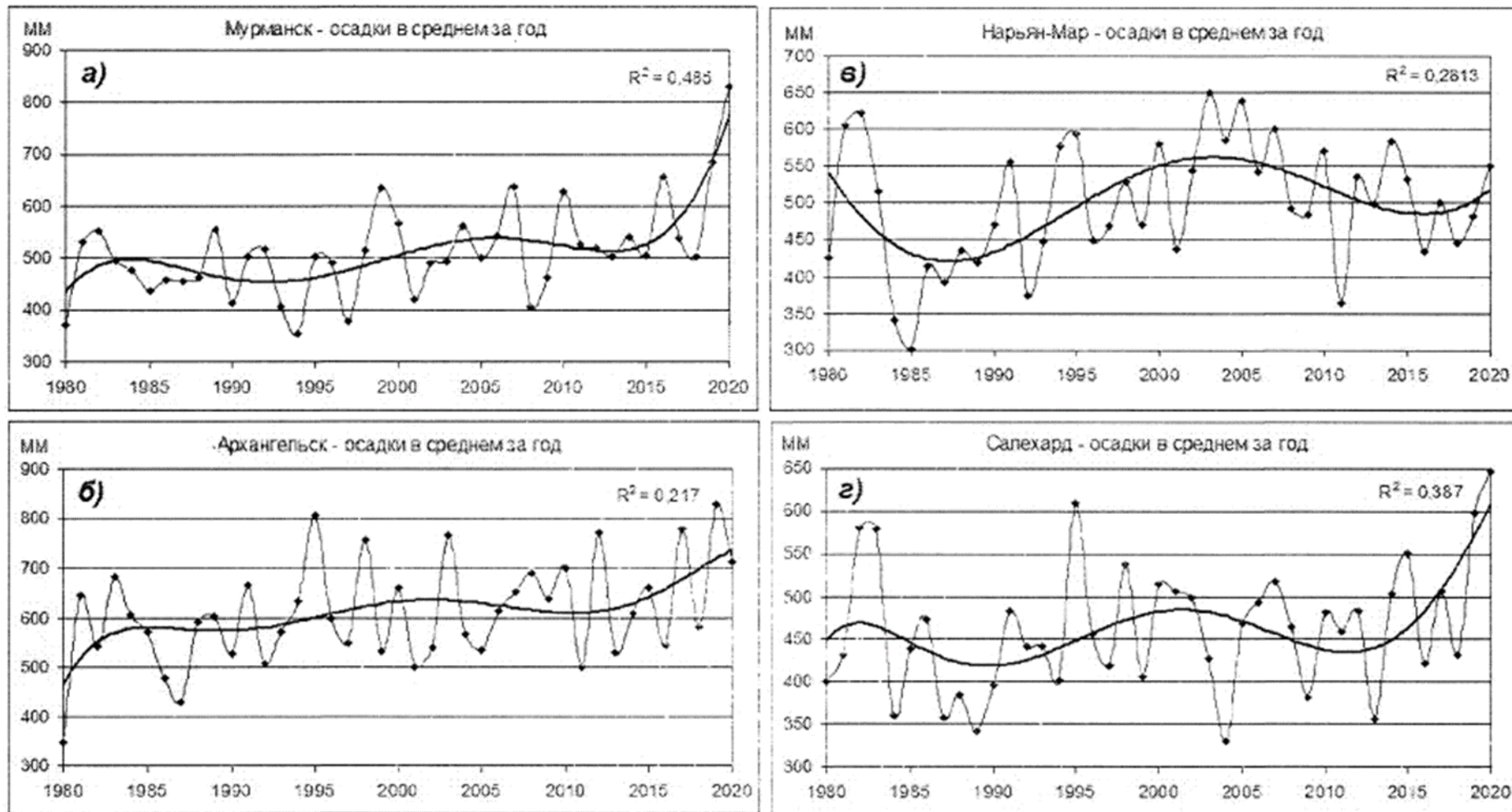


рисунок 2.4 - Многолетняя изменчивость величин сумм атмосферных осадков в среднем за год для Мурманска (а), Архангельска (б), Нарьян-Мара (в) и Салехарда (г)[8]

Как следует из представленной информации, наиболее положительные показатели полиномиальных трендов установлены в Мурманске и Салехарде. В Архангельской области не существует значительного положительного тренда. В Мурманске в 2019-2020 годах значения атмосферного осадков значительно превысили норму, наблюдалось 700-800 мм в год. Салехард близок к максимальному значению в 2019 году до 650 мм. В Нарьян-Маре наблюдается цикличность показателей сумм годовых осадков на протяжении примерно 30 лет.

На восточной территории Арктической России - рост годовых объемов атмосферных осадков в течение последних 10 лет не наблюдается вообще. В Тикси, устье Лены и Анадыра Чукотки, наблюдается снижение их соответственно с 300-330 до 170-250 мм, и с 520 400 до 320 мм в году.

Итак, напрашивается вывод о неоднозначных региональных тенденциях динамики влажности Арктического региона Российской Федерации. Выпадающие атмосферные осадки влияют на количество доступных рек, уровень озерно-водных режимов, величину снежных покровов на крупнейших дорогах и в окрестностях городов, нарушая нормальную работу транспортного сектора и жилищного комплекса.

Такие негативные ситуации из-за анализа естественных данных, тенденций, в особенности, могут возникать в Мурманске, Архангельске и Салехарде.[8]

## 2.4 ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Разумеется, во всем есть свои плюсы и минусы.

Положительные последствия изменения климата:

- Способность модернизации шельфа Арктики;
- Возможность перевозки неких грузовых контейнеров напрямую из Европы в Азию;
- Возможности Судоходства на морском пути без применения ледоколов;
- Уменьшение стоимости отопления.[2]

Отрицательные последствия изменения климата:

1. Значительно поднимется уровень мировых вод (на 1,8 мм каждый год). По некоторым данным, с конца 19 века океан уже поднялся на 30 см. в результате дальнейшего развития этого процесса многие прибрежные зоны окажутся затопленными. По мнению ученых под водой окажется Санкт-Петербург, Мурманск и другие большие портовые города.
2. В процессе таяния мерзлоты освободится большой объем метана, который способен нанести вред здоровью человека и животных.
3. Всем людям и видам животных будет необходимо адаптироваться в новом климате. Кроме того, уже на сегодняшний день отмечается распространение энцефалитов и малярии среди средней полосы: они распространяются на северные регионы, где в прошлом их никогда не бывало. Так, например, яблоневая моль сейчас спокойно может обитать в Сибири.

Изучая как отрицательные, так и положительные стороны изменения климатических условий, можно сделать вывод о том, что плюсов в глобальном потеплении гораздо меньше и они несут исключительно экономический смысл.[2]



## ГЛАВА 3. ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ

### 3.1 НАБЛЮДЕНИЯ СО СПУТНИКОВ

Динамика растительности была рассмотрена при реальных наблюдениях на полигонах. По данным этих наблюдений можно сделать вывод, что состав растительности не поменялся.

Наблюдения со спутников дают возможность оптимизировать работу в арктической зоне, провести мониторинг и инженерное исследование, позволяют оценить воздействия на окружающую среду.

Анализ изменения растительных покровов территории Тиманской тундры осуществлен с использованием материалов мультиспектрального спутникового съемочного комплекса Landsat и MODIS для временных периодов 1985-2016 годов и наблюдений на полевых площадках 2017-2018 годов.

MODIS не имеет термометра, но в некоторых каналах этого датчика фиксируются электромагнитные излучения в инфракрасном спектре, что позволяет пересчитать их в температурное значение.[4]

Если проводить подобные исследования, то по космическим снимкам в течение многолетнего периода можно будет оценить динамику ландшафта.

С 2000 по 2009 годы для исследованного региона отмечен рост хлорофилловых запасов в фитоценозах на 152 тонн. Большое изменение в сообществах отмечалось в сообществе мелкоерниковых лишайниковых тундр. Основными факторами, препятствующими изменению растительного сообщества, являются рост температуры воздуха с 2000 года в осеннее-зимнее время, а также количество выпавших осадков зимой.

Анализ временных композитов съемки MODIS охарактеризовал основные тенденции трансформации фитоценозов тундрового района Северной Евразии в отдельных периодах 2000-2016 годов. [4]

Распределение запаса фитомассы на снимках Landsat было рассчитано в нескольких этапах. В 2016 году в вегетационном периоде вычислено доля участия в составе общего фитомассового сообщества растений различных групп зелёных кормов, млекопитающих, лишайников. Результаты сравнения межгодовых показателей максимальной величины летнего периода показали, что значения на исследовательском участке после 2007 года не изменились.

Для проведения анализа сезонных вариаций фитомассы можно привлечь изображения разного времени. Фитоценозы, доминирующие на зелёном корме травяные растения, крупные кустарники, ерники, ивы, отличались большим сезонным изменением. В местах, где преобладают вечнозеленые растения и мхи, сезонные перемены выражены не сильно.

Отмечается, что многие виды болотных мхов, чаще всего ведущие погруженные или полупогруженные образ жизни, в период летнего снижения уровня вод, страдают от депрессии фотосинтеза. Этот период сезонно сопоставим с максимальным ростом фитомассы растений сосудистого происхождения наземного фитоценоза. В осенне-зимний период обводнение мест обитаний активизирует фотосинтетическую деятельность.[4]

### 3.2 МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

Аэровизуальные и полевые наблюдения на участках работ продемонстрировали, что рост надземной фитомассы в долинах и на склонах Северного Тимана связан преимущественно с быстрым развитием зелёной массы ерника и кустарничков (низкорослой карликовой берёзки, водяники, толокнянки альпийской). Слабое участие напочвенных лишайников в росте показателя за период наблюдаемых максимальных изменений обусловлен их крайне низким восстановительным потенциалом.



Рисунок 3.1 - Участки Тиманской кустарничково-лишайниковой тундры с максимальным изменением периода 2000–2009 гг.

Аэровизуальные и полевые наблюдения на участках работ продемонстрировали, что рост надземной фитомассы в долинах и на склонах Северного Тимана связан преимущественно с быстрым развитием зелёной массы ерника и кустарничков (низкорослой карликовой берёзки, водяники, толокнянки альпийской). Слабое участие напочвенных лишайников в росте показателя за период наблюдаемых максимальных изменений обусловлен их крайне низким восстановительным потенциалом. За период с 2000 по 2009 г. на территории Северного Тимана отмечен рост запасов хлорофилла в фитоценозах на 152 т, что в пересчёте на сухую зелёную фитомассу ерника и

кустарничков составило в среднем 1,85 ц/га. Максимальные изменения отмечены в мелкозерниковой лишайниковой тундре.[4]

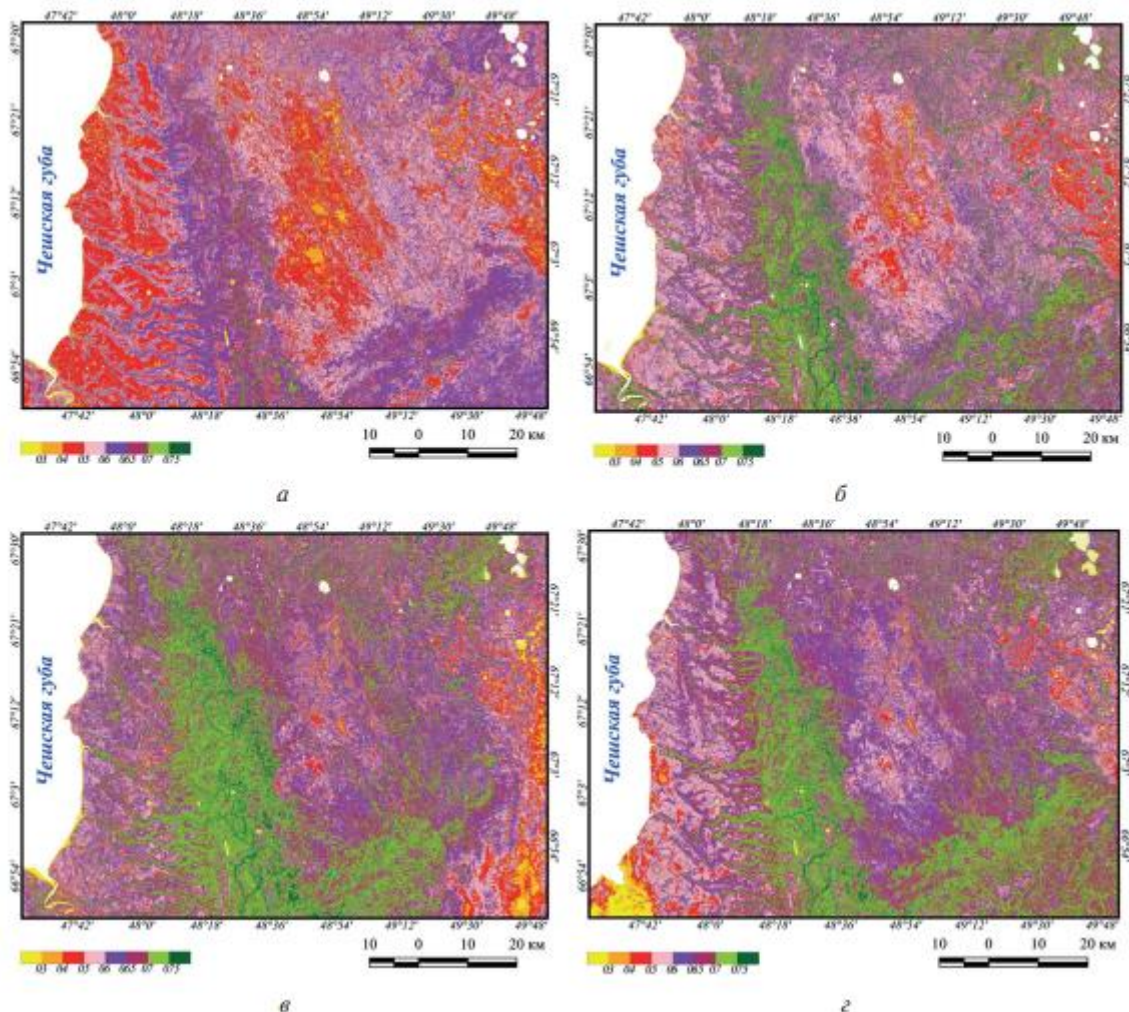


Рис. 3.2 – распределение на участках Тиманской тундры в период максимального развития фитомассы. а-1985, б-2000, в-2007, г- 2009.

В 2007–2009 гг. увеличение показателя не выявлено. Характер изменений отличается на участках предгорной равнины западнее плоскогорий Тимана. Интенсивность роста на данных территориях имела более высокие величины уже в период с 1985 по 2000 г.

В последующий период масштабных изменений не зафиксировано.

Наибольшие изменения сравниваемых изображений Landsat и MODIS приходятся на участки с мелкозерниковой лишайниковой тундрой и

кустарничково-моховыми болотами. Кустарничковые мохово-лишайниковые тундры с пятнами-медальонами характеризовались средним уровнем изменений, ивняки разнотравные отличались наиболее стабильными показателями

Отчетливых наблюдений по миграции древесных растений не наблюдается, за исключением Таймыра.

На равнине продвижения сильного нет, но увеличивается густота древостоев. Если сто лет назад хотя бы одна ель росла среди лиственниц, то сейчас там ельник.

На Кольском полуострове со временем наблюдается продвижение древесной растительности вверх по склонам холмов.[4]

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Арктика представляет собой огромную геоторию, включающая в себя воды Северного Ледовитого океана и окружающего его сушу, представленная равнинами и горами. На Российской территории Арктики преобладают низменные равнины.

Основная климатическая особенность Арктики – это суровая длительная зима и короткое прохладное лето. Климату свойственна общность признаков, связанная прежде всего с дефицитом тепла, отражающимся на всех природных процессах и явлениях. Его специфика определяется крайне неравномерным распределением в течение года солнечного света и тепла, малыми величинами годового радиационного баланса, господством холодных воздушных и водных масс, широким развитием оледенения, низкими температурами, бедностью видового состава органического мира.

В данной работе был проведен анализ данных о климате Арктики. Выявлена взаимосвязь изменений климата и состояния растительного покрова.

С потеплением климата растения становятся выше. Высокие растения отображают намного больше тени, из-за чего может снижаться летняя температура почвенного покрова. Скорее всего, если температура продолжит увеличиваться, то соответственно тундровые растения продолжат расти вверх.

Видовые составы растений тундры меняются по мере продвижения видов из южных районов на север, растительности на территориях становится гораздо больше. Высота растений непосредственно влияет на баланс углерода: так, например, высотные растения удерживают снег, тем самым повышают температуру почвы, которая в свою очередь ускоряет процесс оттаивания вечной мерзлоты.

Отчетливых наблюдений по миграции древесных растений не наблюдается, за исключением Таймыра.

На равнине продвижения сильного нет, но увеличивается густота древостоев и состав, в частности на Таймыре сто лет назад хотя бы одна ель росла среди лиственниц, то сейчас там ельник.

На Кольском полуострове со временем наблюдается продвижение древесной растительности вверх по склонам холмов.

Еще одним важным изменением, влияющим на флору Арктики, является увеличение лесных пожаров за Полярным кругом, которые в 2020 году побили свой рекорд выбросов  $\text{CO}_2$ , достигнув максимума в 244 мегатонны выброшенного углекислого газа. Это связано с сжиганием торфяников, богатых углеродом почв, которые возникают в результате накопления углекислого газа. заболоченные растения, которые в основном встречаются в арктических широтах. Эти торфяники становятся более склонными к горению с повышением температуры, но их собственное горение и высвобождение  $\text{CO}_2$  способствуют их собственной вероятности горения в положительной обратной связи.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Букатов А.Е., Бабий М.В, Моисеева Е.А. Климатическая изменчивость температуры воздуха, количества осадков и режима облачности /Москва 2009.
2. Волков, А. Арктика пробуждается : [ о плюсах и минусах таяния Арктики]/ Александр Волков// Знание – сила.- 2010-№7.-С.4-12.
3. Геоэкологическое состояние арктического побережья России и безопасность природопользования (под ред.Н.И Алексеевского). М.; ГЕОС, 2007. – 585 с. +40 с. Цв. Вкл
4. Елсаков В.В. пространственная и межгодовая неоднородность изменений растительного покрова тундровой зоны Евразии по материалам съемки MODIS 2000-2016 гг./ Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т.14. №6. С 56-72.
5. Изменения климата Арктики и Антарктики – результат действия естественных причин / И. Е. Фролов [и др.] // Проблемы Арктики и Антарктики. — 2010. — № 2 (85). — С. 52–61. — Библиогр. в конце ст.
6. Изменение арктического ледяного покрова по данным спутникового пассивного микроволнового зондирования : [за период с нояб. 1978 г. по сент. 2007 г.] / Л. П. Бобылев [и др.] // Проблемы Арктики и Антарктики. — 2008. — № 1 (78). — С. 38–47. — Библиогр. в конце ст.
7. Лоуренс, Дэвид М.; Свенсон, Шон С. (2011). Письма об экологических исследованиях. 6 (4): 045504. DOI: 10,1088 / 1748-9326 / 6/4/045504. ISSN 1748-9326.



8. Материалы международной науч.-практ. Онлайн -конференции, 1-18 ноября 2021 г./ под общ. Ред. В.И. Прядкина; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ».- Воронеж, 2021.-301с.
9. Моря// Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексные исследования ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ НАНУ. 2009. – вып.18. – С. 168 – 179.
10. Научные исследования в Арктике. — СПб. : Наука
11. Обзор гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане, 2009 : [научное издание] / М-во природ. ресурсов и экологии РФ [и др.] ; [науч. ред. И. Е. Фролов]. — СПб. : ААНИИ, 2010. — 102 с. : рис., табл., вкл. л.
12. Северный ледовитый и Южный океаны ( Сер. « География Мирового океана») Л. Наука,1985 . 501 с моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексные исследования ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ НАНУ. 2009. – вып.18. – С. 168 – 179.
13. Суонн, Эбигейл Л .; Fung, Inez Y .; Левис, Самуил; Бонан, Гордон Б.; Дони, Скотт К. (26 января 2010 г.). «Изменения арктической растительности усиливают потепление в высоких широтах за счет парникового эффекта» . Труды Национальной академии наук . 107 (4): 1295–1300. DOI : 10.1073 / pnas.0913846107 . ISSN 0027-8424 . PMC 2803141 . PMID 20080628 .
14. Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат. 1967. – Вып. 10. Часть – 607 с
15. Электронный ресурс [<https://gosdoklad-ecology.ru/2017/arkticheskaya-zona-rossiyskoj-federatsii/sostoyanie-okruzhayushchey-sredy/>]