



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

На тему «Анализ метеорологических данных полученных с дрейфующих
станций Арктики»

Исполнитель

Ряслов Роман Петрович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель

доктор физико-математических наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)

Кузнецов Анатолий Дмитриевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

доктор физико-математических наук, профессор
Кузнецов Анатолий Дмитриевич

«04» июня 2020 г.

Санкт-Петербург
2020

Оглавление

Введение	2
1. Географические особенности Арктики и история дрейфов: от палаток до ледоколов.....	11
2. Проведение метеорологических наблюдений на дрейфующей станции	20
3. Архив данных	25
3.1 Общий обзор: количество дрейфов, состав имеющихся данных.....	30
3.2 Имеющиеся файлы и их описание; перевод данных в Excel	33
4. Анализ данных, полученных в процессе функционирования дрейфующих станций	39
4.1 Контроль качества данных – алгоритмы, результаты расчетов и их анализ.	42
4.2 Статистика: среднее, СКО, максимальное и минимальное значение.	50
4.3 Эмпирические функции распределения – гистограммы.....	60
Заключение.....	75
Приложение 1	76
Список использованных источников.....	81

Введение

Многие эксперты подчеркивают, что для России 21 век является веком освоения Арктики, что будущее страны зависит от того насколько успешными, будут исследования в полярных широтах.

С 19 века и по сей день исследование Арктического бассейна является одной из важнейших геофизических и геополитических задач. Благодаря интенсивному развитию за последние годы космических и авиационных методов наблюдения за состоянием поверхности Земли, у нас появилось больше представлений о структуре и движении Ледяного покрова Арктики. С помощью таких технологий наблюдения, стало возможным вести постоянный мониторинг за состоянием и динамикой многолетних паковых льдов. Особое значение при этом, придается именно положению южной границы льдов, так как от этого напрямую зависят маршруты судов, круглогодично проходящих по Северному Морскому пути.

Дрейф, толщина, сплоченность, площадь льдов – не единственное что нам необходимо знать об Арктике, для совершенствования своего понимания Арктической природы. Изучение Северного Ледовитого океана и атмосферы также важны и помогут составить полную картину климатических процессов, берущих начало здесь, в этих широтах и распространяющихся на весь Земной шар.

Для точной оценки и определения закономерностей климатических изменений и повышения качества прогноза, необходимо совершенствование наших знаний касательно теплового режима, структуры течений и водных масс Северного Ледовитого океана. Арктика и Антарктика часто считаются планетарными «холодильниками» климатической сети. От того какие процессы происходят в полярных широтах, зависит погода и климат многих регионов. Как показала практика, наиболее оптимальными способами освоения и исследования Северного Ледовитого океана являются контактные наблюдения по местам. Изначально это были дрейфующие станции, но со

временем, начали использоваться и другие способы по сбору геофизических данных. Большой вклад привнесли кратковременные высадки на льдины группы полярников, наблюдения с научных судов и автоматические метеостанции.

Помимо «холодильника», Арктику и Антарктику в научных кругах часто именуют «кухней погоды». Арктика — это регион, имеющий неоспоримую важность для страны, об этом еще упоминал Ломоносов, говоря в своих работах «Россия – будет прирастать своим фасадом в Арктику». Регион, в котором круглогодичный минус, представляет собой множество плюсов, для сверхдержав, которые учувствуют в гонке за освоение и приватизацию, в который в свою очередь Российская Федерация остается впереди. Результаты, который удалось достигнуть нашей стране в этой сфере., до сих пор поражают всё мировое сообщество. «То, что делаем мы – до сих пор поражает остальных» - говорят опытные полярники. Сегодня работа в Арктике никуда не исчезла, она, как и 100 лет назад благополучно и плодотворно продолжается. Так же опасна для жизни, как и прежде, но возможно в нынешнее время не так на слуху. Работа в таких экстремальных условиях – действительно проверка на прочность для любого мужчины. Арктика, как упоминалось ранее, очень важна для России – множество полезных ископаемых, и нефть, и газ, и еще бесчисленное множество элементов таблицы Менделеева. Это Северный морской путь и стратегическая безопасность страны. Основные наши конкуренты по Арктике — это США и Канада, по словам президента Российской Федерации, В.В. Путина «США, которые являются к стати нашими соседями по Арктике, развивают свою военную деятельность, которая на наш взгляд представляет для нас определенную угрозу.»

В районе северного полюса нет твердой земли, лишь только лёд. Поэтому единственным способом находится там является – высадка на лёд или проведение наблюдений с борта судна. Для проведения непрерывных

метеорологических, гидрологических, магнитных и других измерений, самым действенным способ оказалась организация многомесячных экспедиций. Такие экспедиции обустраивались прямо на льдах, первые из них устанавливали палатки из фанер и древесины, и отапливались керосином. В будущих экспедициях начали появляться различные палатки и совершенные отопительные системы. Такой лагерь имел название дрейфующая станция. Или говоря иначе, дрейфующая станция – это научно-исследовательская база, которая строится прямо на льдах, расположенных в недрах Северного ледовитого океана.

«6 июня 1937 года началась полярная эпопея дрейфующей станции северный полюс – 1.» Не многим будет понятна и известна эта строчка, но стоит сказать экспедиция Папанина, и моментально приходит на ум история завоевания Северного полюса легендарной и героической четверкой, получивших мировую славу и ставших по праву Героями Советского Союза. Их подвиг несомненно находится на уровне первого полета космонавта в космос. Их имена восторженно звучали во всех уголках Земли. Собранный ими материал, поражал своей уникальностью и содержанием и был высоко оценен всем мировым научным сообществом.

Вместе с героической четверкой полярников, заслужили себе славу и награды, и лётчики, которые отправились вместе с экспедицией на северный полюс, впервые приземлив самолеты на плавучий лёд, а потом также впервые совершив взлёт со льдов. В те времена, всё что делалось в полярных широтах, делалось впервые.

Актуальность темы условно можно разделить на несколько пунктов.

Первым и возможно самым важным пунктом, является поиск во времена освоения Арктики, Северного Морского Пути, а в последующем его поддержание, контроль и конечно эксплуатация. Обладая протяженностью в 5600 км, наличием льдов, достигающих до 4 метров в толщину, проход через 9 часовых поясов – Северный Морской Путь имеет ключевое стратегическое

значение. Самый быстрый и как следствие экономически-рациональный путь транспортировки сырья различного характера, а именно нефти Ухты, угля Воркуты, меди и никеля Таймыра, золота Якутии и Колымы и другого сырья Северной части России. До открытия Северного Морского пути всё это сырьевое богатство казалось недостижимым, скованным вечной мерзлотой и за пределами полярного круга, так как единственным способ доставлять его была однопутная, стоившая России великих денег, трудов и поражения от Японии – транссибирская железнодорожная магистраль.

К счастью, в наши дни Северный морской путь используется на полный ход, но сложности при транспортировке сырья по-прежнему присутствуют. Льды Арктики, настолько суровы, что порой становятся непреодолимым препятствием, даже для ледоколов. Как следствие выбор оптимального маршрута, сезона транспортировки и главное метеорологических условий и прогноза толщи льда может сильно удешевить и облегчить маршрут.

Второй пункт, обуславливающий актуальность исследования Арктики, так сильно значим стал в последствии, после начала проведения наблюдений. Арктический шельф или Континентальный шельф Российской Федерации, это шельф, определяющийся по Конвенции ООН по морскому праву как океанское дно и недра подводных районов, которые находятся под суверенитетом СССР. Ценность шельфа в том, что по прогнозу ученых 3 / 4 части мирового запаса углеводорода находится в его недрах. Это невероятный объем, ради которого интенсивность исследований только растет.

Третий пункт обуславливается стратегической важностью этого региона, сюда относится и важность иметь возможность производить трансарктические перелеты, и организация военных баз, и проведение учений в условиях полярных широт, и переправка флотилии под предводительством атомных ледоколов и много многое другое. Именно по причине желания осуществить первый перелёт из России в Америку, была организована первая дрейфующая станция «Северный полюс -1». В её задачу входило

непосредственная передачи метеорологических условий, а именно скорости ветра, температуры, толщины льда и проведение сопутствующих наблюдений.

Спустя год подготовок, в июне 1937 года было положено начало успешной работы станция Северный полюс -1 во главе полярника Папанина. Каждый месяц экспедиция отправляла отчет о проделанной работе в Москву. Эта группа полярников совершила много значимых открытий, среди которых впервые измеренная глубина океана у центра полюса. Лебёдка достигла дна на отметке равной 4290 метрам. До этого открытия было лишь известно, что максимальная измеренная глубина океана у полюса как минимум 2742 м. Среди менее значимых открытий также наконец полностью опровергнутое предположение о том, что в Арктике имеется суша и многое другое. При советском союзе всего было создано 31 таких дрейфующих станций, которые проводили наблюдения вплоть до 1991 года. За время дрейфа всех станций было собрано невероятное количество данных и сделано много открытий в таких сферах науки как: гидрология, метеорология, океанология, климатология, аэрология, и др. Полученный научный материал уникален тем, что впервые позволил описать взаимосвязанную сущность природы центральной Арктики. Участникам экспедиций и всему мировому научному сообществу, наконец стало известно о перемещении и изменении структуры ледяного покрова, о химическом содержании и свойствах водных масс, их перемещениях под льдами, рельефе дна океана и его интереснейших видах обитателей.

Полярниками, первооткрывателями и исследователями двигали не материальные интересы, ими двигала любознательность. Своё счастье и богатство они видели и считали именно в путешествии и открытиях. Да дело это нелегкое, да во время дрейфа могло произойти непоправимое, но это никого не останавливало. Многие из первых полярников, пилотов и капитанов, выполняющих экспедиции в полярные широты, возвращались на родины героями, становились руководителями так как имели богатый опыт и получали

высшие награды СССР. И даже когда как уже казалось, жизнь полярника исследователя удалась, они вновь и вновь отправлялись в новые экспедиции, объясняя это тем, что Арктика притягивает. «Вы не испытали еще полярной зимовки, и все равно не поймете. Арктика притягивает. Кто раз побывал в Арктике, тот на всю жизнь отравлен ею. Сами убедитесь в этом...».

С 1937 года по сей день проводятся регулярные высокоширотные экспедиционные наблюдения в Арктике, с перерывом на Великую Отечественную Войну и кризис из-за распада СССР. Распад привел к сильному экономическому кризису, а так как все научные исследования в полярных широтах были за счёт бюджетных средств, их финансирование пришлось приостановить. Вновь за Арктику Россия взялась в 2003 году, за это время многое изменилось, включая и подход к исследованию. Теперь в Арктике помимо дрейфующих станций уже существовало множество автоматических станций, также в труднодоступных местах наблюдения начали производиться прямо с судов, позиционирующих себя как научные экспедиционные суда.

В данной работе будет рассмотрен материал, собранный именно в период с 1937 по 1991 год, это дрейф 31 станции «Северный полюс». Многие из них были многолетними, в них менялись полярники, менялось оборудование, доставлялся необходимый груз, и таким образом, например, станция «Северный полюс -22» (СП-22) просуществовала 3120 суток. За этот период всеми станциями собран отличный материал по всем отраслям науки. Получены многолетние универсальные данные по динамике и изменению ледяного покрова. Гидрологами сделаны открытия в области океанических течениях подо льдом и химическом составе водных масс Северного Ледовитого океана (СЛО), структуры и рельефе дна и о живых организмах, обитающих в нём. Метеорологами в свою очередь удалось обозначить полную картину динамики и состояния атмосферы над полярной и приполярной областями, что является фундаментальными знаниями необходимыми для

успешного прогнозирования для высоких и средних широт. И это далеко не все открытия, сделанные за этот период.

Новизна исследования заключается создании общей базы или массива данных полученных в результате дрейфа 31-ой станции, в проведении алгоритмов контроля качества полученных данных, в использовании инструментов статистического анализа по описательным критериям, в проведении эмпирических функций распределения и составлении гистограмм на основании результатов исследования данных, сравнении данных полученных на дрейфующих станциях с данными прибрежных метеостанций Арктического бассейна. Изучении закономерностей траектории дрейфа станций и анализ результатов.

Целью нашего исследования выступает анализ сформированного архива данных в сфере дрейфа Арктических станций в период с 1937 по 1991 гг. и составление гистограммы эмпирического распределения данных.

Для реализации вышеуказанной цели необходимо решение следующих задач:

1. Изучить теоретико-методологическую базу дрейфующих станций и Арктического бассейна.
2. Сформировать архив данных, подготовить его для дальнейших вычислений.
3. Провести проверку на контроль качества и статистический анализ данных. Выявить зависимости.
4. На основании полученных результатов в описательной статистике произвести расчет эмпирической функции распределения и построить на основании результатов гистограммы.

Гипотезой исследования выступает идея о том, что при правильном выборе начальной точки дрейфа, станция, организованная во льдах может пройти через центр Арктики, а если улыбнется удача, то и вовсе попасть в

самый центр Северного полюса. Эту знаменитую научную гипотезу высказал первым норвежский исследователь и путешественник Ф. Нансен. Он же впервые в истории предположил и реализовал идею дрейфа полярной станции прямо во льдах, которая в последствии стала основанием и теоретическим пособием для будущих советских и американских дрейфующих станций нового столетия. Нансен строил предположение о существовании определенного направления дрейфа арктических льдов с востока на запад, или говоря иными словами, из морей Восточной Сибири в Гренландское море. При таком раскладе можно было существенно упростить будущие исследования и получить данные из самого сердца Арктики.

Анализируя архивные данные дрейфа станций «Северный полюс», возможно удастся найти систематические закономерности траектории дрейфа. Сравнивая данные полученные с дрейфующих станций с данными полученными на ближайших наземных станциях, включая острова, производится анализ. На основании полученных графиков, проанализировав которые, придем к выводам относительно метеорологических данных.

В первой главе предполагается рассмотреть климат арктического региона и историю дрейфующих станций.

Во второй главе рассматривается процесс метеорологического наблюдения характерный для дрейфующих станций.

В третьей главе даётся общий обзор о количестве дрейфов станций, составе полученных данных, по которым в свою очередь формируется и приводится в надлежащий вид архив данных по траекториям дрейфа станций.

В четвертой главе магистерской диссертации проведен анализ данных на контроль качества, описательный статистический анализ и на основании эмпирических функций распределения построены и проанализированы гистограммы для наглядности результатов.

Апробация работы была проделана в ходе Восьмой международной научно-практической конференции «Полярные чтения – 2020», в которой был

рассмотрен российский и зарубежный опыт научного изучения Арктики и Антарктики. Темой выступления было выбрано «Использование данных дрейфа полярных станций, с целью выявления метеорологических закономерностей и создания анимации на трёхмерной модели Земли». В презентации были подчеркнуты исторические достижения освоения Арктики, были представлены диаграммы и гистограммы особенностей дрейфа, а также составлена анимация с траекториями дрейфа на трёхмерной модели земли, входящей в состав программного обеспечения Microsoft Office. В международной конференции приняли участие исследователи из различных стран, в том числе России, Белоруссии, Швеции, Норвегии, Финляндии, Эстонии и Италии. Среди участников встречались представители различных отраслей науки: географы, геофизики, геологи, гидрологи, океанологи, историки, этнологи, археологи, социологи и другие исследователи, которые посветили изучению Арктике и Антарктике свою жизнь.

1. Географические особенности Арктики и история дрейфов: от палаток до ледоколов

Арктика – считавшаяся действительно длительное время территорией, абсолютно не приспособленной для жизнедеятельности людей, непроходимой ни водными путями, ни наземным. Районы Арктики занимают обширную часть территории Российской Федерации протяженностью в тысячи километров и уже потому представляют интерес. Площадь же Арктики составляет примерно 25 млн. кв. км, 15 из них это водная составляющая.

Часто границу Арктики отмечают по Северному полярному кругу, это не будет являться ошибкой. Эта граница проходит через $66^{\circ}33'$ северной широты. Также верным будет определение границы при помощи положения изотермы самого теплого месяца $+10^{\circ}\text{C}$. Стоит отметить что здесь, в северном полярном кругу, солнце не выходит из-за горизонта в период зимнего солнцестояния, и наоборот не заходит за горизонт летом. В самом центре севера, длительность этого процесса в пике и составляет ровно полгода. Единственным источником естественного освещения ночью является северное сияние и лунный свет [1].

В состав Арктики включен: Северный Ледовитый океан вместе с его морями: Баренцево, Баффина, Белое, Бофорта, Восточно-Сибирское, Гренландское, Карское, Лаптевых, Норвежское, а также Чукотское море; северные части Тихого и Атлантического океанов; множественные заливы Канадского Арктического архипелага; следующие острова: Северная Земля, Новая Земля, Земля Франца-Иосифа, Шпицберген, Гренландия, Новосибирские и остров Врангеля; северная часть материка Евразия и часть Америки [2].

Важно отметить, что Российский район Арктики ограничивается меридианами $32^{\circ}4'30''$ в. д. на западе и $168^{\circ}49'30''$ з. д. на востоке. В эти границы вписывается Северный Ледовитый океан с морями: Баренцево,

Карское, Лаптевых, Восточносибирское, Чукотское, также острова, архипелаги и шельф.

В зависимости от расположения, климатические особенности арктического региона варьируются, от влажного и мягкого на побережье Норвегии, до климата полярных пустынь в районах Гренландии со среднегодовыми температурами в районе -28°C . В зимний период над всей областью Арктики наиболее выражены арктические воздушные массы, идущие к югу в умеренные широты. Средние показатели температуры воздуха в основном изменяются в зависимости от теплых и холодных морских течений. В меньшей значимости, зависимость прослеживается от особенностей рельефа дна и преобладающих ветров.

Климатические условия Канадской Арктики немного отличны от предполагаемых. В зимний период температура колеблется от -34°C до -23°C . В районах Земли Баффина среднемесячная температура не превышает показателя $+10^{\circ}\text{C}$. Хотя в разгар лета температура днем поднимается до $+25^{\circ}\text{C}$, а порой и больше [3].

Любопытной является образованная система особых течений, которые обеспечивают обмены водами с атлантическим и тихим океаном. Что касается Североатлантического течения, то лучше всего его влияние наблюдается в Баренцевом море, в том плане что порт всегда свободен ото льдов.

За год в Арктических широтах можно наблюдать смену двух процессов, это антициклональный процесс и циклоническая деятельность, с другой стороны. Полярный антициклон наиболее выражен зимой, при этом в июле его центр смещается как правило к Берингову проливу, а в августе возвращается к западу. В случае циклонической деятельности, в подавляющем большинстве случаев, интенсивность проявляется летом. Таким образом, сезонный ход атмосферного давления в рассматриваемом регионе выражен достаточно отчетливо.

Ветровому режиму в Арктическом регионе, свойственна изменчивость, но верхний предел в 30 м/с превышает редко. Но когда происходят сильные ветра, сухой снег с поверхности поднимается, образуя долгие метели. По причине того, что в центре СЛО область повышенного давления, воздушные потоки, стекающие сюда называются стоковыми. А под воздействием силы Кориолиса эти же стоковые ветра приобретают направление с северо-востока на юго-запад. В центральных районах океана, климат мягкий. В летний период (июль-август) полная нижняя облачность существует в 90-95% случаев, в остальные месяцы – 40-50%. В качестве осадков выступает только снег.

Северный Ледовитый океан (СЛО), очень притягателен, в особенности своими тайнами и уникальностью. Одним из факторов заинтересованности в нем является его расположение – это северная область, полярное сердце центральной Арктики. Площадь Северного Ледовитого океана составляет 15 млн. кв. км. Площадь его настолько велика, что превосходит сумму площадей Китая и Индии. В связи со сложными климатическими условиями Арктического бассейна, СЛО среди всех океанов наименее изученный, но с каждым годом появляется всё более современное техническое оснащение, позволяющее проводить высокоширотные измерения также качественно. Окружен Северный Ледовитый океан с двух сторон сушами Северной Америки и Евразии. В этой связи он интересен еще и как стратегический и военный объект, так как являет собой кратчайший путь из России в США.

Особенная важность освоения Северных широт и как следствие СЛО, стала ещё более убедительной после окончания второй мировой войны. Когда единственный маршрут для переправы морского флота лежал через моря Северного Ледовитого океана. Начались широкомасштабные исследования СЛО в научных сферах деятельности и в рамках военных программ.

Как уже говорилось, океан имеет много морей и заливов, то есть его береговая линия крайне разнообразна. Например, берега Исландии и Гренландии в основном скалистые и высокие. В то время как, берег Баренцева

и Белого частью низкие и пологие, а местами высокие или дельтовые. Среди морей Лаптевых Чукотского и Новосибирского, можно встретить берега ровные, дельтовые и лагунные. Канадскому арктическому архипелагу более свойственны берега низкие, ровные и скалистые [3].

Уникален СЛО тем, что он находится на втором месте среди океанов по количеству островов. Все его острова имеют строго материковое происхождение. Общая площадь всех островов составляет около 4 млн. кв. км.

Рельеф дна Северного ледовитого океана также разнообразен и сложен. От острова Врангеля к острову Элсмир протянуты подводные хребты, которые в свою очередь образуют 3 котловины, а именно Нансена, Макарова и Бофорта. Самая минимальная глубина в нематериковой зоне равна 954 метра, а самой глубокой точкой является котловина Нансена и равна более 5000 метрам. Для справки глубина в точке северного полюса примерно равна 4350 метрам.

Так как Северный Ледовитый океан является зоной повышенного давления, здесь в течении года преимущественно ясная погода. Воздух местами сухой в связи с тем, что при достаточно сильной закрытости поверхности океана льдом, испарение очень мало.

В Арктическом бассейне преобладают млекопитающие крупного типа, белые медведи и тюлени. Вблизи приатлантической части океана встречается множество видов рыб, среди которых: морской окунь, сельдь, треска, киты и т.д. [4].

В 2008 году на дно в районе Северного полюса были погружены два батискафа МИР-1 и МИР-2 с целью взятия проб грунта и установки вымпела с российским флагом на дне около 4300 метров. Также их целью было доказать, что хребты Ломоносова и Менделеева являются продолжением Российского шельфа. После анализа проб грунта, взятого на дне, ученые пришли к выводу что глобального потепления нет.

Арктика все ещё малоизучена и таит в себе много загадок, а люди лишь хотят видеть и понимать её прекрасную природу.

История дрейфа

Принято считать, что первый человек, который узнал о существовании Северного Ледовитого океана, был грек и звали его Пифей. Все его запасы к сожалению, не сохранились, но от многих других древних авторов известно, что Пифей в 325 г. до. н. э. направился в плавание по Северной Атлантике и достиг страны Туле, где ночь длилась всего 2 часа. Отсюда можно сделать вывод что Пифей достиг примерно 64 с. ш. Позднее многие ученые высказывали разные версии и догадки о местонахождении Туле. Одни говорили, что Туле – самый северный остров Британии, другие отождествляли его с Исландией, а некоторые предполагали, что Пифей достиг берегов Скандинавии. Точного ответа на этот вопрос, не существует и по сей день.

Исторически начало исследований Арктики приходится на 11 век, когда мореплаватели впервые выходят в моря Северного Ледовитого океана. В 12 и 13 вв. путешественниками и исследователями были впервые открыты острова Вайгач и Новая Земля. Ближе к концу 15 в. открыты острова архипелага Шпицберген и остров Медвежий. Ещё позднее составлена уже первая карта Ледовитого океана при участии Д. Герасимова.

К числу исследователей и первооткрывателей Арктики относятся и норманны – мореходы, пираты и язычники. Из-за неизбежного распространения христианства и преследования старой веры в Скандинавии, норманны были вынуждены отправляться в походы на северные, ныне неизвестные острова и переселяться туда.

Позже географами, мореплавателями и учеными сформированы три важнейшие цели, которые стали причиной долгих исследований и множества плаваний в Арктическом бассейне. Это три возможных пути, по которым можно попасть из Атлантического океана в Тихий, для Северной Америки это

Северо-Западный проход, для Азии это Северо-Восточный проход, и казавшийся тогда невыполнимым проход непосредственно через Северный Полус. Вся история, связанная с освоением и путешествием в Арктику, строится на решении этих трех целей [5].

После провозглашения в 1818 г. Британским парламентом о премии за открытие Северо-Западного пути, затея эта стала интересна не только молодым исследователям, ищущим приключения, но и многим мореплавателям. Предпринималось множество попыток, и каждая по-своему велика, так как все экспедиции приносили свой вклад и только в начале XX века, проход окончательно был пройден норвежцем Руаль Амундсеном.

Что касается Северо-Восточного пролива, то здесь прежде чем отправится в плавание, была проделана огромная работа, для изучения Арктических берегов, гидрологического режима и т.п. В подавляющем большинстве отправляемые экспедиции были сухопутного плана. Во второй половине XIX уже были известны все особенности береговой линии северного побережья Сибири, входящие в состав России. И наконец под командованием шведского ученого и мореплавателя Адольфа-Эриха Норденшельда в 1879 г. экспедиция из 4 судов «Фразер» «Лена» «Экспресс» и «Вега» преодолели Северо-Восточный путь.

Так были преодолены и выполнены две цели покорения Севера, выделенные географическим сообществом. Остался непокоренным только сам Северный полюс или как его представляли по рассказам мореплавателей гринландские эскимосы – «Большой гвоздь».

Спустя 30 лет, 1 марта 1909 г. 7 американцев и эскимосы на собачьих упряжках отправились на северный полюс с самого крайнего острова Канадского архипелага. И уже спустя месяц определившись астрономически, исследователь Пири установил флаг США на Северном полюсе. Так заканчивается история первооткрывателей и начинается новая глава, глава в которой научное сообщество будет прилагать все усилия, чтобы познать и

попытаться дать ответы на многие, интересующие мировое сообщество вопросы.

После успешного завершения дрейфа «Фрама» в 1896 г. во главе с известным путешественником, ученым и общественным деятелем Ф. Нансеном, им была впервые провозглашена идея создания дрейфующей станции прямо в Центральной Арктике. Конечно тогда, оставался нерешенным вопрос доставки полярников и всего оборудования, но сама идея была весьма интересной. Впервые эту идею попытались реализовать Американцы, устроив дрейф в море Бофорта, но запланированный дрейф был осуществлен не полностью в связи с болезнью полярника.

Эта идея Ф. Нансена была замечена и в СССР, особенно это начало ощущаться в 1930 г., когда интерес к Арктике рос уже не по дням. Одним из таких интересов был трансарктический перелет из России в Америку, осуществить который не представлялось возможным без дрейфующей станции в центральной части Арктики. Которая должна была осуществлять измерение метеорологических величин, передачу этих данных, а также помощь в навигации при плохих погодных условиях. Сторонниками создания такой станции были академик О.Ю. Шмидт и профессор В.Ю. Визе. Вплоть до 1935 г. создавался и совершенствовался проект «Северный полюс-1». В 1936 г. Главное управление Северного морского пути презентовало проект правительству, были назначены участники экспедиции. Ими стали руководитель экспедиции Иван Дмитриевич Папанин, океанолог Петр Петрович Ширшов, астроном и магнитолог Евгений Константинович Федоров и радист Эрнст Теодорович Кренкель. Все полярники не раз участвовали в арктических плаваниях и уже проводили зимовки на полярных станциях. Отправной точкой решили выбрать остров Рудольф, на котором около года готовилось всё необходимое для экспедиции, включая 5 самолетов: «Н-166» легкий самолет разведчик с летчиком Павлом Головиным, «Н-170» флагманский тяжелый самолет с летчиками М. Водопьяновым и М.

Бабушкиным, «Н-171» с летчиком В. Молоковым, «Н-172» с летчиком А. Алексеевым и «Н-169» с летчиком И. Мазуруком. Перелеты осуществлялись поэтапно, первым шагом был перелет из Москвы в Холмогоры около Белого моря, далее до Новой Земли, оттуда до острова Рудольф и только оттуда в сердце Арктики. Все перелеты сопровождались сложными метеорологическими условиями, такие перелеты осуществлялись впервые, в те года, почти всё делалось впервые.

22 мая 1937 г. была осуществлена первая метеорологическая радиограмма, ушедшая с северного полюса. Она содержала в себе данные давления, скорости и направления ветра, температуры, видимости и наличия осадков.

6 июня, вместе с успешным взлетом всех самолетов, была торжественно открыта первая дрейфующая станция «Северный полюс». Так началась новая глава исследователей, в которой полярники каждый день борются с природой за жизнь и ведут при этом непрерывную работу по метеорологическому наблюдению.

В эти же месяцы летчиками Валерием Чкаловым и Михаилом Грозовым были совершены первые трансарктические перелеты из Москвы в США. Для них огромной поддержкой стала вновь открытая станция Северный полюс, которая делилась прогностической информацией.

Первая дрейфующая станция просуществовала во льдах 274 дня, вместо запланированного года [6]. Причиной ранней эвакуации членов экспедиции послужили участвовавшие расколы льдов, в том числе глубокая трещина прямо под лагерем экспедиции. Но и за 274 дня, собранный материал был поразителен. Уже в первые месяцы дрейфа выяснилась глубина океана в центральной части Арктики, она оказалась равной 4290 м. Интересно и то, что на 840 с.ш. трос лебедки остановился на глубине 2384 м. Только в дальнейшем станет известно о наличии хребтов в Северном Ледовитом океане. По мимо глубины узнали также о его температурных слоях и химическом составе. За

время дрейфа было пройдено 2500 км. Благодаря геофизическим наблюдениям была дополнена магнитная карта, а благодаря метеорологическим – синоптическая карта в Москве. После подробного анализа водных проб биологами, стало ясно и то, что в Арктических водах есть жизнь. Все эти открытия поражали, весь мир говорил об этом, СССР объявил себя беспрецедентным лидером в исследовании Арктики. Но к сожалению, возвращение Папанинцев совпало с началом гитлеровской агрессии и создание следующей дрейфующей станции пришлось приостановить. Прибрежные станции и станции, организованные на островах, конечно же работали на 100 %, обеспечивая информацией о гидрометеорологических условиях правительство, для поддержания работоспособности Северного Морского Пути. Единственного доступного пути для проброса военных кораблей и продовольственного сырья на Запад.

2 апреля 1950 года, на льды вновь высадилась дрейфующая станция «СП-2» (с этих пор стали называть аббревиатурой), спустя 5 лет после окончания войны. Уже в большем составе, с более оснащенным научным оборудованием. Присутствовала даже грузовая машина, для транспортировки тяжелого оборудования. Собран, как и при первом дрейфе уникальный материал, но к великому сожалению из-за раскола льдины дрейф научной экспедиции пришлось приостановить. Дрейф станции СП-2 дал начало полномасштабному изучению Арктики, вплоть до 1991 года.

В настоящее время во время сложной ледовой обстановки и отсутствия подходящей для дрейфа льдины для проведения научных наблюдений используются научно исследовательские или научно экспедиционные суда.

2. Проведение метеорологических наблюдений на дрейфующей станции

Проведение метеорологических, гидрологических и магнитных наблюдений начиная с XX века, стало основополагающей задачей для Советского Союза. Как упоминалось ранее, главным образом это было необходимо для организации Северного Морского пути и выполнения первого трансарктического перелета. Также второстепенными факторами выступали: общее изучение природы Арктики, вместе с ее флорой и фауной; изучение Северного Ледовитого океана и метеорологических условий; изучение магнетизма Земли и геополитическая важность региона, который в свою очередь занимает треть страны. О содержании огромных месторождений нефти в Арктических шельфах известно стало позднее, после взятия соответствующих геологических экспертиз в недрах Арктического бассейна ближе с 1980-ым годам.

Приземным метеорологическим наблюдением принято считать наблюдение и измерение величин всех возможных характеристик нынешнего состояния атмосферы и его возможное развитие с учётом взаимодействия их в подстилающей поверхности. Необходимость таких метеорологических наблюдений обуславливается нижеперечисленными целями:

1. Обеспечение сведениями организаций о метеорологических условиях;
2. Оповещение организаций об опасных атмосферных явлениях;
3. Составление всех видов прогнозов, для предупреждения о неблагоприятных условиях;
4. Формирование и обобщение объективных данных касающихся метеорологических условий в пункте наблюдения в масштабах района, области, страны или всего мира [7].

Ключевое отличие в проведении метеорологических наблюдений на дрейфующей станции, это прежде всего климатические особенности региона. Имеется ввиду, что станции осуществляют дрейф на льдах, который имеет

свойство покрываться трещинами, таять быстрыми темпами по причине наступлением оттепели, либо при попадании в теплые течения и в целом считающимися малоизученными и нестабильными платформами для постоянного проживания полярников. В Арктике, даже находясь на судне, вмерзшем во льды без особого технического оснащения, всегда присутствует опасность, что при подвижке льдов, каркас судна может не выдержать и дать пробоину.

При организации наземной метеорологической станции, требуется обязательное соблюдение норм и требований, например, требования к построению общей сети гидрометеорологических станций, для улучшения качества прогнозов и рационализации местоположения. В случае же, дрейфующих станций, этими требованиями приходится пренебрегать, так как найти подходящую льдину для дрейфа, уже представляется проблемой, особенно если учитывать, что до Северного полюса с ближайшего архипелага порядка 900 км. Конечно на помощь приходит дистанционное зондирование для поиска подходящей льдины, но и этого недостаточно. Обязательно прежде чем отправляться экспедиции, сначала отправляется разведывательный самолет.

Итак, после определения подходящей льдины и организации на ней лагеря, производится установка измерительных приборов на метеоплощадке. Метеоплощадка на дрейфующей станции должна также отвечать все требованиям и нормативам. Форма площадки должна быть квадратной, с размерами сторон 26 м. соответственно. Все присутствующие приборы, должны быть расположены на площадке в соответствии с планом и всегда находится в исправном состоянии. Состав имеющегося оборудования на дрейфующих станциях со временем увеличивался и совершенствовался. На первой дрейфующей станции «Северный полюс», имелись метеорологические приборы: термометры, гигрометры, барографы, термограф и др.; приборы для проведения геофизических измерений: гравитационный маятниковый прибор,

вариометр; гидрологические приборы: гидро-вертушки конструкции Экмана – Мерца, батометры разных емкостей и гидрологическая лебёдка и для проведения геодезической съёмки имелся теодолит Вильда. Помимо приборов для непосредственного наблюдения, имелся микроскоп «Рейхард» который сейчас хранится в Российском музее Арктики и Антарктики [8].

Все вышеперечисленные приборы были изготовлены специально для этой экспедиции с учетом всех особенностей северных широт. На станции «Северный полюс – 2» (СП-2) приборный комплект пополнился такими приборами как спиртовые термометры, ручной анемометр, анеморумбограф, демпферный флюгер – для метеорологических наблюдений и теодолит Кузнецова, снеговые плотнометры конструкции Яковлева, прибор для измерения испарения льда, диск Секки, глубоководные термометры, микроскопы для остальных видов наблюдения. Интересным измерительным прибором, изготовленным специально для проведения океанологических наблюдений на СП-2, был мареограф – прибор для измерения и регистрации колебаний уровня моря созданный механиком Кузнецовым М.С.

Одновременно с существованием станции СП-2, в морских экспедициях и авиации начал развиваться метод дистанционных гидрометеорологических наблюдений. Дистанционная метеорологическая станция или иначе говоря ДМС, это совокупность датчиков температуры, влажности, скорости и направления ветра. Главное преимущество таких станций заключается в дистанционном измерении метеорологических величин с помощью пульта управления.

В середине того же года, очередным прорывом в создании метеорологических приборов стали системы, разработанные конструктором АНИИ Алексеевым Ю.К., которые позволяли проводить автономные наблюдения в морях. Такие автономные системы существенно расширяли гидрометеорологическую сеть, что в свою очередь позволяло собирать больше данных о температуре, влажности, направлении и скорости дрейфа льдов,

особенно эти системы было полезно использовать в труднодоступных местах Северного Ледовитого океана. Дрейфующая автоматическая радиометеорологическая станция (ДАРМС), позволяла передавать такую информацию в среднем на протяжении года и на расстояние более 1,5 тыс. км.

ДАРМ была не единственной в своем роде, в скором времени появился усовершенствованный аналог, автоматическая ледовая станция (АЛС). Станции такого рода также устанавливались на льду и собирали схожий состав метеорологической информации, но ключевая разница была в способе дальнейшей ее передачи. В каждой такой станции был встроен блок памяти БИМП, который позволял хранить собранную информацию необходимое количество времени. Когда АЛС попадала в зону захвата спутника «Океан-О», собранная информация тут же отправлялась на спутник, а уже со спутник и главный центр сбора и хранения данных в Росгидромете.

В 1965 г. в исследованиях на дрейфующих станциях начали использовать, вновь разработанный дистанционной многократный батометр БДМ-12, его уникальное свойство — это взятие нескольких проб по мере ухода на глубину океана и одновременно с этим фиксация температуры исследуемого слоя. Этот прибор использовался в научных экспедициях до 1970-ых годов.

Во второй половине XX века, был разработан еще один прибор в экспериментальных лабораториях ААНИИ, - автоматический цифровой измеритель течений (АЦИТ-А). Помимо измерения течения, он так мог определять температуру, скорость и химический состав воды, а все данные записывались на магнитную ленту. Обширное использование этого прибора было на экспедиционных судах.

Вскоре стало ясно, что для более точного исследования средних и верхних слоев атмосферы необходимо соответствующие приборы.

Метеозонды это – своего рода воздушный шар для детального изучения атмосферы. Материал шара достаточно прочный и наполняется летучим газом и поднимается в воздух с подвешенным к нему контейнером с приборами. Данные приборы позволяют производить замеры давления, влажности, температуры воздуха. Определение перемещения метеозонда помогают определить направление и скорость ветра на высоте порядка 30-40 км. Информация передаётся по радио.

Чуть позже в качестве измерителей верхних слоёв атмосферы, был введен в эксплуатацию ракетный комплекс ММР-05. Выпущенная ракета, долетев до 50 км. сбрасывала свой модуль, в котором были установлены все метеорологические и геофизические датчики и опускаясь вниз на парашюте они измеряли все характеристики.

Конечно это не весь перечень использованных приборов при изучении Севера, ведь большая доля исследования также оказалась и на плечах Высокоширотных воздушных экспедиций «Север», которые имели свой собственный комплект измерительных приборов, хотя и были напрямую связаны с дрейфующими станциями.

3. Архив данных

«Данные – это наше наследство» - говорит Джек Келли. В 21 веке именно данные и информация обладает наивысшей ценностью. Тот, кто владеет информацией, может правильно её интерпретировать и использовать – считается более успешным на современном этапе развития. Всё чаще можно встретить такие громкие тезисы как: «Данные – это новая нефть. Как и нефть, они ценны, но не сами по себе, а благодаря продуктам на их основе.» В научных сообществах всё чаще можно встретить молодых специалистов с квалификацией специалист по большим данным или дата – инженер. Целое направление в науках информационных технологий образовалось - «Дата сайнцс». Грамотный подход при работе с данными, имеет влияние во всех сферах экономики, науки, жизнедеятельности и т.д., например, помогает многим компаниям увеличить свои доходы за счёт «таргетированной» рекламы [9]. В биотехнологиях и биоинженерии учеными на основании больших данных улучшаются показатели качества нововведений и многие учёные в этой области всё чаще прогнозируют, что скоро вся информация, включая ДНК человека будет представлять собой массив данных, хранящийся на каком-либо сервере.

Обобщая, большие данные это серия подходов и методов для обработки структурированных и неструктурированных данных огромных объемов и значительного многообразия, для придания наглядности и ясности с помощью математических алгоритмов. В метеорологии архивы данных стали неотъемлемой частью качественного прогноза, особенно при повышении требования к их долгосрочности. К этим данным относятся значения температуры, осадков, давления, ветра, облачности, а также космические снимки. С начала XX века ведется непрерывный сбор метеорологических данных или говоря иначе, метеорологические наблюдения, формируя тем самым, огромные объемы информации для дальнейшего анализа. Эта информация предоставляется тысячами метеорологических станций и

установок, размещенных по всему миру – на кораблях, самолетах, воздушных шарах и метеорологических спутниках.

Для обозначения климатических закономерностей, первоочередной задачей является обобщение имеющихся метеорологических и геофизических данных. Обобщение информации наблюдения с помощью использования математической статистики и теорий вероятностей и является климатической обработкой.

Все метеорологические ряды часто подвержены неоднородностям, так как за время многолетних наблюдений часто происходят подвижки в технической составляющей и в окружающих природных условиях. В действительности же, эти подвижки возможно зафиксировать и исправить, потому что показатели метеорологических наблюдений взаимосвязаны во времени и пространстве. От того насколько хорошо были исправлены подвижки, то есть какие методы климатической обработки были использованы, зависит правильность климатического прогноза.

В основе климатологических исследования лежат большие объем метеорологических многолетних данных наблюдений. По принципу и системе проводимых наблюдений, метеорологические наблюдения проводятся по следующим способам: приземные наблюдения, спутниковые наблюдения, радиолокационные и др. Больше всего данных формируется именно с приземных станций, как следствие, именно над ними проводятся климатологические исследования.

Наземные метеорологические станции формируют собой сеть гидрометеорологических наблюдений, которая постоянно расширяется. Таким образом, в конце 19 века, насчитывалось 73 станции, а Советском Союзе уже порядка 4 тысяч. Определенно, сеть эта по земному шару распространена не равномерно – станций тем больше, чем более густо населена территория.

С ростом гидрометеорологической сети, рос и интервал проводимых наблюдений. Начиная с истоков проведения метеорологических наблюдений до 1936 года, наблюдения проводились 3 раза в сутки. Следом был осуществлен переход на 4-ёх часовой режим, который прослужил до 1966 года. А с 1966 по наше время наблюдения проводятся по 8-ми часовому режиму – в 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 час по московскому времени.

Метеорологические данные могут быть представлены в виде некой статистической совокупности, которая может быть отображена либо в виде обычного статистического ряда, либо в виде статистического распределения. Обычный статистический ряд или говоря иначе хронологический ряд, чаще всего имеет вид таблицы и представлен в ней в виде сопоставления временной шкалы со значением измерения [10]. Здесь же применяется при необходимости ранжирование ряда или наоборот разброс по закону случайности.

Статистическое распределение — это инструмент иного типа, позволяющий применять распределение значений по заданным критериям (градациям). Представляется такой ряд преимущественно в виде таблиц, и так же, как и хронологический ряд имеет фундаментальное значение при проведении анализа. В первую очередь используется для представления «поведения» многолетнего ряда с его экстремальными значениями.

Первичными источниками данных для метеорологических или климатологических рядов служат: книжки записей наблюдений на станциях (КМ-1, КМ-2 и т.д.); таблица ТМ-1 в которой все метеовеличины за месяц; таблица ТМ-3 (температура почвы); таблица ТМ-11 и ТМ-12 (солнечная радиация); таблицы самописцев (температура, давление, влажность, осадки); метеорологические ежемесячники; актинометрические ежемесячники; синоптические бюллетени и карты.

Важность сохранения данных обуславливается тем фактом, что, например, для долгосрочного прогноза необходимы данные многолетних

наблюдений, которые выступают в качестве наследия для нынешних и будущих поколений. Так как они являются уникальным источником прошлой информации об атмосферных явлениях, данные эти являются источником для будущих прогнозов, выступая в качестве показателя.

Но перед тем как грамотным образом их сохранить и увековечить, присутствует ряд сложностей. За более чем 200 лет наблюдений, материала накопилось много, и какая-то его часть представлена на устаревшей бумаге, какая-то в микрофильмах или устаревших носителях. Эти данные в совокупности помогут поддержать климатические данные и обеспечить лучшее понимание климата. В задачу каждой страны входит: идентификация, оценивание, архивация и перенос всех устаревших записей в новые технологии, чтоб они были приспособлены для дальнейших исследований. Создание же такой однородной и удобной, полной наборов данных коллекции дело не столь однозначное, только специализированные обладающие достаточными ресурсами партнёры могут приблизиться к решению данной фундаментальной проблемы.

Достаточно хорошо в этом преуспели США, их программа по «Модернизации климатической базы США (CDMP) преобразовала более пятидесяти миллионов записей наблюдений в цифровые форматы изображений, такие как PDF, TIFF и JPEG, а также ввела сотни миллионов элементов в наборы цифровых данных. Сейчас почти вся собранная информация, начиная с 19 века доступна как в графическом виде, так и в табличном [11].

Конечно стоит отметить, что США не единственные кто занимается оцифровкой климатических данных. С поддержкой Всемирной Метеорологической организацией, были начаты и завершены проекты по восстановлению в Африке, Азии, Карибском бассейне, Средиземноморью, странах Индийского океана, Южной Америке и в малых островных государствах Тихого океана. Такие процедуры позволяют предать данным

единый вид и при использовать для снижения рисков возможных бедствия и причинения вреда здоровью.

Для систематизации и обобщения хранения данных были организованы Мировые метеорологические центры. Ранее этот статус принадлежал центрам в Москве, Мельбурне и в Вашингтоне, теперь же этот статус присвоен центрам в Токио, Пекине, Эксетере и Монреале. Говорит он о том, что эти организации эффективно себя показывают в прогнозировании погодных явлений. Мировым и самым главным считается Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF). Он находится в английском Ридинге и существует с 1975 года. Он обладает одним из самых крупных суперкомпьютерных комплексов и самым крупным архивом численных данных прогноза погоды.

Но для нас интересными являются мировые центры данных, которые отвечают за архивирование одного или нескольких параметров, или типов измерений в Атмосфере. Их шесть и их основной задачей является сбор, документирование, архивация и предоставление всеобщего доступа к данным. Некоторые из таких центров дополнительно предоставляют анализ данных, сводки, карты распределения и т.п. В их число входят: Всемирный центр обработки данных Озона и ультрафиолета, находящийся в Канаде; Всемирный радиационный центр данных в Санкт-Петербурге; Всемирный центр данных по парниковым газам в Японии; Мировой центр данных по аэрозолям в Норвегии; Мировой центр данных по химии осадков в США и Мировой центр данных дистанционного зондирования атмосферы в Германии.

Имеют место быть также Региональные климатические центры (РКЦ) для создания региональной климатической продукции, включая долгосрочные прогнозы для поддержки региональной и национальной климатической деятельности.

3.1 Общий обзор: количество дрейфов, состав имеющихся данных

Сильной проверкой на прочность нервов и характера, является организация работ при средних показателях температуры в -40 и в пустынях, только вместо песка, кругом один лёд. В условиях дрейфа первых дрейфующих станций на примере «Северный полюс 1», встречалось огромное множество сложностей. Сложности начали появляться, начиная с самого полёта на станцию для организации лагеря. На борту самолета Михаила Васильевича Водопьянова, на котором так же присутствовал О.Ю. Шмидт, два пилота Водопьянов и Бабушкин, механики и радисты и конечно же легендарная четверка - Папанин, Кренкель, Ширшов, Федоров, произошла авария в отсеке мотора из-за которой начала выливаться охлаждающая жидкость (антифриз), не позволяющая перегреться мотору. Механикам пришлось прямо во время полета решать проблему и ими было принято, пробраться в отсек мотора и собирать тряпками выливающуюся жидкость с последующим наполнением резервуара. Если бы в время не удалось обнаружить эту проблему, то мотор бы перегрелся и вышел из строя. Разумеется, это не единственный случай, когда экспедиции полярников что – то угрожало, быстрое таяние ледников, глубокие трещины во льдах и всё это в столь отдаленном месте. Арктика на сколько прекрасный и удивительный регион, на столько же опасна и непредсказуема.

В общей сложности в дрейфах только при СССР было проведено 27979 суток, а это в свою очередь более 76 лет. Самый значимый дрейф заслуженно принадлежит первой дрейфующей станции «Северный полюс 1» во главе с И.Д. Папанином. Эта научная экспедиция сделала много интересных открытий, среди которых как уже упоминалось впервые измеренная глубина в центре СЛО, равная 4290 метрам. До этой экспедиции считалось, что глубина океана у полюса более 2742 м. Однозначно стало известно, что в Арктическом бассейне есть, а именно на полюсе нет суши. Эти и многие другие открытия стали известны спустя 274 дня. Эти открытия стали доступны также, благодаря пилотам, которые сажали самолет на свой страх и риск, на почти неизведанную поверхность. В будущем начиная со станции СП-2 прежде чем

садится на льдину начали проводиться экспертизы толщины льда, а также использовались методики определения его устойчивости к ударам льдин меньшего размера, чего не было во времена СП-1. Полярники садились на льдину вслепую за что и были награждены в последствии орденами, медалями и учеными степенями, так как их подвиг приравнивается к первому полёту в космос. За время дрейфа всех станций было собрано невероятное количество данных и сделано много открытий в таких сферах науки как: гидрология, метеорология, океанология, климатология, аэрология, и др. Полученный научный материал, уникален – он впервые позволил описать взаимосвязанную сущность природы центральной Арктики. Полярникам и всему научному сообществу, наконец стало известно о перемещении и изменении структуры ледяного покрова, о химическом содержании и свойствах водных масс, их перемещениях под льдами, рельефе дна океана и его интереснейших видах обитателей.

В период с 25 мая 1937 года по 2015 год, с перерывом в 13 лет на время гитлеровской агрессии и 8 летним – во время политических и экономических реформ связанных с распадом СССР, ведутся экспедиции в полярные широты. Существующая работа будет основана на данных полученных только со станций, дрейфующих в советском государстве и как упоминалось ранее, их называли «Северный полюс» и порядковый номер экспедиции, например, СП-3. Всего в период с 1937 годов по 1991 годы было осуществлено 31 дрейфов. На многих станциях осуществлялось несколько годичных смен, а на некоторых и вовсе больше 5-ти, таким образом станции СП-4, СП-6, СП-16, СП-19 прослужили более 3-ёх лет. Станция СП-22 просуществовала 8,5 лет и провела 9 несомненно успешных смен.

Станция «Северный полюс-1» была единственная у которой дата открытия считалась со дня приземления, в последующих станциях, открытие фиксировалось после передачи первой метеосводки. Вообще дрейфующая станция, это уникальное средство комплексных исследований в высоких

широтах Северного ледовитого океана. Возможность проведения наблюдений в океане в сочетании с подвижностью базы, позволяют достаточно эффективно собирать исчерпывающий материал на дрейфующих станциях. Однако, исследования дрейфующих станций недостаточно для составления комплексной картины, так как они движутся по вынужденному маршруту, в отличие от Высокоширотных воздушных экспедиций «Север». ВВЭ «Север» осуществляли высадку исследователей или как их называли полярники, «Прыгающие отряды», в необходимой точке сроком не больше недели для проведения скорых наблюдений. При необходимости таких бросков могло быть порядка 10 за раз. Такие исследования помогали охватить весь СЛО, но продолжались они только до весны 1977 года, далее наступили тяжелые времена и экспедиции «Север» пришлось приостановить.

В 1950 была организована научная исследовательская дрейфующая станция Северный полюс -2 (СП-2). А с 1954 года в Арктике круглогодично работало от двух до 4-ёх станций. Важным аспектом работы станций, являлась длительность её существования, если ничто не угрожало ее жизни, станция продолжала свою работу, просто меняя состав полярников и завозя с помощью ВВЭ «Север» дополнительный необходимый продовольственный и технический груз. А с 1980 года, для доставки груза начали использовать парашютное десантирование.

Можно подвести итог, что те многолетние данные полученные на станциях Северный полюс и ВВЭ «Север» являются основой всех наших знаний об природе Арктики. Эти данные выступали основой при составлении атласа СЛО, атласа Арктики и при написании сотен монографий, статей, сборников и журналов.

На всех станциях, которые участвовали в дрейфе всегда имелись радиостанции, с помощью которых каждый месяц отправлялись отчеты о проделанной научной работе в Москву. Все полученные данные после анализа, были высоко оценены научным сообществом во всем мире. Эти

данные имеются в текстовых форматах, и они разделены на подгруппы. Первая группа называется «Combined data», комбинированные данные и представляет собой совокупность основных параметров и данных, которые в последствии и будут использоваться в работе. В этих данных содержатся следующие измерения: Дата (день, месяц, год); Положение (широта, долгота); температура воздуха; относительная влажность; давление на уровне моря; U и V составляющие ветра; общее количество облаков; небольшое количество облаков; температура поверхности; количество осадков; тип осадков; средняя глубина снега; средняя плотность снега; среднее содержание воды в снегу; глубина снега на кольях и начиная со станции СП-17 стали измеряться типы излучения – диффузное, прямое, глобальное, отраженное, альbedo и чистое излучение. Вторая группа «Meteorological data», метеорологические данные представляет собой тот же состав измерительных данных, с добавлением наблюдений направления ветра и его скорости. Среди оставшихся групп данных имеется «Wind data», данные ветра где описаны все параметры ветра, «Position data», данные позиции - информация о положении дрейфующей станции до десятых градуса и «Daily averaged solar radiation data» информация, касающаяся только излучения. Остальными группами данных в работе оперировать не придется. К ним относятся «Precipitation data», «Snow line data», «Snow stake data», «Averaged snow data», «Monthly average snow data» и стоковые данные без форматирования в группе «Original data files not visible».

3.2 Имеющиеся файлы и их описание; перевод данных в Excel

В данной магистерской диссертации будет сформирован консолидированный массив данных со всех Советских дрейфующих станций. Но при этом анализ в следующем разделе будет проводится только для значений температуры и только для трёх дрейфующих станций, так как в противном случае объем будет слишком велик.

В сыром виде, полученные нами комбинированные данные имели формат текстового документа с большим количеством числовых значений, в том числе

и отсутствующие параметры которые были обозначены (9999) (Рис. 1). Эти пропуски связаны отсутствием измерений радиации до станции СП-16. Как упоминалось ранее, в состав используемых нами комбинированных данных включены такие параметры наблюдений: суточные усреднённые метеорологические значения, вначале по 4-х часовому режиму (до 1966 года) усреднению, а в последующем по 6-ти часовому режиму; также усредненные значения ежедневных наблюдений за осадками, радиацией и глубиной снега. В дополнение к наблюдаемым величинам в массиве данных, каждая запись имеет идентификатор станции, год, месяц, дату и широту с долготой. Широта и долгота линейно интерполируется из исходных записей о времени с произвольной синхронизацией. Чтобы получить ежедневные позиции.

Рис. 1. Исходный вид комбинированного массива данных.

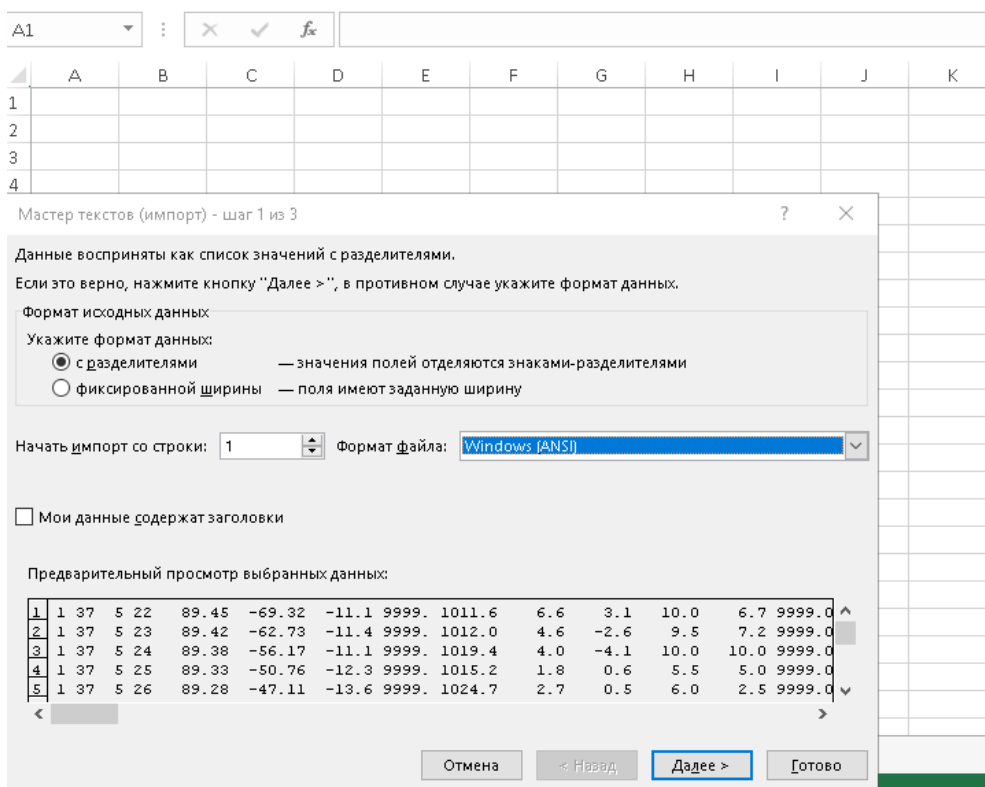


Рис. 2. Мастера импорта массива данных в таблицу Excel.

Station ID	Year	Month	Day	Date	Latitude	Longitude	Air temperature	Relative humidity	Sea level pressure	U compo	V compo	Total cloud am	Low cloud a	Surface temperature
1	1	37	5	22 22.05.1997	89.45	-69.32	-11.1	0	1011.6	6.6	3.1	10	6.7	0
2	1	37	5	23 23.05.1997	89.42	-62.73	-11.4	0	1012	4.6	-2.6	9.5	7.2	0
3	1	37	5	24 24.05.1997	89.38	-56.17	-11.1	0	1019.4	4	-4.1	10	10	0
4	1	37	5	25 25.05.1997	89.33	-50.76	-12.3	0	1015.2	1.8	0.6	5.5	5	0
5	1	37	5	26 26.05.1997	89.28	-47.11	-13.6	0	1024.7	2.7	0.5	6	2.5	0
6	1	37	5	27 27.05.1997	89.25	-42.5	-7.5	0	1017.1	4.6	-0.2	9.8	7.2	0
7	1	37	5	28 28.05.1997	89.2	-39.49	-8.9	0	1014	3.7	-2	10	10	0
8	1	37	5	29 29.05.1997	89.16	-37.14	-6.6	0	1007.9	3	-0.2	8.5	4.2	0
9	1	37	5	30 30.05.1997	89.12	-35.39	-9.2	0	1018.4	-1.5	-0.1	6.2	0	0
10	1	37	5	31 31.05.1997	89.1	-34.16	-4	0	1015.9	4.4	3	10	7.5	0
11	1	37	6	1 01.06.1997	89.06	-32.18	-3	98	1010.7	6.2	-0.2	10	7.5	0
12	1	37	6	2 02.06.1997	89.01	-30.17	-2	93	1000.7	5.8	-1.2	10	10	0
13	1	37	6	3 03.06.1997	88.96	-28.35	-3.6	92	998.5	0.1	0.1	10	8.2	0
14	1	37	6	4 04.06.1997	88.91	-26.7	-3.3	85	1000	4.5	1.8	10	10	0
15	1	37	6	5 05.06.1997	88.87	-24.88	-3.4	83	1005.1	0.3	2.5	9.8	9.8	0
16	1	37	6	6 06.06.1997	88.80	-21.06	-4.6	88	1005.3	-1.6	6.5	9.8	9.2	0
17	1	37	6	7 07.06.1997	88.89	-18.28	-3.4	90	1000.3	-1.9	5.3	10	9.5	0
18	1	37	6	8 08.06.1997	88.9	-14.51	-3	86	998.6	-3.3	6	9.8	9	0
19	1	37	6	9 09.06.1997	88.92	-11.27	-2.7	90	994.5	-3	1.8	10	9.8	0
20	1	37	6	10 10.06.1997	88.92	-9.52	-5	82	1002.6	-2.6	2.2	10	7.5	0
21	1	37	6	11 11.06.1997	88.92	-8.5	-3.3	83	1000.6	-1.7	-0.8	10	7.5	0
22	1	37	6	12 12.06.1997	88.9	-8.01	-3.8	90	999.8	2.2	3.2	10	7.5	0
23	1	37	6	13 13.06.1997	88.84	-6.49	-3.8	91	1001.6	0.9	4.7	10	5	0
24	1	37	6	14 14.06.1997	88.82	-4.05	-6.4	89	1014.9	-4	3.3	7.5	5	0
25	1	37	6	15 15.06.1997	88.83	-2.67	-5.2	89	1016.6	-4	-1.5	10	8.5	0
26	1	37	6	16 16.06.1997	88.86	-2.17	-3.5	82	1013.1	-3.1	-2.9	10	8.2	0
27	1	37	6	17 17.06.1997	88.85	-3.78	-4.1	88	1009.2	2.2	-2.8	10	5.8	0
28	1	37	6	18 18.06.1997	88.83	-5.85	-2.8	92	1010.1	3.8	1.2	10	10	0
29	1	37	6	19 19.06.1997	88.8	-7.83	-0.5	96	1016.4	3	-2.1	10	10	0

Рис. 2 (а). Импортированные массив данных в таблицу Excel.

В таблице (Рис. 2 (а)) первый столбец обозначает номер дрейфующей станции, второй – год, третий – месяц, четвертый (D) – день, пятый (E) – полная дата, (F) – широта, (G) – долгота, (H) – средняя температура воздуха, (I) – относительная влажность, (J) – давление на уровне моря, (K) – U

компонента ветра, (L) – V компонента ветра, (M) – общее количество облаков, (N) – небольшое количество облаков, (O) – температура поверхности.

Проведя анализ полученного массива данных были составлены два обзорных графика, в которых обозначены длительность дрейфа каждой станции по дням рис. 3 и длительность дрейфа станций по годам рис. 3 (а).

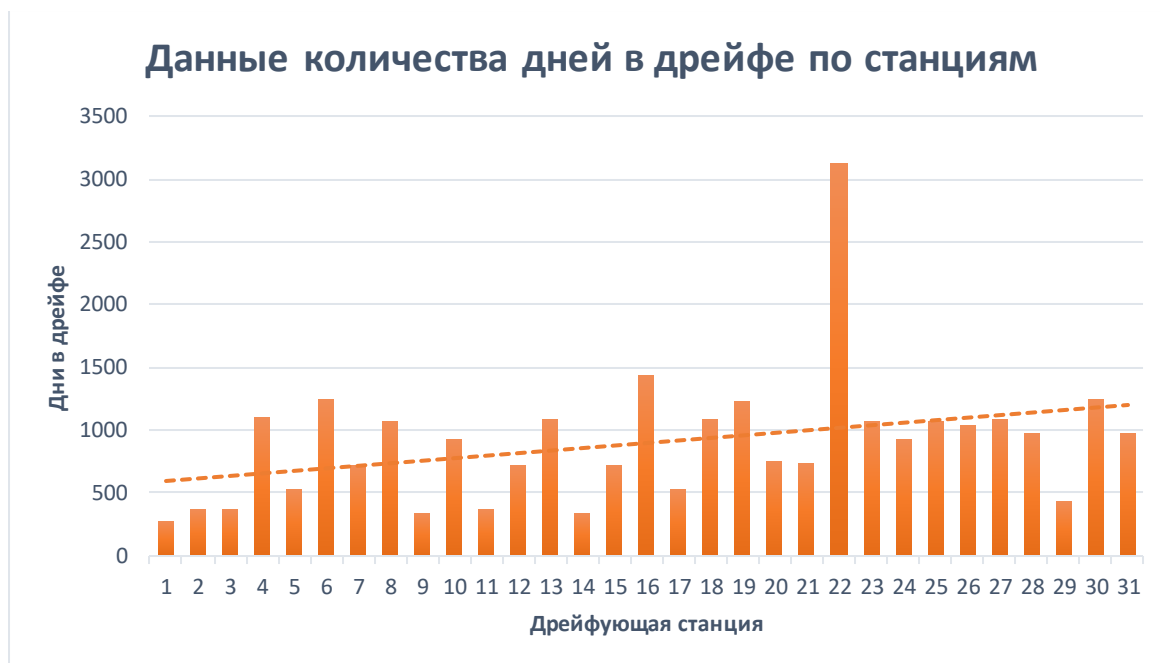


Рис. 3. Данные количества дней в дрейфе по станциям

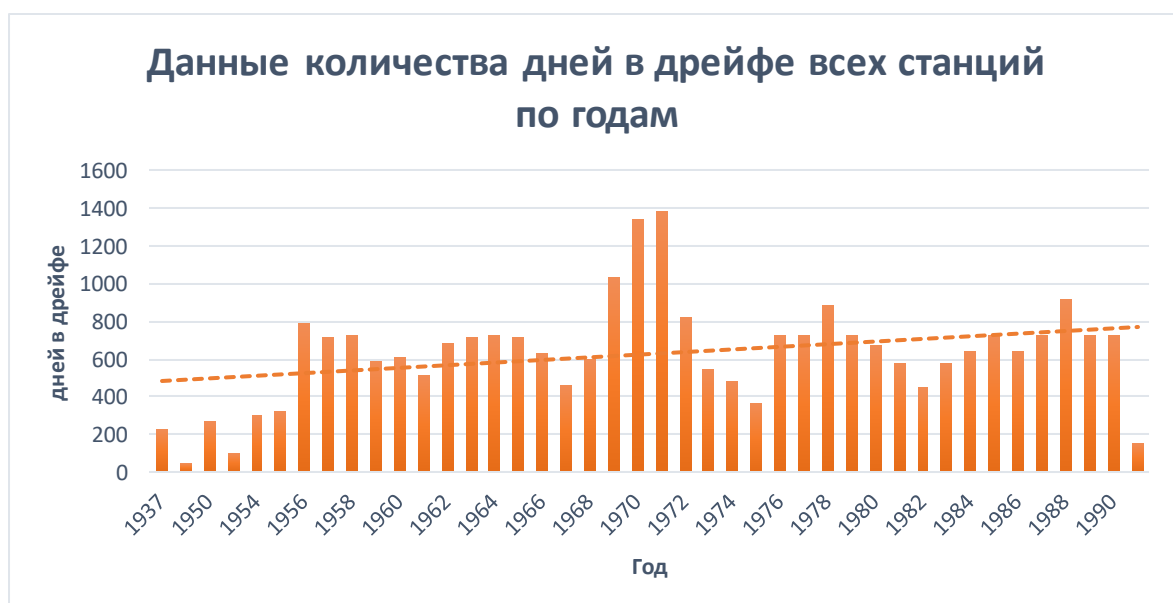


Рис. 3 (а). Данные количества дней в дрейфе всех станций по годам.

Анализируя графики становится понятно, что наиболее бурными годами исследования Арктики с помощью дрейфующих станций были 1969, 1970 и 1971. В эти годы в дрейфе могло находиться до 4-ёх станций, среди которых были СП-16, СП-17, СП-18, СП-19 и СП-20.

Для трёх станций СП-3, СП-16 и СП-31 по данным полученным из массива были составлены траектории на трёхмерной модели земли в дополнительном пакете программного обеспечения Microsoft Excel 3D Maps (Рис. 4).

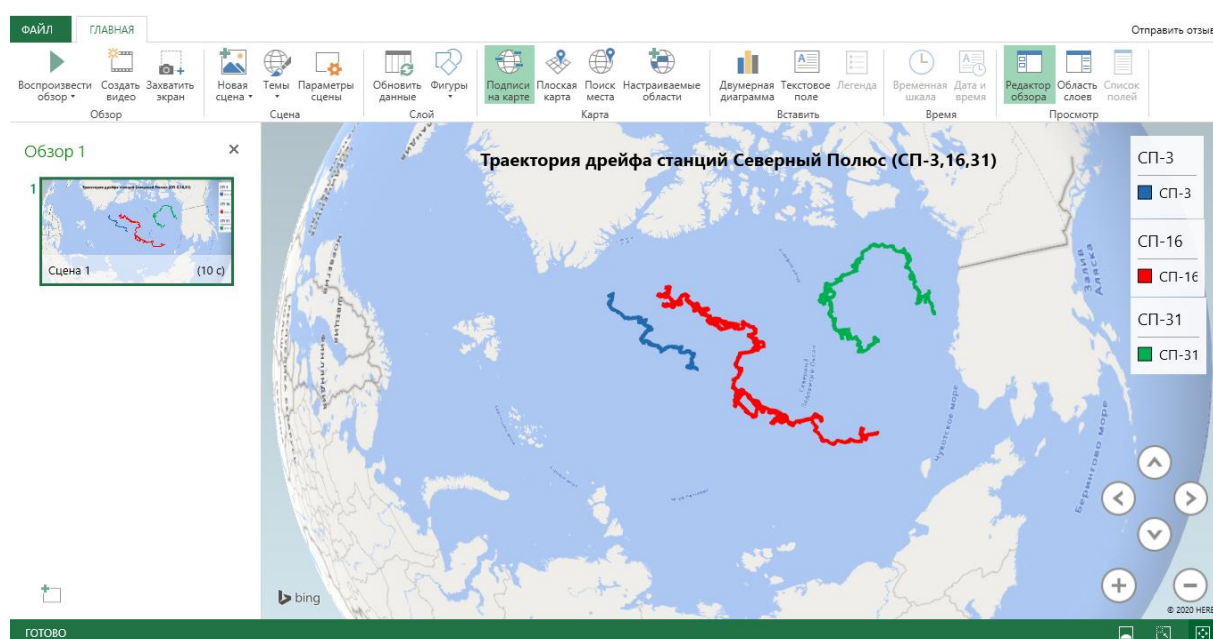


Рис. 4. Траектория дрейфа станций северный полюс 3,16, и 31.

Анализируя траектории движения дрейфующих станций СП-3, 16 и 31, можно наблюдать что у всех станций дрейф проходил по-разному. На рис. 4 обозначены: синим цветом траектория станции СП-3; красным – СП-16 и зелёным – СП-31. Выбраны эти станции не случайным образом, а именно потому, что они являются яркими представителями трёх возможных траекторий дрейфа в Арктическом бассейне.

Ещё в конце 19 века Фритьоф Нансен высказал впервые свою теорию о существовании генерального дрейфа ледовой поверхности в направлении с Востока на Запад, а если говорить точнее из Сибирского моря в сторону

Гренландского. Это было очень важным открытием так как если следовать этой теории, то при правильно взятом начале дрейфа, можно пройти через самое сердце Арктики, через Северный полюс.

Прошло около 50 лет прежде чем был найден второй путь дрейфа льдов. Это произошло после досрочной эвакуации в следствии подвижек льдов и появления множества трещин, экспедиции СП-2. Станция при этом продолжила свой дрейф и вскоре начала резко менять своё направление. Позже она была найдена почти на том же месте, откуда и начался её дрейф, но уже было известно, что она прошла круг через Канадский сектор Северного Ледовитого океана. Именно так выяснилось о существовании второго направления дрейфа льдов в антициклоническом кольце.

Об этих двух направлениях эксперты высказывались так, приблизительно, полный оборот дрейфующих льдов совершается в пределах 4-ёх лет. Однако, был еще и третий возможный вариант дрейфа, о котором узнали после дрейфа станции СП-14 и СП-16. Дело в том, что дрейф мог проходить и по иному маршруту, как выяснилось, он мог быть связан с двумя предыдущими вариантами комбинируя их как это было со станцией СП-16 (Рис. 4).

4. Анализ данных, полученных в процессе функционирования дрейфующих станций

Как писал Ломоносов, и как позднее его цитировал академик Е.К. Фёдоров «Если бы люди умели правильно перемены погоды предвидеть, то ничего от бога им не следовало бы требовать.»

До сих пор ученым не удастся точно предсказывать поведение атмосферы и дать точный прогноз её поведения. Это связано, во-первых, с тем, что помимо глобальных процессов, одновременно с ними происходит еще множество региональных и локальных процессов, чаще менее навязчивых; а во-вторых, даже если попытаться проанализировать все процессы и произвести расчет, то всё равно ничего не выйдет, так как объем данных слишком масштабен и на нашем этапе развития пока не существует такого суперкомпьютера. Только вычислитель, работающий на квантовых технологиях обработки способен приблизиться к необходимым мощностям.

Отсутствие квантового вычислителя, не даёт права не пытаться и не совершенствовать адекватность синоптического прогноза. Исторические данные, поступающие на протяжении нескольких десятков лет, и данные которые по-прежнему поступают, представляют для нас недооценённую важность. Обработка, анализ и интерпретация этих данных уже не раз становились основанием для будущих теорий и гипотез. Ни для кого не секрет, что сейчас в Росгидромете используется более 20 программ по сбору, передаче и хранения метеорологических, гидрологических, аэрологических, геофизических и т.п. данных. По состоянию на 2011 год эти данные обеспечиваются 1877 стационарными станциями и 3110 постами.

Данные в сыром виде не способны в полной мере охарактеризовать процесс или явление происходящее, например, в атмосфере или океане. Для лучшего понимания и правильного представления данных, их нужно привести в презентабельный вид. Данные собранные во время работы научных экспедиций в полярных широтах неповторимы и уникальны, но без правильной их интерпретации они не так ценны. Об этом ещё говорил Евгений Константинович Федоров «И у нас хватило знаний и ума, чтобы не только

изложить, но и в определенной степени обобщить собранный материал. Это тонкое дело – степень обобщения» [12]. В данной работе в разделе «Архив данных», сформирован массив, с которым будет производиться последующий анализ. Сложность такого анализа в первую очередь заключается в объеме получившегося массива, имеется ввиду, что данные собирались на дрейфующих станциях в период с 1937 по 1991 год. Как уже было упомянуто информация, собранная с метеорологических станций бывает первичной и вторичной. Вся первичная собранная информация копируется и сразу помещается в архив, так как является первоисточником. Со вторичными данными производятся манипуляции, т.е. анализы, представление к удобному виду и т.д. Для вторичных данных создана масштабная система, призванная проводить наблюдения, сбор и обработку метеоинформации называемаяся – «глобальная система Всемирной службы погоды». Так как объем всех данных велик, было принято подразделять данные по способу их хранения на базы данных и банки данных. Ключевое отличие тех от других заключается в долговременности хранения информации. В банках информация складывается для длительного хранения (не путать с первичной информацией), а в случае баз данных это условно, постоянная площадка для работы с метеорологическими данными. Самые крупные банки метеорологических данных расположены в Москве, Вашингтоне и Мельбурне.

Метеорологическая величина может быть представлена в словесном, табличном или графическом виде. Словесная информация удобно для передачи по радиоканалам, телевидению и публикациями. Второй тип содержит данные в табличной форме, но прежде чем получить такой вид нужно пройти процедуру декодирования, так как данные передается в виде числового кода. Кодирование необходимо для уплотнения информации и повышения скорости передачи. Самый удобный и наглядный вид представления информации это графический, без него не обходится не один анализ. Графическое представление — это не только синоптические карты, но и графики, диаграммы, гистограммы и т.п. Большинство существующих

синоптических программ работают именно с графическими объектами и слоями.

Как и данные в других отраслях науки, метеорологические данные имеют в составе искажения и пропуски, появившиеся по разным причинам. Это может быть связано с человеческим фактором, несоответствием параметров оборудования, либо кратковременный технический сбой прибора.

В этой работе будет подробно рассмотрен источник и характер возникновения пропусков и искажений у имеющихся данных, методы контроля качества, статистические расчеты сформированных данных и по итогу всех расчётов будет сформирован результат исследования и анализа.

Составление вывода после анализа метеорологических данных задача сама по себе не простая, и как показывает практика не даёт 100% точности, а если в данных будут ошибки, различные «помехи» и не состыковки, то качества такого анализа будет падать по экспоненте. Соответственно, всеобщей задачей является в первую очередь снизить количество таких ошибок до минимума, тем самым приводя данные в надлежащий вид. Подход при анализе данных в зависимости от наблюдаемого процесса различен. Подразумевается, что в случае метеорологических величин, анализ тренда с использованием среднемесячных значений будет давать не плохой результат. А если мы говорим об анализе аэрологического процесса, то тут стоит понимать, что при измерении на многих высотах имеются пропуски, которые образуются в следствии недостаточной высоты подъема, либо связанные с самой технологией наблюдения, спецификой расположения датчиков и самое главное, что такие измерения проводятся не постоянно и, следовательно, среднемесячные результаты могут сильно завышать или занижать существующие результаты. Поэтому, перед тем как запускать радиозонд, стараются выбрать максимально подходящее для этого время и количество таких запусков.

4.1 Контроль качества данных – алгоритмы, результаты расчетов и их анализ.

Основным и самым действенным способом для удаления помех и нестыковок в нашем случае, гидрометеорологических данных является применение алгоритмов контроля качества. Контроль качества данных – это фундаментальный этап качественного анализа. Приток информации непрерывен и требуется большая ответственность к качеству этой информации, сбору и хранению. Если в данных имеется ошибка или пропуск, который остался незамеченным, то расчеты окажутся ложными, что может привести к неправильному прогнозу, а неправильный прогноз может привести к природному катаклизму и повлечь человеческие и материальные жертвы. Именно поэтому контроль качества так важен, именно поэтому в это инвестируют труды и деньги.

Качество данных – это их степень пригодности для дальнейшей обработки и анализа. Важно то, что алгоритмы всегда должны перед выводом результатов показывать те пункты в которых произвелись поправки. Природа бывает непредсказуема и может резко изменить свое метеорологическое состояние, тому могут быть разные причины. Но если алгоритм контроля качества сочтет эту переменную ошибкой, то мы не ответим на вопрос, что стало тому причиной. Данные это не просто набор значений, которые отражают протекание процесса. Сейчас данные это ценнейший актив. В современном мире, за год объем данных прошедших проверки контроля (структурированных) увеличивается на 45%, а включая неструктурированные на 85%. Принято считать, что системообразующими показателями пригодности и качества данных являются: возможность восстановления; полнота; точность; эффективность; своевременность; происхождение; переносимость; доступность; конфиденциальность и т.д.

Процесс контроля за качеством данных - рутинный, не простой, но необходимый. Минимизировать количество ошибок способно многоуровневое сканирование, но даже в этом случае присутствует

вероятность возникновения ошибки. Конечный потребитель нуждается в однородных и безошибочных гидрометеорологических данных.

Определенно ясно одно, правильность выводов при анализе, прямо пропорционально зависит от качества данных и количества содержащихся в них ошибок. Этот факт говорит о том, что при обработке данных, основополагающим этапом обработки массива данных, является контроль качества.

Важным свойством данных считается их полнота и уровень. Полнота данных - основывается на технической правильности создания и фиксирования данных источником, а уровень данных это вид, в котором хранится информация, до любых последующих работ по их интерпретации. Различают два основных вида уровней данных: «базисный» и «Рабочий». «Базисные» это данные архивного типа, они получаются путём первичных записей и не допускаются к редактированию, если это конечно не крайний случай. «Рабочий» тип – исходя из названия это тип организации данных который уже прошёл проверку контроля, является более качественным продуктом способным и рекомендуемым для дальнейшего оттачивания его качества и проведения исследований, в зависимости от наших знаний о тех или иных гидрометеорологических процессах.

Прежде чем приступить непосредственно к контролю качества (КК), необходимым этапом является определение возможного характера встречающихся ошибок. Наиболее популярны ошибки - наблюдателя, даже при квалифицированном и ответственном персонале, которые в свою очередь также можно подразделить на систематические и случайные по статистическому признаку. Систематические ошибки чаще являются признаком либо неправильной конфигурацией приборов измерения, либо ошибок на линии связи, либо же связанные с процедурой измерения. В отличие от случайных ошибок, систематические намного сложнее выявить, ввиду того что в большинстве случаев они не значительные. В этой связи для их определения необходим комплексный подход, включающий сравнение

полученный данных и данными других источников, выявление причин сбоя и др. Процесс это трудоемок и скрупулезен, но для качественного анализа необходим.

Случайные ошибки – исходя из названия «ляпы», могут быть как значительными по масштабу, так и мелкими. Отличительная особенность в их достаточно простом обнаружении. Контроль качества призван решать проблемы именно случайных ошибок, так работают его алгоритмы. Систематические ошибки или как их ещё называют грубые, процедурам КК не поддаются [13].

В данной работе упор контроля качества делается на архивные/исторические данные. КК таких данных более ресурсоемко, потому что речь идёт об обработке данных за длительные периоды. Например, в США в центрах обработки и анализа данных, контроль качества и другие процедуры выполняются в реальном времени, с целью получения более быстрого и точного прогноза. Итак, обобщая любой алгоритм состоит из трёх логических этапов КК: поиск ошибки, нахождение её местоположения и поправка. При выполнении первого этапа присутствует сложность, связанная с правильностью выборки ошибочных значений. Дело в том, настройка алгоритмов КК связана с гибкостью этой выборки, и при «мягкой» настройке есть вероятность что многие ошибки проскользнут, следовательно, наоборот при «жесткой» настройке многие действительно существующие процессы также отпадут. Эти соображения наводят на мысль, что при решении задач, связанных с КК, нужно опираться на сильную логику и гибкость алгоритма.

В данной научно исследовательской магистерской диссертации проведение контроля качества будет проводится в три ключевых этапа. Первым этапом, будет проведен контроль на наличие пропусков во временном ряду нашего массива данных. Вторым этапом будет проведен контроль на наличие ошибок и подозрительных скачков или «выбросов». Последним третьим этапом проведем анализ полученных результатов и выясним, какие

же «выбросы» относятся к действительно существующим природным скачкам, а какие связаны с перебоями и ошибками в данных.

В качестве проверяемых временных рядов были выбраны значения температур трёх дрейфующие станции, которые были выделены в зависимости от характера их дрейфа, т.е. которые представляют собой различные траектории движения по Арктическому бассейну в различный временной период. Это научные исследовательские дрейфующие станции «Северный Полюс- 3,16 и 31». Выбор пал на параметр температуры, так как она имеет наиболее выраженный суточный ход и как показывает практика наиболее подвержена ошибочным представлениям.

При выполнении первого этапа проведения контроля качества, а именно проведение контроля на наличие пропусков, будем использовать алгоритм, имеющийся в открытом доступе и интерпретированный в макрос в Excel для удобства работы с ним. Для начала проверки помещаем имеющийся у нас временной ряд температуры поочередно наших трёх станций и запускаем макрос. При наличии пропусков макрос выдаст ошибку с указанием строки имеющей этот разрыв (Рис. 5).

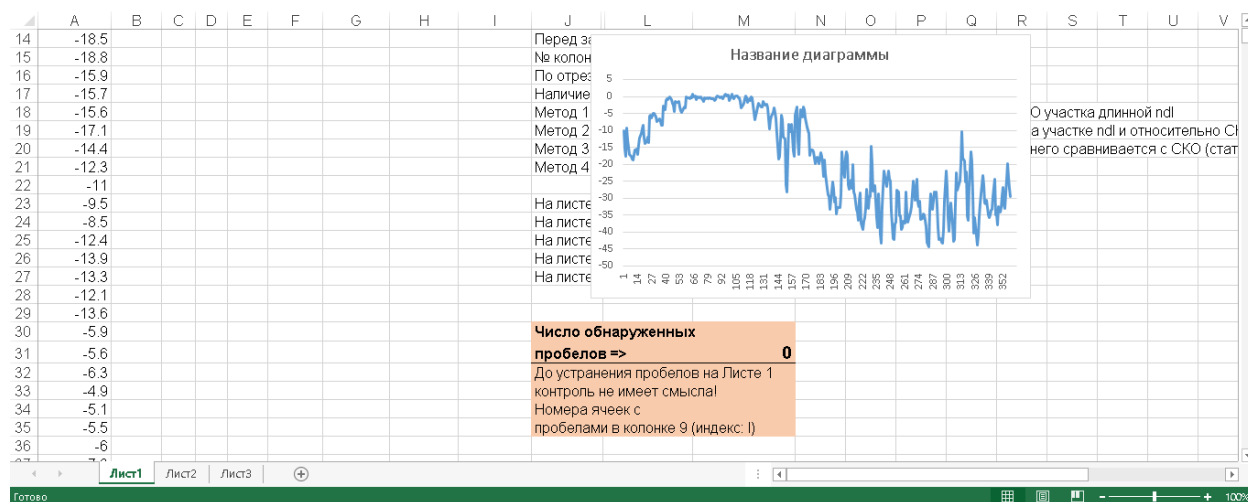


Рис. 5. Число обнаруженных проболов во временном ряде станции СП-3

По такому же алгоритму проводим контроль на наличие разрывов для дрейфующей станции СП-16 и СП-31. В случае если присутствует пробел (пропуск) и он соответствует небольшому интервалу времени, то не будет

ошибкой заполнить его на основе временной интерполяции, либо другим существующим способом.

Анализ на контроль пропусков показал, что усредненные данные температуры, полученные с исследовательских дрейфующих станций СП-3, СП-16 и СП-31, пропусков не имеют, и допускаются для дальнейшего анализа как наличие скачков и «выбросов».

Второй этап проведения контроля качества базируется на четырёх методах определения подозрительных участков во временном метеорологическом ряде. Используем 4 метода для того, чтобы определить с максимальной точностью и посредством сравнения всех методов сделать вывести правильный вердикт. Каждый из них имеет свои особенности, что приводит к разнообразным результатам проверок. Перед тем как произвести расчёт, указываем в параметрах алгоритма длину контрольного отрезка – 50 и среднее квадратичное отклонение – 10. В добавок к подготовке проведению расчета, также важным пунктом является составление графиков временных рядов для визуальной оценки наличия возможных «выбросов» (Рис. 6).

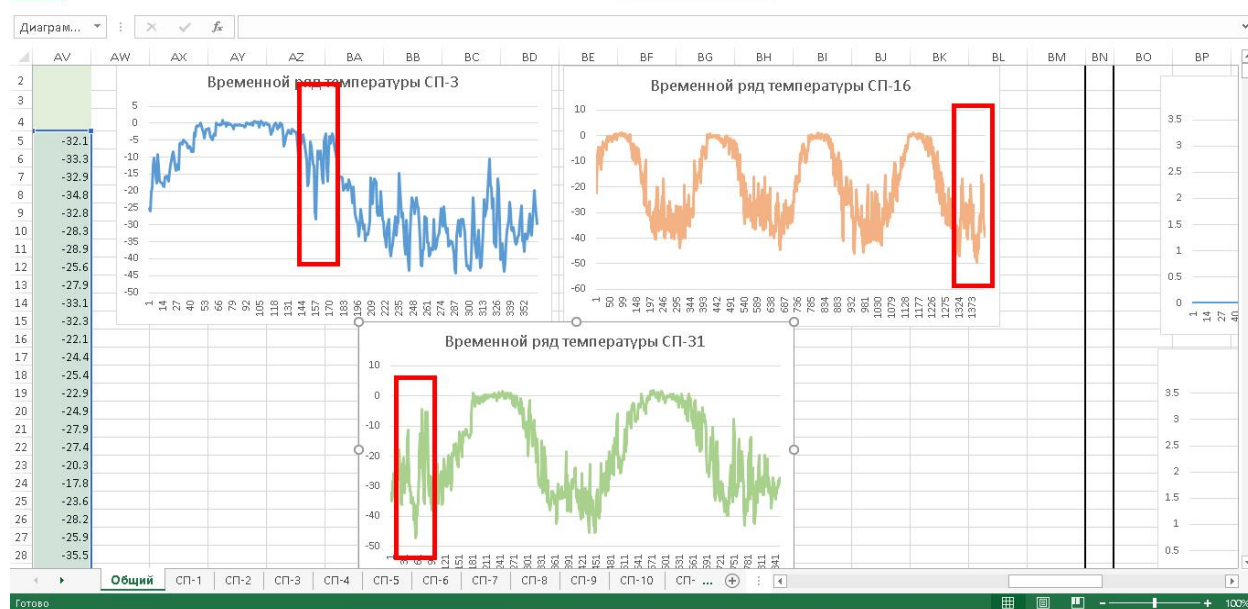


Рис. 6. Временной ряд температуры с дрейфующих станций СП-3,16 и 31.

Как видно на графиках рис. 6, красным отмечены места, где, по визуальной оценке, возможно наличие «выбросов». После проведения расчетов на контроль качества используя четыре разных метода, а после -

сравнение полученных данных с графиками и значениями, будет составлен вывод.

Первый метод основан на сравнении двух значений ряда на границе контрольного участка с использованием СКО контрольного участка и по абсолютной величине их разности определяется, во сколько раз она превосходит среднее квадратичное отклонение (СКО) от 3 до 6 раз. Произведем расчёт данным методом для трех дрейфующих станций (Рис. 7).

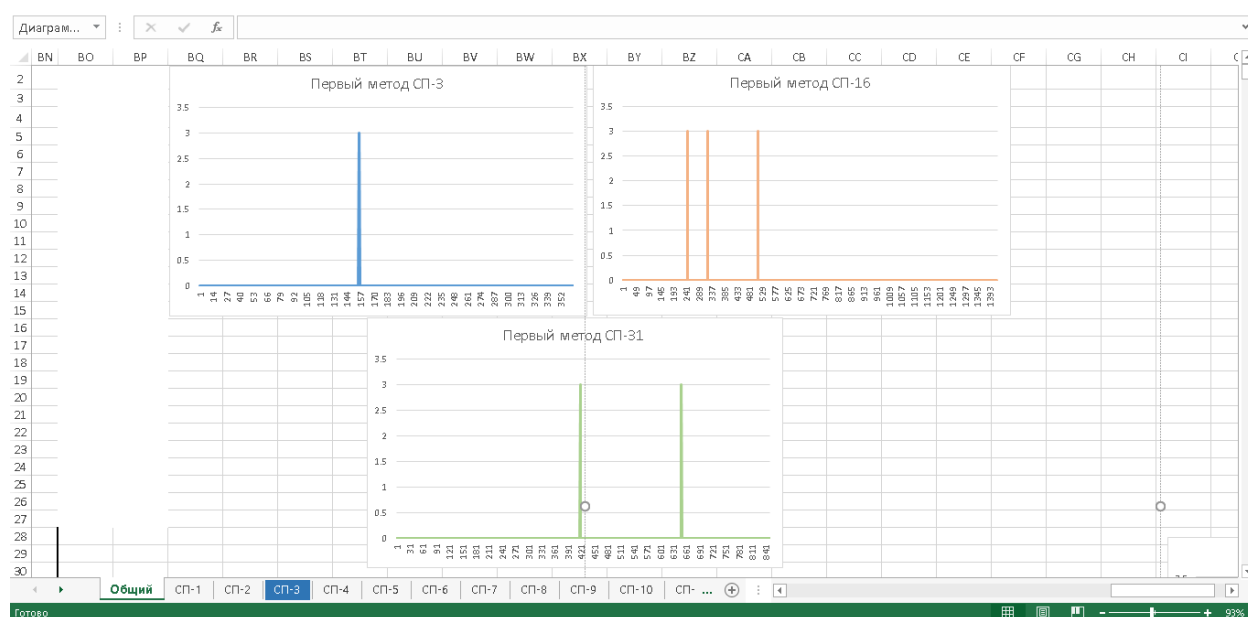


Рис. 7. График расчета контроля качества по первому методу для станций СП-3,16 и 31.

Анализируя получившиеся графики путем расчёта временного ряда на наличие «выбросов», видим, что на всех станциях имеются подозрительные участки с трёхкратным превышением СКО. На станциях СП-16 и СП-31 таких участков несколько. Сравним эти результаты с последующими.

Второй метод – сравнение последнего в контрольном участке значения ряда со средним значением для этого контрольного участка и с использованием СКО контрольного участка. Здесь также после сравнения определяется во сколько раз разность величин превосходит СКО от 3 до 6 раз. Результаты расчеты приведены на рис. 8.

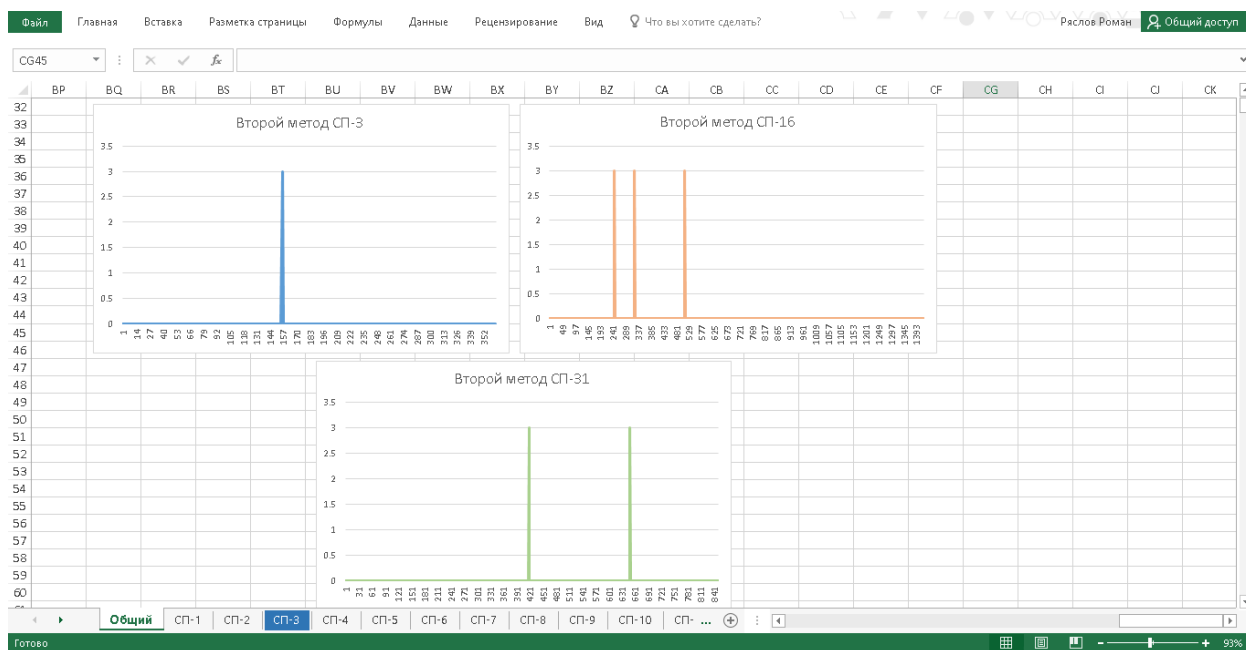


Рис. 8. Результаты расчёта контроля качества вторым методом станций СП-3, 16 и 31.

Третий метод – метод сигм 1-3 для контрольного участка с использованием среднего и СКО контрольного участка. Этот метод лучше всего подходит для величин, имеющих нормальное распределение, метеорологические же величины лишь иногда бывают близки к нему. Тем не менее, для оценки погрешностей или «выбросов» можно предположить, что вероятность, близкая к значениям 68% 95% и 99% отличающаяся от среднего в 1,2 или 3 раза от СКО являются выбросами. Расчёт третьим методом приведен ниже на рис. 9.

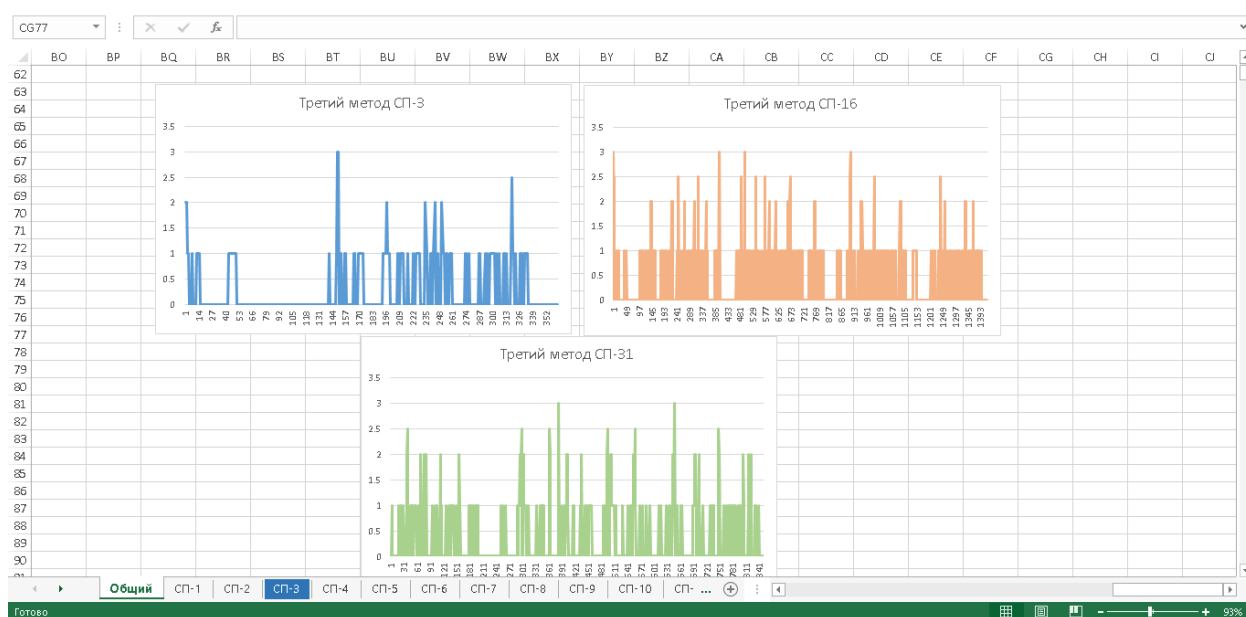


Рис. 9. Результат расчёта на контроль качества третьим методом для станций СП-3,16 и 31.

Четвертый метод или Метод Ирвина, заключается в сравнении крайних значений вариационного ряда для контрольного участка с критерием Ирвина и с использованием СКО контрольного участка. Для выявления сомнительных значений этим методом, определенный участок переформируется в вариационный ряд, где значения идут в ранжированном порядке. Результаты расчётов приведены на графиках на рис. 10.



Рис. 10. Результат расчёта на контроль качества методом Ирвина для станций СП-3,16 и 31.

Вывод. Проанализировав полученные результаты и обобщив их, однозначно становится ясно, что все методы используя разные подходы выдают и разные результаты. Первый и второй методы дали схожие результаты, касающиеся выбросов на трёх станциях, которые в последствии подтвердились третьим и четвертым методом расчёта. Выбывается из колеи третий и четвертый методы, так как их настройка более чувствительная, в следствии чего было выявлено больше возможных выбросов. По результату анализа выявлено, что на в данных температуры станции СП-3 имеется подозрительный участок, подтверждённый всеми методами контроля, не похожий на суточный ход температуры, а скорее является ошибочным

значением. На других станциях выявленные выбросы, к сомнительным участкам не относятся.

4.2 Статистика: среднее, СКО, максимальное и минимальное значение.

Все слышали фразу о трёх типах лжи, в которых присутствует и статистика. Статистика — это наука которая нацелена на численную работу с данными в том числе: измерение, сбор, мониторинг, сравнение и анализ. Методы, которыми она оперирует применимы ко многим отраслям науки. Так как данные основной объект исследования статистики, деятельность, основанная на сборе и обработке данных в той или иной мере, прибегает к статистике. Исключением не является и метеорология, во многом основанная на экстремальных и осредненных значениях измеренных процессов. Так как все наблюдаемые в метеорологии величины являются случайными, лучшей описывающей их характеристикой является функция распределения.

Статистике присвоены следующие виды средних: арифметическая, гармоническая, квадратичная, хронологическая, кубическая и др. При проведении статистического анализа в гидрометеорологии популярность получил именно средне арифметический анализ, так как удобен для сравнения и несёт важную информацию о режимах. При аппроксимации эмпирических и теоретических законов распределения, среднее арифметическое является одним из основных параметров. Стоит понимать, что при расчете статистических характеристик среднее арифметическое не единственный показатель. При выполнении анализа в этой работе будет также произведен расчет стандартной ошибки, медианы, моды, стандартного отклонения, дисперсии выборки, эксцесса, асимметричности, интервала, минимума и максимума.

Все расчеты будут производиться аппаратным процессором программного обеспечения (ПО) Microsoft Excel. Данное ПО позволяет рассчитать все необходимые нам статистические характеристики, и что немало важно, даёт возможность тут же оформить их в табличной форме.

Итак имеем, среднее арифметическое значение временного ряда, характеризующееся центром тяжести исследуемой характеристикой и

рассчитываемое по формуле:

$$X_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

здесь N – длина временного ряда (количество значений в нем).

Важным параметром в описательной статистике является уровень надежности. Это доверительный интервал x для среднего арифметического значения при $\alpha = 95,0\%$.

Стандартная ошибка (S) – это величина в описательной статистике характеризующая надежность показателя осредненного значения генеральной совокупности по среднему значению выборки и определяется по формуле:

$$S = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad \text{и} \quad X_{cp} \pm t_{\alpha, N-1} \cdot S$$

После расчёта временного ряда на среднее арифметическое следует расчет также часто используемых параметров медиана (Me) и мода (Mo).

Медиана — это то значение временного ряда, которое расположено в центре списка именно упорядоченного (ранжированного) ряда. Ввиду своей особенности медиану используют в дополнение к среднему арифметическому, с целью улучшения результатов расчета при разбросанных или приближенных крайних значениях ряда. В случаях, когда распределения резко асимметричны и среднее арифметическое не удовлетворяет потребностям используется наиболее встречающееся значение в совокупности – мода. Случается, что в совокупности можно встретить более одной моды, такое явление называется мульти модальностью. Из всех структурных средних величин, такое свойство доступно только моде.

Как правило, параметр мульти модальность сообщает о том, что такой набор данных не подчиняется нормальному распределению. Чаще всего мода используется для данных, имеющих нечисловую природу.

Следующим важным параметром статистики является дисперсия и стандартное отклонение. Суть этих параметров в рассеянии значений ряда от среднего арифметического значения. Формула для расчёта дисперсии (D) :

$$D = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - x_{cp})^2, \text{ а для расчёта стандартного отклонения } (\sigma): \sigma = \sqrt{D}.$$

Выборочная дисперсия это

Размах – или как ещё говорят размах вариации необходим для определения разброса ряда значений.

$$C = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad \text{и}$$

Коэффициент вариации (C) определяется по формуле:
используется в основном для оценки изменчивости вариации, где:

- Если C больше 33% - изменчивость значительна;
- Если C меньше 33% - изменчивость мала и выборка считается однородной.

Одними из последних, но не по значимости, параметров, которые будут использованы при статистическом анализе, это асимметрия и эксцесс. Имея эмпирическую функцию распределения параметр, асимметрия описывает её симметричность и определяется следующими формулами:

$$As = \frac{1}{N\sigma^3} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3 \quad \text{или} \quad As = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum_{i=1}^N \left(\frac{x_i - x_{cp}}{\sigma} \right)^3.$$

Значение As равное 0, говорит о том, что эмпирическая функция распределения симметрична (при положительном основная масса меньше среднего значения, при отрицательном наоборот). Эксцесс описывает относительную сглаженность или остроту распределения по сравнению с нормальным распределением и определяется по формуле:

$$Ex = \left[\frac{1}{N\sigma^4} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4 \right] - 3 \quad \text{или} \quad Ex = \left[\frac{N(N+1)}{(N-1)(N-2)(N-3)} \sum_{i=1}^N \left(\frac{x_i - x_{cp}}{\sigma} \right)^4 \right] - \frac{3(N-1)^2}{(N-2)(N-3)}.$$

Положительное значение Ex , сообщает что вершина имеет остроту, отрицательное – вершина сглажена.

В данной магистерской диссертации, для расчёта было принято использовать набор инструментов по описательной статистике входящий в состав пакета Анализ данных в Excel. Ниже приведены таблицы с расчётами для трёх научно-исследовательских дрейфующих станций «Северный полюс – 3, 16 и 31». Как уже упоминалось, выбраны эти станции не случайным образом, а так как являются яркими представителями трёх возможных вариаций траектории дрейфа в Северном Ледовитом океане.

Статистический анализ будет проведен для массива данных сформированного и интерпретированного в главе данной научной работы в пункте 3.2 «Имеющиеся файлы и их описание; перевод данных в Excel». В качестве исследуемых величин выступают среднесуточные значения температуры, давления и относительной влажности за весь период дрейфа станций СП-3,16 и 31.

Для начала производим статистический расчёт температуры для каждой дрейфующей станции (СП-3,16 и 31) (Таб. 1).

<i>Температура СП-3</i>	
Среднее	- 18.18071625
Стандартная ошибка	0.729838022
Медиана	-17.9
Мода	0
Стандартное отклонение	13.9052819
Дисперсия выборки	193.3568647
Экссесс	- 1.407846262
Асимметричность	- 0.092926191
Интервал	45.1
Минимум	-44.3
Максимум	0.8
Сумма	-6599.6
Счет	363

Таб. 1. Статистические значения температуры дрейфующей станции СП-3.

<i>Температура СП-16</i>	
Среднее	- 18.96441156
Стандартная ошибка	0.380991996
Медиана	-20.3
Мода	0
Стандартное отклонение	14.35182234
Дисперсия выборки	205.9748045
Экссесс	- 1.427936812
Асимметричность	- 0.011096148
Интервал	50.6
Минимум	-49.5
Максимум	1.1
Сумма	-26910.5
Счет	1419

Таб. 1.1. Статистические значения температуры дрейфующей станции
СП-16.

<i>Температура СП-31</i>	
Среднее	- 18.66152941
Стандартная ошибка	0.473357542
Медиана	-20.6
Мода	-0.8
Стандартное отклонение	13.80062527
Дисперсия выборки	190.457258
Экссесс	- 1.426033354
Асимметричность	0.076627661
Интервал	49
Минимум	-47.2
Максимум	1.8
Сумма	-15862.3
Счет	850

Таб. 1.2. Статистические значения температуры дрейфующей станции
СП-31.

По такому же алгоритму выполняется последующий расчёт для значений давления и относительной влажности для научных дрейфующих станций СП-3,16 и 31 (Таб. 2 и Таб. 3).

<i>Относительная влажность СП-3</i>	
Среднее	46.53443526
Стандартная ошибка	2.41944683
Медиана	81
Мода	0
Стандартное отклонение	46.09665319
Дисперсия выборки	2124.901435
Экссесс	-
Асимметричность	1.989045772
Интервал	-
Минимум	0.010420804
Максимум	100
Сумма	0
Счет	100
	16892
	363

Таб. 2. Статистические значения относительной влажности дрейфующей станции СП-3.

<i>Относительная влажность СП-16</i>	
Среднее	85.73995772
Стандартная ошибка	0.204408558
Медиана	84
Мода	80
Стандартное отклонение	7.699991959
Дисперсия выборки	59.28987616
Экссесс	-
Асимметричность	1.148502049
Интервал	0.168968524
Минимум	30
Максимум	70
Сумма	100
Счет	121665
	1419

Таб. 2.1. Статистические значения относительной влажности дрейфующей станции СП-16.

<i>Относительная влажность СП-31</i>

Среднее	85.69294118
Стандартная ошибка	0.212981519
Медиана	85
Мода	80
Стандартное отклонение	6.209424962
Дисперсия выборки	38.55695836
Эксцесс	-
Асимметричность	0.014390459
Интервал	29
Минимум	70
Максимум	99
Сумма	72839
Счет	850

Таб. 2.2. Статистические значения относительной влажности дрейфующей станции СП-31.

<i>Давление СП-3</i>	
Среднее	1014.914325
Стандартная ошибка	0.595479533
Медиана	1014.7
Мода	1005.6
Стандартное отклонение	11.34540887
Дисперсия выборки	128.7183025
Эксцесс	0.274003661
Асимметричность	0.115083328
Интервал	66
Минимум	983.4
Максимум	1049.4
Сумма	368413.9
Счет	363

Таб. 3. Статистические значения давления дрейфующей станции СП-3.

<i>Давление СП-16</i>	
Среднее	1016.3537
Стандартная ошибка	0.323649368
Медиана	1016
Мода	1024
Стандартное отклонение	12.19174754
Дисперсия выборки	148.6387081
Эксцесс	0.429238361

Асимметричность	0.27074185
Интервал	81.8
Минимум	972.5
Максимум	1054.3
Сумма	1442205.9
Счет	1419

Таб. 3.1. Статистические значения давления дрейфующей станции СП-16.

<i>Давление СП-31</i>	
Среднее	1012.924118
Стандартная ошибка	0.37995499
Медиана	1012.7
Мода	1011
Стандартное отклонение	11.07749635
Дисперсия выборки	122.7109253
Эксцесс	-
Асимметричность	0.132088099
Интервал	0.180302117
Минимум	63.2
Максимум	981.4
Сумма	1044.6
Счет	860985.5
	850

Таб. 3.2. Статистические значения давления дрейфующей станции СП-31.

Для удобства проведения анализа также необходимо составить сводные таблицы по получившимся статистическим данным за период дрейфа станций «Северный полюс -3,16 и 31» (Таб. 4 и Таб. 5).

<i>Температура станций СП-3,16 и 31</i>			
<i>Наименование</i>	СП-3	СП-16	СП-31
Среднее	-18.18071625	-18.96441156	-18.66152941
Стандартная ошибка	0.729838022	0.380991996	0.473357542
Медиана	-17.9	-20.3	-20.6
Мода	0	0	-0.8
Стандартное отклонение	13.9052819	14.35182234	13.80062527
Дисперсия выборки	193.3568647	205.9748045	190.457258
Эксцесс	-1.407846262	-1.427936812	-1.426033354
Асимметричность	-0.092926191	-0.011096148	0.076627661
Интервал	45.1	50.6	49
Минимум	-44.3	-49.5	-47.2
Максимум	0.8	1.1	1.8

Сумма	-6599.6	-26910.5	-15862.3
Счет	363	1419	850

Таб.4. Сводные статистические данные температуры дрейфующих станций СП-3,16 и 31.

<i>Относительная влажность станций СП-3,16 и 31.</i>			
<i>Наименование</i>	СП-3	СП-16	СП-31
Среднее	46.53443526	85.73995772	85.69294118
Стандартная ошибка	2.41944683	0.204408558	0.212981519
Медиана	81	84	85
Мода	0	80	80
Стандартное отклонение	46.09665319	7.699991959	6.209424962
Дисперсия выборки	2124.901435	59.28987616	38.55695836
Эксцесс	-1.989045772	-1.148502049	-0.875015741
Асимметричность	-0.010420804	0.168968524	0.014390459
Интервал	100	30	29
Минимум	0	70	70
Максимум	100	100	99
Сумма	16892	121665	72839
Счет	363	1419	850

Таб.4.1. Сводные статистические данные относительной влажности дрейфующих станций СП-3,16 и 31.

<i>Давление станций СП-3,16 и 31.</i>			
<i>Наименование</i>	СП-3	СП-16	СП-31
Среднее	1014.914325	1016.3537	1012.924118
Стандартная ошибка	0.595479533	0.323649368	0.37995499
Медиана	1014.7	1016	1012.7
Мода	1005.6	1024	1011
Стандартное отклонение	11.34540887	12.19174754	11.07749635
Дисперсия выборки	128.7183025	148.6387081	122.7109253
Эксцесс	0.274003661	0.429238361	-0.132088099
Асимметричность	0.115083328	0.27074185	0.180302117
Интервал	66	81.8	63.2
Минимум	983.4	972.5	981.4
Максимум	1049.4	1054.3	1044.6
Сумма	368413.9	1442205.9	860985.5
Счет	363	1419	850

Таб.4.2. Сводные статистические данные давления дрейфующих станций СП-3,16 и 31.

<i>СП-3</i>			
<i>Наименование</i>	T, °C	f, %	P, гПа
Среднее	-18.18071625	46.53443526	1014.914325
Стандартная ошибка	0.729838022	2.41944683	0.595479533
Медиана	-17.9	81	1014.7

Мода	0	0	1005.6
Стандартное отклонение	13.9052819	46.09665319	11.34540887
Дисперсия выборки	193.3568647	2124.901435	128.7183025
Экссесс	-1.407846262	-1.989045772	0.274003661
Асимметричность	-0.092926191	-0.010420804	0.115083328
Интервал	45.1	100	66
Минимум	-44.3	0	983.4
Максимум	0.8	100	1049.4
Сумма	-6599.6	16892	368413.9
Счет	363	363	363
Уровень надежности(95.0%)	1.435255	4.757936096	1.171033614

Таб.5. Сводные статистические данные температуры, относительной влажности и давления дрейфующей станции СП-3.

СП-16			
Наименование	T, °C	f, %	P, гПа
Среднее	-18.96441156	85.73995772	1016.3537
Стандартная ошибка	0.380991996	0.204408558	0.323649368
Медиана	-20.3	84	1016
Мода	0	80	1024
Стандартное отклонение	14.35182234	7.699991959	12.19174754
Дисперсия выборки	205.9748045	59.28987616	148.6387081
Экссесс	-1.427936812	-1.148502049	0.429238361
Асимметричность	-0.011096148	0.168968524	0.27074185
Интервал	50.6	30	81.8
Минимум	-49.5	70	972.5
Максимум	1.1	100	1054.3
Сумма	-26910.5	121665	1442205.9
Счет	1419	1419	1419
Уровень надежности(95.0%)	0.747369	0.400975668	0.634883

Таб.5.1. Сводные статистические данные температуры, относительной влажности и давления дрейфующей станции СП-16.

СП-31			
Среднее	-18.66152941	85.69294118	1012.924118
Стандартная ошибка	0.473357542	0.212981519	0.37995499
Медиана	-20.6	85	1012.7
Мода	-0.8	80	1011
Стандартное отклонение	13.80062527	6.209424962	11.07749635
Дисперсия выборки	190.457258	38.55695836	122.7109253
Экссесс	-1.426033354	-0.875015741	-0.132088099
Асимметричность	0.076627661	0.014390459	0.180302117
Интервал	49	29	63.2
Минимум	-47.2	70	981.4
Максимум	1.8	99	1044.6

Сумма	-15862.3	72839	860985.5
Счет	850	850	850
Уровень надежности (95.0%)	0.929088242	0.418032054	0.745761254

Таб.5.2. Сводные статистические данные температуры, относительной влажности и давления дрейфующей станции СП-31.

По итогу расчёта был сформирован массив статистических данных, записанных в виде таблиц (Таб. 1-3), а также составлены сводные статистические данные (Таб. 4 и Таб.5) для трёх научных исследовательских дрейфующих станций СП-3,16 и 31. Для температуры, относительной влажности и давления, были получены статистические значения среднего, стандартной ошибки, медианы, моды, стандартного отклонения, дисперсии, эксцесса, асимметричности, минимума и максимума, а также уровень надежности (95%). Анализ этих данных показал, что статистические параметры во многом зависят от длины ряда и в случае дрейфующих станций не сильно отличаются и имеют схожие результаты расчётов, за исключением некоторых заниженных данных связанных с отсутствием величин наблюдения за этот период.

4.3 Эмпирические функции распределения – гистограммы

Круг задач современной математической статистики чрезвычайно широк, от самих математических наук, до социальных и экономических, а также различных технических и инженерных наук. В метеорологии благодаря статистическим инструментам удастся улучшить общие представления о целостном состоянии климатических характеристик. Ключевым термином в математической статистике считается вероятность или иначе говоря функция распределения. Данная функция описывает взаимосвязь между величиной и вероятностью её появления. По уже вычисленным нами статистическим параметрам среднего значения и медианы вариационного ряда, можно определить какого вида функция распределения. Всего различают три вида распределений: если медиана больше среднего значения, то распределение ассиметрично отрицательно; в обратном случае распределение имеет вид

положительной асимметрии. Если оба параметра равны, тогда распределение симметрично.

Эмпирическая функция распределения в гидрометеорологии, чаще всего представляется в виде гистограмм, определяющих повторяемость выбранного интервала значений (карманов). Дополнительно к этой же функции не редко присваивается интегральный процент повторяемости [14]. По краям получившихся результатов часто записываются значения, не попавшие в определенный интервал и часто называемые «хвостом». Важно также отметить что для акцентирования внимания можно определить моды в гистограммах, определяющие максимальные значения, вершины гистограмм [15].

Для большей визуализации и консолидации расчётов статистического анализа, проводимого в данной научно-исследовательской магистерской диссертации, необходимо произвести расчёт эмпирической функции распределения с последующим анализом полученных результатов. Как и в предыдущем разделе анализ будет строиться на данных, полученных в результате дрейфа трех советских дрейфующих станций СП-3,16 и 31. О том, почему выбраны именно эти три станции уже писалось ранее. В качестве данных наблюдений для анализа были выбраны температура, относительная влажность и давление. По всем вышеперечисленным данным ниже приведен таблицы и графики, соответствующие каждой характеристике.

После того, как были посчитаны число интервалов (k), и ширина интервалов (h), где для ширины использовалась формула

$$h = (X_{max} - X_{min})/k,$$
 а число интервалов (k) было взято из рекомендованной таблицы по оптимальному числу интервалов ВНИИ метрологии. Ниже приведены получившиеся гистограммы трёх станций СП-3,16 и 31 для температуры. (Рис. 11).

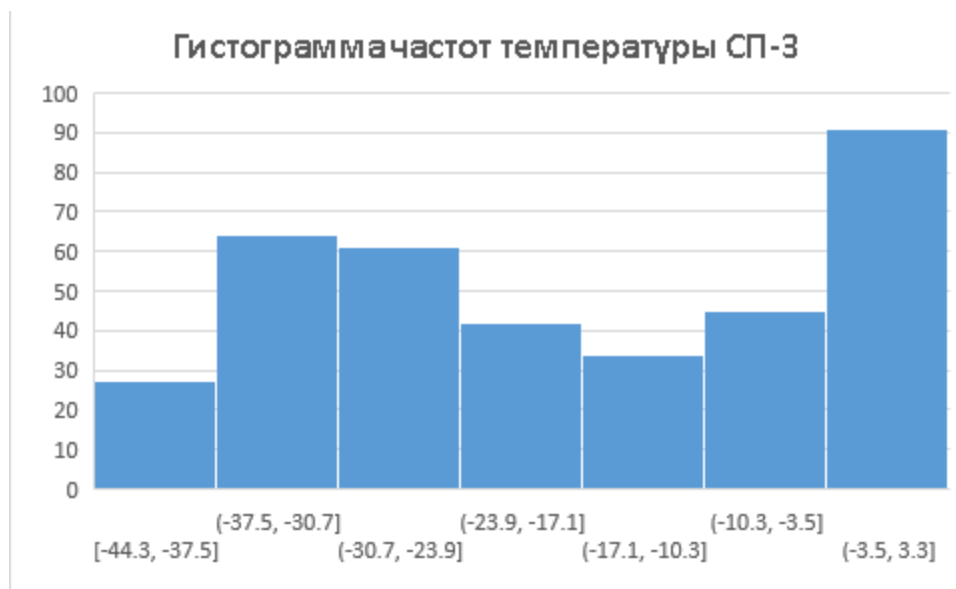


Рис. 11. Гистограмма распределения частот температуры станции СП-3.

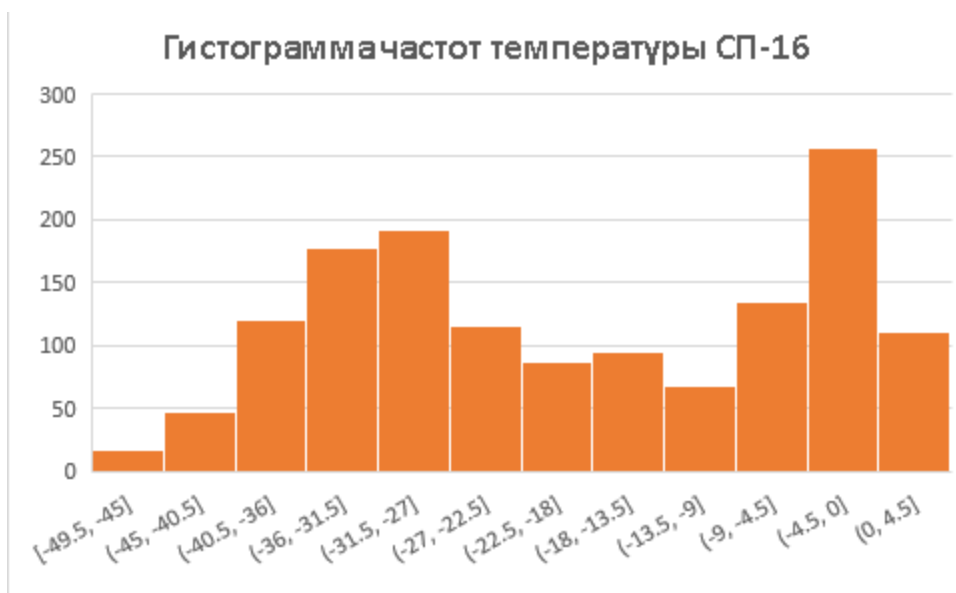


Рис. 11.1. Гистограмма распределения частот температуры станции СП-16.

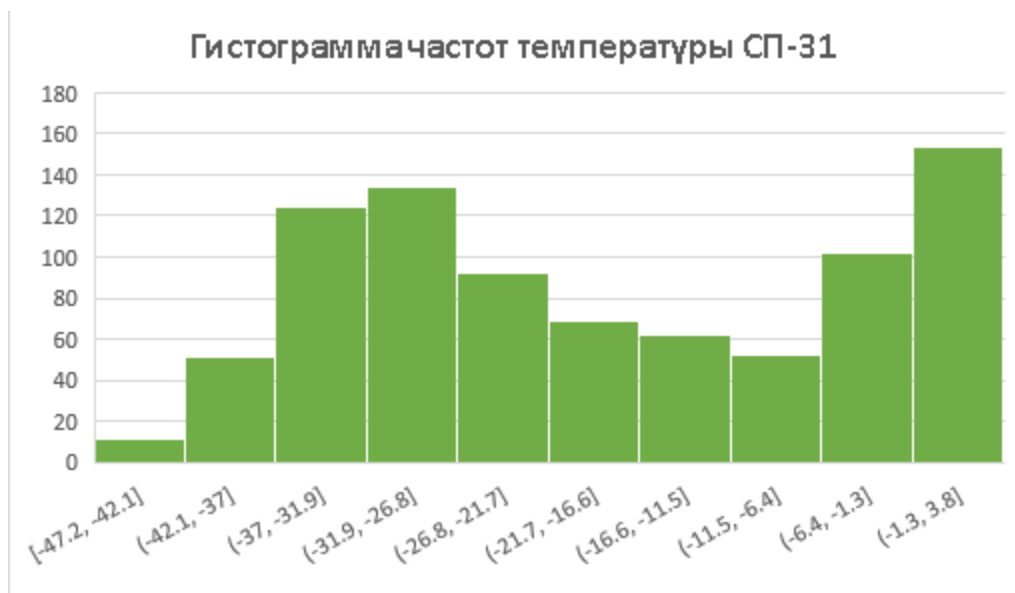


Рис. 11.2. Гистограмма распределения частот температуры станции СП-31.

Аналогично строим гистограммы для относительной влажности и давления, с данных полученных с дрейфующих станции СП-3,16 и 31. (Рис. 12).

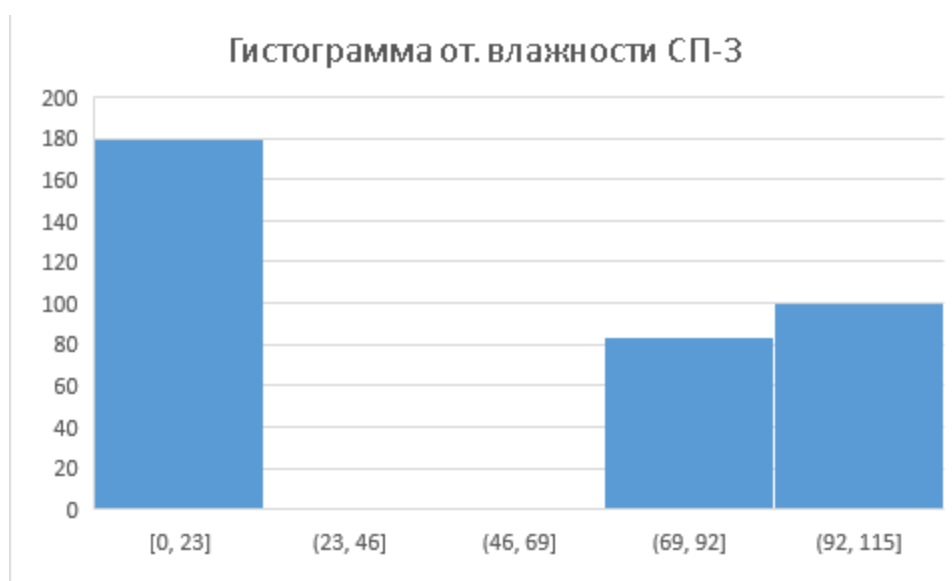


Рис. 12. Гистограмма распределения частот относительной влажности дрейфующей станции СП-3.



Рис. 12.1. Гистограмма распределения частот давления дрейфующей станции СП-3.



Рис. 12.2 Гистограмма распределения частот относительной влажности дрейфующей станции СП-16.



Рис. 12.3 Гистограмма распределения частот давления дрейфующей станции СП-16.



Рис. 12.4 Гистограмма распределения частот относительной влажности дрейфующей станции СП-31.



Рис. 12.5 Гистограмма распределения частот давления дрейфующей станции СП-31.

Следующим этапом, определим значения кармана и частот, используя инструменты анализа данных, входящих в состав табличного калькулятора Excel и с его помощью создадим гистограмму с дополнительными характеристиками интегрального процента и ранжирования полученных данных. (Таб. 6).

Температура СП-3					
Карман	Частота	Интегральный %	Карман	Частота	Интегральный %
-44.3	1	0.28%	Еще	63	17.36%
-41.9	11	3.31%	-1.6	33	26.45%
-39.6	6	4.96%	-32.4	25	33.33%
-37.2	13	8.54%	-27.7	25	40.22%
-34.8	20	14.05%	-15.8	25	47.11%
-32.4	25	20.94%	-34.8	20	52.62%
-30.1	19	26.17%	-30.1	19	57.85%
-27.7	25	33.06%	-25.3	19	63.09%
-25.3	19	38.29%	-3.9	19	68.32%
-22.9	16	42.70%	-18.2	18	73.28%
-20.6	6	44.35%	-22.9	16	77.69%
-18.2	18	49.31%	-6.3	16	82.09%
-15.8	25	56.20%	-37.2	13	85.67%
-13.4	7	58.13%	-41.9	11	88.71%
-11.1	11	61.16%	-11.1	11	91.74%
-8.7	10	63.91%	-8.7	10	94.49%
-6.3	16	68.32%	-13.4	7	96.42%
-3.9	19	73.55%	-39.6	6	98.07%

-1.6	33	82.64%	-20.6	6	99.72%
Еще	63	100.00%	-44.3	1	100.00%

Таб. 2. Результаты расчёта параметра «гистограмма» для температуры станции СП-3.

Температура СП-16					
<i>Карман</i>	<i>Частота</i>	<i>Интегральный %</i>	<i>Карман</i>	<i>Частота</i>	<i>Интегральный %</i>
-49.5	1	0.07%	Еще	164	11.56%
-48.1	1	0.14%	-0.3	102	18.75%
-46.8	3	0.35%	-30.4	66	23.40%
-45.4	10	1.06%	-29.0	61	27.70%
-44.0	9	1.69%	-26.3	58	31.78%
-42.7	4	1.97%	-1.6	58	35.87%
-41.3	22	3.52%	-33.1	55	39.75%
-39.9	26	5.36%	-34.5	54	43.55%
-38.6	28	7.33%	-27.6	53	47.29%
-37.2	31	9.51%	-35.8	51	50.88%
-35.8	51	13.11%	-4.4	51	54.47%
-34.5	54	16.91%	-31.7	48	57.86%
-33.1	55	20.79%	-5.7	44	60.96%
-31.7	48	24.17%	-3.0	41	63.85%
-30.4	66	28.82%	-24.9	38	66.53%
-29.0	61	33.12%	-8.5	35	68.99%
-27.6	53	36.86%	-37.2	31	71.18%
-26.3	58	40.94%	-15.3	31	73.36%
-24.9	38	43.62%	-20.8	30	75.48%
-23.5	27	45.53%	-16.7	30	77.59%
-22.1	28	47.50%	-9.8	30	79.70%
-20.8	30	49.61%	-38.6	28	81.68%
-19.4	22	51.16%	-22.1	28	83.65%
-18.0	26	53.00%	-23.5	27	85.55%
-16.7	30	55.11%	-13.9	27	87.46%
-15.3	31	57.29%	-39.9	26	89.29%
-13.9	27	59.20%	-18.0	26	91.12%
-12.6	16	60.32%	-7.1	26	92.95%
-11.2	12	61.17%	-41.3	22	94.50%
-9.8	30	63.28%	-19.4	22	96.05%
-8.5	35	65.75%	-12.6	16	97.18%
-7.1	26	67.58%	-11.2	12	98.03%
-5.7	44	70.68%	-45.4	10	98.73%
-4.4	51	74.28%	-44.0	9	99.37%
-3.0	41	77.17%	-42.7	4	99.65%
-1.6	58	81.25%	-46.8	3	99.86%
-0.3	102	88.44%	-49.5	1	99.93%
Еще	164	100.00%	-48.1	1	100.00%

Таб. 6.1. Результаты расчёта параметра «гистограмма» для температуры станции СП-16.

Температура СП-31					
<i>Карман</i>	<i>Частота</i>	<i>Интегральный %</i>	<i>Карман</i>	<i>Частота</i>	<i>Интегральный %</i>
-47.2	1	0.12%	0.1	95	11.18%
-45.5	1	0.24%	Еще	66	18.94%
-43.8	4	0.71%	-32.0	57	25.65%
-42.1	5	1.29%	-1.6	50	31.53%
-40.4	8	2.24%	-28.6	49	37.29%
-38.8	15	4.00%	-30.3	46	42.71%
-37.1	27	7.18%	-33.7	44	47.88%
-35.4	23	9.88%	-25.2	39	52.47%
-33.7	44	15.06%	-26.9	35	56.59%
-32.0	57	21.76%	-23.5	28	59.88%
-30.3	46	27.18%	-21.9	28	63.18%
-28.6	49	32.94%	-37.1	27	66.35%
-26.9	35	37.06%	-11.7	26	69.41%
-25.2	39	41.65%	-20.2	25	72.35%
-23.5	28	44.94%	-5.0	25	75.29%
-21.9	28	48.24%	-18.5	24	78.12%
-20.2	25	51.18%	-35.4	23	80.82%
-18.5	24	54.00%	-6.6	22	83.41%
-16.8	20	56.35%	-13.4	21	85.88%
-15.1	15	58.12%	-3.3	21	88.35%
-13.4	21	60.59%	-16.8	20	90.71%
-11.7	26	63.65%	-10.0	17	92.71%
-10.0	17	65.65%	-38.8	15	94.47%
-8.3	13	67.18%	-15.1	15	96.24%
-6.6	22	69.76%	-8.3	13	97.76%
-5.0	25	72.71%	-40.4	8	98.71%
-3.3	21	75.18%	-42.1	5	99.29%
-1.6	50	81.06%	-43.8	4	99.76%
0.1	95	92.24%	-47.2	1	99.88%
Еще	66	100.00%	-45.5	1	100.00%

Таб. 6.2. Результаты расчёта параметра «гистограмма» для температуры станции СП-31.

Подобные таблицы для расчёта относительной влажности и давления для трёх научно-исследовательских дрейфующих станций СП-3,16 и 31, представлены в Приложении 1 данной диссертации. После создания всех необходимых таблиц, строим по ним графики для каждой из трёх станций и каждой наблюдаемой из трёх величин. (Рис. 13).

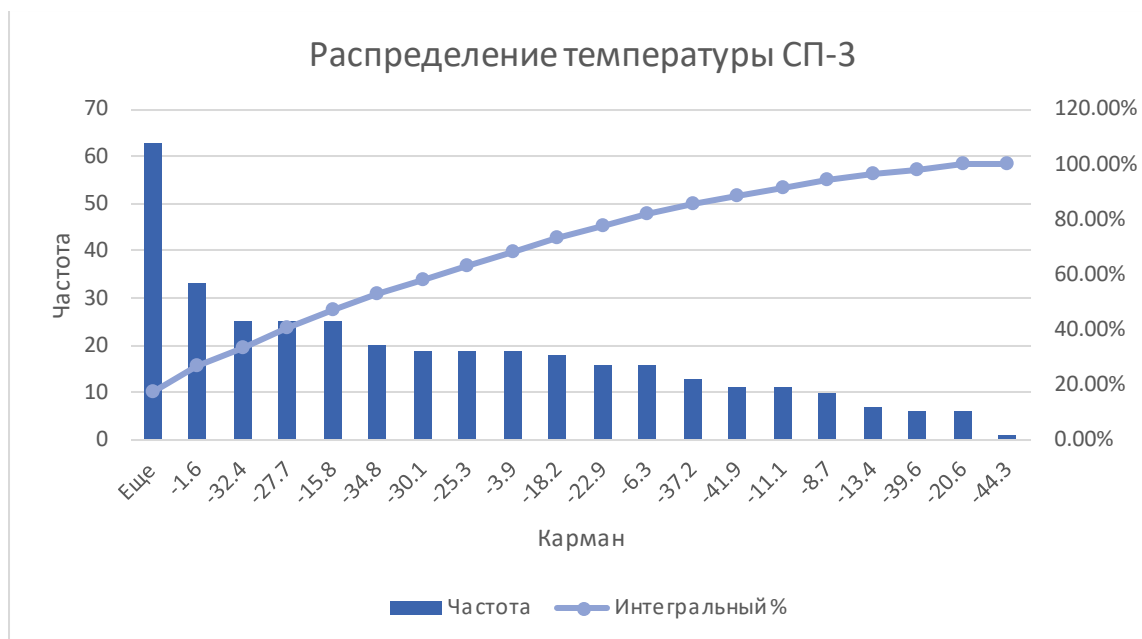


Рис. 13. График распределения температуры по частотам с интегральным процентом станции СП-3.



Рис. 13.1. График распределения температуры по частотам с интегральным процентом станции СП-16.

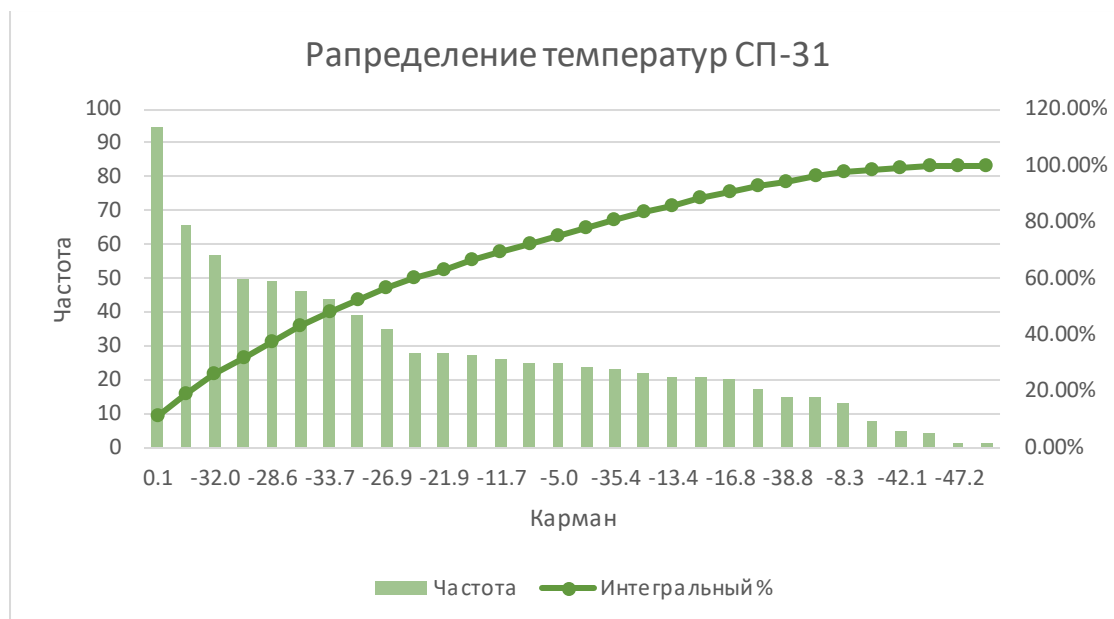


Рис. 13.2. График распределения температуры по частотам с интегральным процентом станции СП-31.

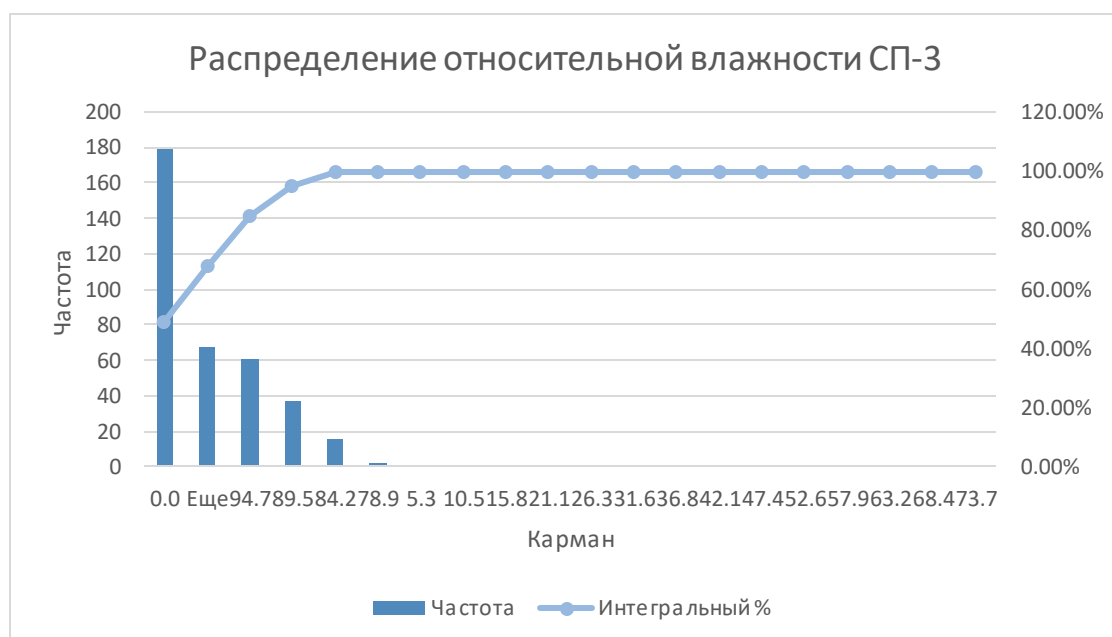


Рис. 13.3. График распределения относительной влажности по частотам с интегральным процентом станции СП-3.

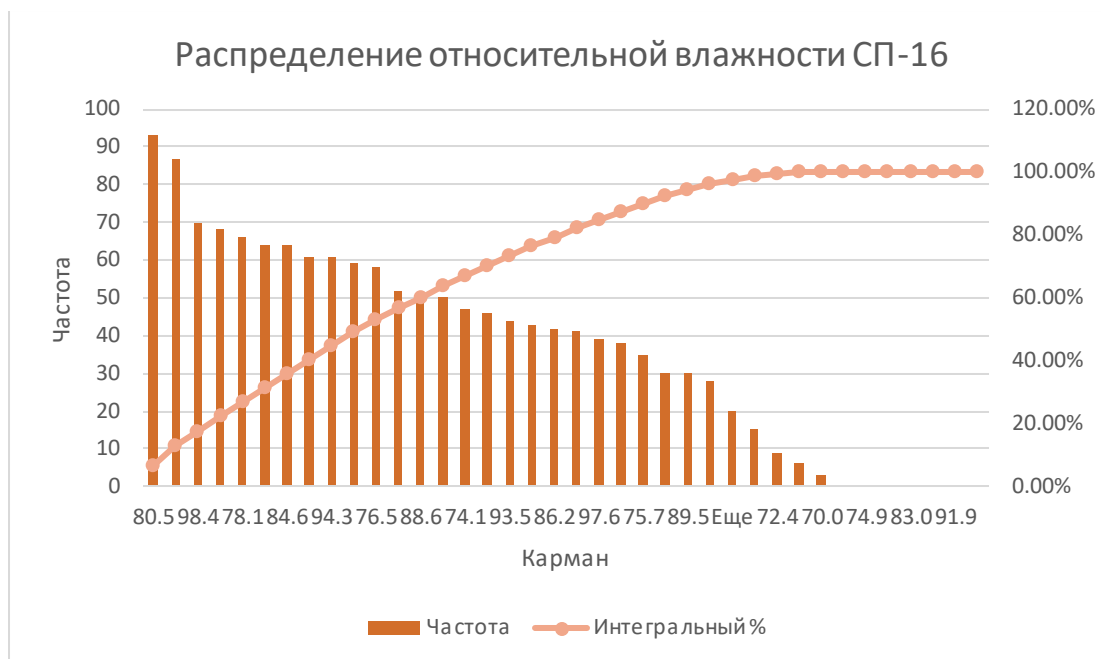


Рис. 13.4. График распределения относительной влажности по частотам с интегральным процентом станции СП-16.

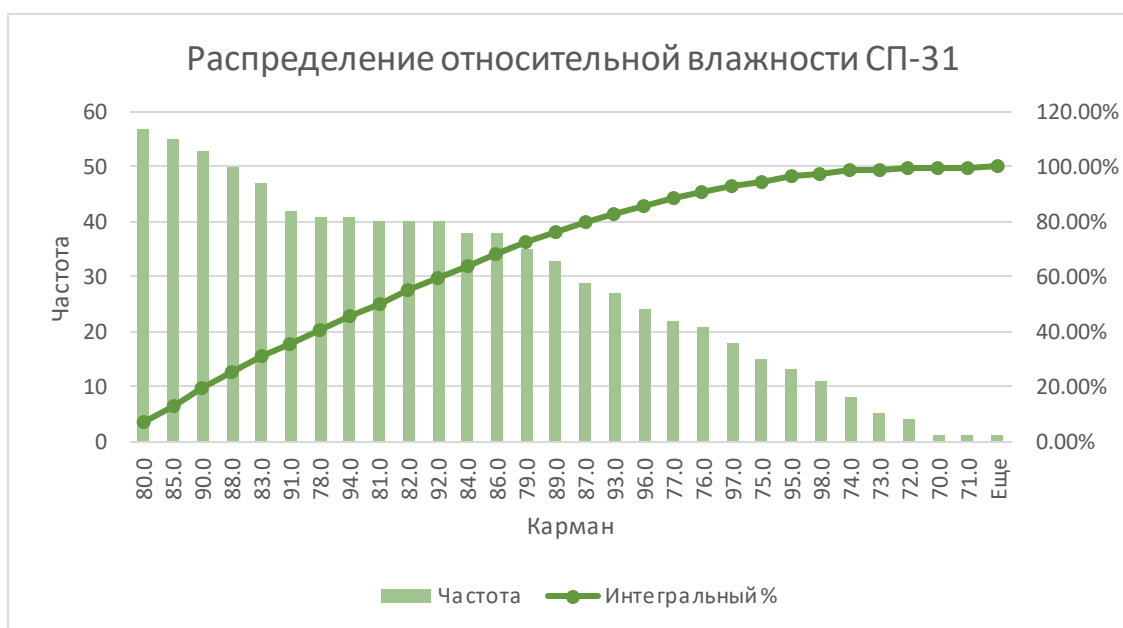


Рис. 13.5. График распределения относительной влажности по частотам с интегральным процентом станции СП-31.



Рис. 13.6. График распределения давления по частотам с интегральным процентом станции СП-3.

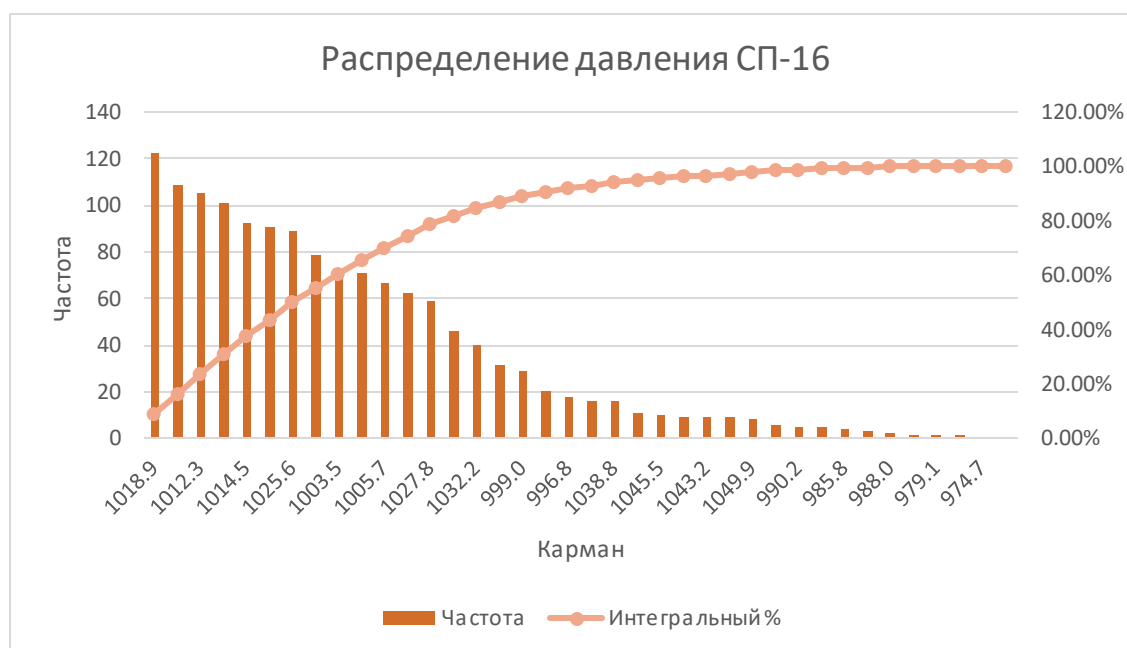


Рис. 13.7. График распределения давления по частотам с интегральным процентом станции СП-16.



Рис. 13.8. График распределения давления по частотам с интегральным процентом станции СП-31.

Проанализировав полученные в результате расчёта эмпирической функции распределения для 3-ёх научно исследовательских станций СП-3,16 и 31 и построив гистограммы двумя возможными вариантами в пакете программного обеспечения Excel, результаты, установлены следующие заключения:

— Опираясь на полученные в результате статистического анализа данные, удалось верно и точно составить таблицы и гистограммы эмпирического распределения температур, относительной влажности и давления, для трёх дрейфующих станций СП-3,16 и 31.

— Среднесуточная температура ниже 35 °С, за время дрейфа на станции СП-31, встречалась в 10% случаев, тогда как на станции СП-16 в 13%, а на станции СП-3 в 14%.

— Среднесуточная относительная влажность на дрейфующей станции СП-31 ниже 80% встречалась в 25%, а на станции СП-16 – в 32% случаев.

— Показания среднесуточного давления отличаются не так сильно, на станции СП-3 порог ниже 1000гПа в 8% случаев, на СП-16 в 9%, а на СП-31 в 13%.

Заключение

В ходе реализации магистерской научно-исследовательской диссертации все поставленные цели и задачи были выполнены.

При подготовке к анализу, был импортирован и сформирован массив данных, содержащий в себе многолетние данные метеорологических измерений на научно-исследовательских дрейфующих станциях в период Советского Союза (1937-1991).

Все имеющиеся данные были приведены в пригодный для дальнейшей работы вид, а станции СП-3,16 и 31 были проверены с помощью как жестких, так и более гибких алгоритмов контроля качества на наличие пробелов в них и возможных ошибочных данных, или иначе говоря «выбросов». По полученным данным контроля качества данных, были составлены графики и произведен анализ, в ходе которого нашелся «выброс» на дрейфующей станции СП-3.

После контроля качества данные были подвергнуты статическому анализу, в ходе которого были определены основные статистические свойства имеющихся рядов температуры, относительной влажности и давления. Выявленные параметры среднего арифметического, стандартной ошибки, медианы, моды, стандартного отклонения, дисперсии, эксцесса асимметрии, минимума, максимума и др., были сформированы в сводные таблицы и сравнены между станциями СП-3,16 и 31, а также некоторые данные были необходимы для дальнейшего анализа и составления эмпирической функции распределения.

Для каждой из трех (СП-3,16 и 31) станций были составлены эмпирические функции распределения по данным температуры, относительной влажности давления. Проанализированы и сравнены с данными полученными при расчёте с помощью других алгоритмов с добавлением интегрального процента. Все данные были сформированы в виде таблиц для удобства работы и наглядности.

Приложение 1

Относительная влажность СП-3					
<i>Карман</i>	<i>Частота</i>	<i>Интегральный %</i>	<i>Карман</i>	<i>Частота</i>	<i>Интегральный %</i>
0.0	179	49.31%	0.0	179	49.31%
5.3	0	49.31%	Еще	68	68.04%
10.5	0	49.31%	94.7	61	84.85%
15.8	0	49.31%	89.5	37	95.04%
21.1	0	49.31%	84.2	16	99.45%
26.3	0	49.31%	78.9	2	100.00%
31.6	0	49.31%	5.3	0	100.00%
36.8	0	49.31%	10.5	0	100.00%
42.1	0	49.31%	15.8	0	100.00%
47.4	0	49.31%	21.1	0	100.00%
52.6	0	49.31%	26.3	0	100.00%
57.9	0	49.31%	31.6	0	100.00%
63.2	0	49.31%	36.8	0	100.00%
68.4	0	49.31%	42.1	0	100.00%
73.7	0	49.31%	47.4	0	100.00%
78.9	2	49.86%	52.6	0	100.00%
84.2	16	54.27%	57.9	0	100.00%
89.5	37	64.46%	63.2	0	100.00%
94.7	61	81.27%	68.4	0	100.00%
Еще	68	100.00%	73.7	0	100.00%

Таб. 6.3. Результаты расчёта параметра «гистограмма» для относительной влажности станции СП-3.

Давление СП-3					
<i>Карман</i>	<i>Частота</i>	<i>Интегральный %</i>	<i>Карман</i>	<i>Частота</i>	<i>Интегральный %</i>
983.4	1	0.28%	1011.2	51	14.05%
986.9	1	0.55%	1018.1	50	27.82%
990.3	5	1.93%	1014.7	39	38.57%
993.8	9	4.41%	1021.6	37	48.76%
997.3	4	5.51%	1007.7	36	58.68%
1000.8	11	8.54%	1025.1	30	66.94%
1004.2	24	15.15%	1028.6	25	73.83%
1007.7	36	25.07%	1004.2	24	80.44%
1011.2	51	39.12%	1032.0	16	84.85%
1014.7	39	49.86%	1000.8	11	87.88%
1018.1	50	63.64%	993.8	9	90.36%
1021.6	37	73.83%	1035.5	9	92.84%
1025.1	30	82.09%	1039.0	7	94.77%
1028.6	25	88.98%	990.3	5	96.14%
1032.0	16	93.39%	997.3	4	97.25%
1035.5	9	95.87%	1042.5	3	98.07%
1039.0	7	97.80%	1045.9	3	98.90%
1042.5	3	98.62%	Еще	2	99.45%
1045.926	3	99.45%	983.4	1	99.72%

Еще	2	100.00%	986.8737	1	100.00%
-----	---	---------	----------	---	---------

Таб. 6.4. Результаты расчёта параметра «гистограмма» для давления станции СП-3.

Относительная влажность СП-16					
Карман	Частота	Интегральный %	Карман	Частота	Интегральный %
70.0	3	0.21%	80.5	93	6.55%
70.8	0	0.21%	82.2	87	12.68%
71.6	6	0.63%	98.4	70	17.62%
72.4	9	1.27%	79.7	68	22.41%
73.2	15	2.33%	78.1	66	27.06%
74.1	47	5.64%	83.8	64	31.57%
74.9	0	5.64%	84.6	64	36.08%
75.7	35	8.10%	81.4	61	40.38%
76.5	58	12.19%	94.3	61	44.68%
77.3	43	15.22%	96.8	59	48.84%
78.1	66	19.87%	76.5	58	52.92%
78.9	0	19.87%	92.7	52	56.59%
79.7	68	24.67%	88.6	50	60.11%
80.5	93	31.22%	91.1	50	63.64%
81.4	61	35.52%	74.1	47	66.95%
82.2	87	41.65%	85.4	46	70.19%
83.0	0	41.65%	93.5	44	73.29%
83.8	64	46.16%	77.3	43	76.32%
84.6	64	50.67%	86.2	42	79.28%
85.4	46	53.91%	90.3	41	82.17%
86.2	42	56.87%	97.6	39	84.92%
87.0	30	58.99%	95.1	38	87.60%
87.8	0	58.99%	75.7	35	90.06%
88.6	50	62.51%	87.0	30	92.18%
89.5	30	64.62%	89.5	30	94.29%
90.3	41	67.51%	99.2	28	96.26%
91.1	50	71.04%	Еще	20	97.67%
91.9	0	71.04%	73.2	15	98.73%
92.7	52	74.70%	72.4	9	99.37%
93.5	44	77.80%	71.6	6	99.79%
94.3	61	82.10%	70.0	3	100.00%
95.1	38	84.78%	70.8	0	100.00%
95.9	0	84.78%	74.9	0	100.00%
96.8	59	88.94%	78.9	0	100.00%
97.6	39	91.68%	83.0	0	100.00%
98.4	70	96.62%	87.8	0	100.00%
99.2	28	98.59%	91.9	0	100.00%
Еще	20	100.00%	95.9	0	100.00%

Таб. 6.5. Результаты расчёта параметра «гистограмма» для относительной влажности станции СП-16.

Давление СП-16					
<i>Карман</i>	<i>Частота</i>	<i>Интегральный %</i>	<i>Карман</i>	<i>Частота</i>	<i>Интегральный %</i>
972.5	1	0.07%	1018.9	122	8.60%
974.7	0	0.07%	1016.7	109	16.28%
976.9	0	0.07%	1012.3	105	23.68%
979.1	1	0.14%	1021.1	101	30.80%
981.3	1	0.21%	1014.5	92	37.28%
983.6	3	0.42%	1010.1	91	43.69%
985.8	4	0.70%	1025.6	89	49.96%
988.0	2	0.85%	1023.3	79	55.53%
990.2	5	1.20%	1003.5	72	60.61%
992.4	6	1.62%	1007.9	71	65.61%
994.6	16	2.75%	1005.7	67	70.33%
996.8	18	4.02%	1030.0	62	74.70%
999.0	29	6.06%	1027.8	59	78.86%
1001.2	46	9.30%	1001.2	46	82.10%
1003.5	72	14.38%	1032.2	40	84.92%
1005.7	67	19.10%	1034.4	31	87.10%
1007.9	71	24.10%	999.0	29	89.15%
1010.1	91	30.51%	1036.6	20	90.56%
1012.3	105	37.91%	996.8	18	91.83%
1014.5	92	44.40%	994.6	16	92.95%
1016.7	109	52.08%	1038.8	16	94.08%
1018.9	122	60.68%	1047.7	11	94.86%
1021.1	101	67.79%	1045.5	10	95.56%
1023.3	79	73.36%	1041.0	9	96.19%
1025.6	89	79.63%	1043.2	9	96.83%
1027.8	59	83.79%	1052.1	9	97.46%
1030.0	62	88.16%	1049.9	8	98.03%
1032.2	40	90.98%	992.4	6	98.45%
1034.4	31	93.16%	990.2	5	98.80%
1036.6	20	94.57%	Еще	5	99.15%
1038.8	16	95.70%	985.8	4	99.44%
1041.0	9	96.34%	983.6	3	99.65%
1043.2	9	96.97%	988.0	2	99.79%
1045.5	10	97.67%	972.5	1	99.86%
1047.7	11	98.45%	979.1	1	99.93%
1049.9	8	99.01%	981.3	1	100.00%
1052.1	9	99.65%	974.7	0	100.00%
Еще	5	100.00%	976.9	0	100.00%

Таб. 6.6. Результаты расчёта параметра «гистограмма» для давления станции СП-16.

Относительная влажность СП-31					
<i>Карман</i>	<i>Частота</i>	<i>Интегральный %</i>	<i>Карман</i>	<i>Частота</i>	<i>Интегральный %</i>
70.0	1	0.12%	80.0	57	6.71%
71.0	1	0.24%	85.0	55	13.18%

72.0	4	0.71%	90.0	53	19.41%
73.0	5	1.29%	88.0	50	25.29%
74.0	8	2.24%	83.0	47	30.82%
75.0	15	4.00%	91.0	42	35.76%
76.0	21	6.47%	78.0	41	40.59%
77.0	22	9.06%	94.0	41	45.41%
78.0	41	13.88%	81.0	40	50.12%
79.0	35	18.00%	82.0	40	54.82%
80.0	57	24.71%	92.0	40	59.53%
81.0	40	29.41%	84.0	38	64.00%
82.0	40	34.12%	86.0	38	68.47%
83.0	47	39.65%	79.0	35	72.59%
84.0	38	44.12%	89.0	33	76.47%
85.0	55	50.59%	87.0	29	79.88%
86.0	38	55.06%	93.0	27	83.06%
87.0	29	58.47%	96.0	24	85.88%
88.0	50	64.35%	77.0	22	88.47%
89.0	33	68.24%	76.0	21	90.94%
90.0	53	74.47%	97.0	18	93.06%
91.0	42	79.41%	75.0	15	94.82%
92.0	40	84.12%	95.0	13	96.35%
93.0	27	87.29%	98.0	11	97.65%
94.0	41	92.12%	74.0	8	98.59%
95.0	13	93.65%	73.0	5	99.18%
96.0	24	96.47%	72.0	4	99.65%
97.0	18	98.59%	70.0	1	99.76%
98.0	11	99.88%	71.0	1	99.88%
Еще	1	100.00%	Еще	1	100.00%

Таб. 6.7. Результаты расчёта параметра «гистограмма» для относительной влажности станции СП-31.

Давление СП-31					
<i>Карман</i>	<i>Частота</i>	<i>Интегральный %</i>	<i>Карман</i>	<i>Частота</i>	<i>Интегральный %</i>
981.4	1	0.12%	1011.9	80	9.41%
983.6	2	0.35%	1016.3	71	17.76%
985.8	3	0.71%	1014.1	59	24.71%
987.9	1	0.82%	1003.2	58	31.53%
990.1	3	1.18%	1005.4	56	38.12%
992.3	7	2.00%	1009.7	55	44.59%
994.5	16	3.88%	1018.4	54	50.94%
996.7	15	5.65%	1020.6	48	56.59%
998.8	33	9.53%	1007.6	45	61.88%
1001.0	36	13.76%	1022.8	43	66.94%
1003.2	58	20.59%	1025.0	42	71.88%
1005.4	56	27.18%	1027.2	38	76.35%
1007.6	45	32.47%	1001.0	36	80.59%
1009.7	55	38.94%	998.8	33	84.47%

1011.9	80	48.35%	1029.3	21	86.94%
1014.1	59	55.29%	1033.7	17	88.94%
1016.3	71	63.65%	994.5	16	90.82%
1018.4	54	70.00%	996.7	15	92.59%
1020.6	48	75.65%	1031.5	13	94.12%
1022.8	43	80.71%	1040.2	11	95.41%
1025.0	42	85.65%	1035.9	9	96.47%
1027.2	38	90.12%	1038.1	8	97.41%
1029.3	21	92.59%	992.3	7	98.24%
1031.5	13	94.12%	Еще	5	98.82%
1033.7	17	96.12%	985.8	3	99.18%
1035.9	9	97.18%	990.1	3	99.53%
1038.1	8	98.12%	983.6	2	99.76%
1040.2	11	99.41%	981.4	1	99.88%
1042.4	0	99.41%	987.9	1	100.00%
Еще	5	100.00%	1042.4	0	100.00%

Таб. 6.8. Результаты расчёта параметра «гистограмма» для давления станции СП-31.

Список использованных источников

1. Физическая география материков и океанов / Под ред. А. М. Рябчикова [Текст] /. – М.: Высшая школа, 1988. – 592 с
2. Большая советская энциклопедия [Текст] /. - М.: Советская энциклопедия, 1969-1978.
3. Майкл Б. Правовой статус Северо-Западного прохода и арктический суверенитет Канады: прошлое, настоящее, желаемое будущее //Вестник Московского университета. Серия 25. Международные отношения и мировая политика. – 2011. – №. 2.
4. Уличев В. И. Факторы среды и их влияние на динамику численности млекопитающих (на примере гренландского тюленя) //Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). – 2010. – №. 1.
5. Елисеев Д. О., Наумова Ю. В. Экономическое освоение российской Арктики: цели, задачи, подходы //Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2015. – №. 3.
6. Бурлаков Ю. Папанинская четверка: взлеты и падения. – Litres, 2017.
7. Медведев Д. А., Геращенко Л. А. Разработка автоматизированной системы обработки и формирования метеорологической информации //Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21. – №. 8 (127).
8. Дукальская М. В. Научные приборы в коллекции Российского государственного музея Арктики и Антарктики //Мир измерений. – 2014. – №. 7. – С. 58-64.
9. Кузнецов С. Д. Основы современных баз данных //М: Центр Информационных Технологий. – 1998.
10. Гандин Л. С. Объективный анализ метеорологических полей. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1963. – С. 287-287.
11. Dialogue C. D. M. P. Climate change, carbon markets and the CDM: A call to action //Report of the High-Level Panel on the CDM Policy Dialogue.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC),
Bonn, Alemanha. – 2012.

12. Попов К. В., Либина Н. В., Ушакова М. Г. О дрейфе научной станции «Северный полюс-1» //Океанологические исследования. – 2019. – Т. 47. – №. 4. – С. 222-236.
13. Карпенко А. П., Домников А. С., Белоус В. В. Тестовый метод контроля качества обучения и критерии качества образовательных тестов. Обзор //Машиностроение и компьютерные технологии. – 2011. – №. 4.
14. Гордеева С. М. Гордеева СМ Практикум по дисциплине «Статистические методы обработки и анализа гидрометеорологической информации»-СПб.:РГГМУ^ 2010.-74 с. – 2010.
15. Восканян К. Л., Кузнецов А. Д., Сероухова О. С. Автоматические метеорологические станции. Часть 1. Тактико-технические характеристики //Учебное пособие.–СПб.:РГГМУ. – 2016.