



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

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **«Исследование временной и пространственной изменчивости метеопараметров по данным буйковых станций»**

Исполнитель **Фурсова Ирина Леонидовна**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
И.о. заведующего кафедрой

(подпись)
кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

« » мая 2023 г.

Санкт–Петербург

2023

Содержание:

Введение	3
1 Общая информация о буйковых станциях	5
2 Национальный информационный буйевой центр	9
2.1 Поиск данных по буйковым станциям	11
2.2 Описание места установки станций	12
2.3 Приборная составляющая буйковых станций	14
3 Анализ временной и пространственной изменчивости метеопараметров ...	19
3.1 Анализ температуры воздуха	20
3.2 Анализ температуры поверхности моря	24
3.3 Анализ атмосферного давления	27
4 Анализ разницы между станциями. Выявление пространственной изменчивости.....	31
4.2 Пространственная изменчивость атмосферного давления	33
4.3 Пространственная изменчивость температуры поверхности моря	35
Заключение	38
Список использованных источников	40

Введение

На данный момент существует множество способов получения метеорологических данных. Их наблюдение производится на метеорологических площадках, автодромах и аэропортах, морских судах, а также буйковых станциях. Комплекс приборов на буйковых станциях помогает непрерывно регистрировать параметры атмосферы и гидросферы в стационарной точке морского пространства. Использование нескольких таких станций позволяет нам изучить и проанализировать временную и пространственную изменчивость метеорологических параметров.

Основными метеорологическими параметрами являются: температура, давление и влажность, однако в нашем случае будут рассматриваться только температура поверхности моря, воздуха и атмосферное давление.

Временная изменчивость метеопараметров это – количественные изменения метеорологических параметров с течением времени. Оно позволяет проанализировать суточный, годовой, многолетний ход метеорологических параметров, которые в дальнейшем помогает составлять метеорологические карты, прогнозировать климатические изменения и решать другие глобальные задачи.

Пространственная изменчивость метеопараметров это – изменение метеорологических параметров в зависимости от местоположения. Помогает изучать масштабность явлений погоды, глобальное распределение температуры, давления, влажности и так далее, по всему земному шару.

Цель работы: проанализировать пространственную и временную изменчивость метеорологических параметров по данным буйковых станций.

Задачи для выполнения поставленной цели:

- 1) изучить принцип работы метеорологических буйковых станций;
- 2) ознакомиться с сайтом «Национального информационного буевого центра»;

- 3) отбор метеорологических буйковых станций с одинаковой дискретностью данных;
- 4) изучение приборной составляющей отобранных буйковых станций;
- 5) изучение климатических условий места установки;
- 6) сбор архива данных за три месяца 2022 года;
- 7) подготовка собранных данных для анализа временной и пространственной изменчивости;
- 8) анализ временной и пространственной изменчивости для выбранных метеорологических параметров.

Для оценки пространственной и временной изменчивости были выбраны три станции: Западный Вашингтон, Западный Орегон и Западная Калифорния.

1 Общая информация о буйковых станциях

В океане есть много неохваченный метеорологическими измерениями мест. Такая ситуация возникает потому, что

1. наземные станции не могут обеспечить репрезентативными данными огромную акваторию океана,
2. морские и научно-исследовательские суда не могут создать необходимую для точного и своевременного прогноза сетку, поскольку некоторые акватории посещают редко и нерегулярно (рис. 1.1).[1]

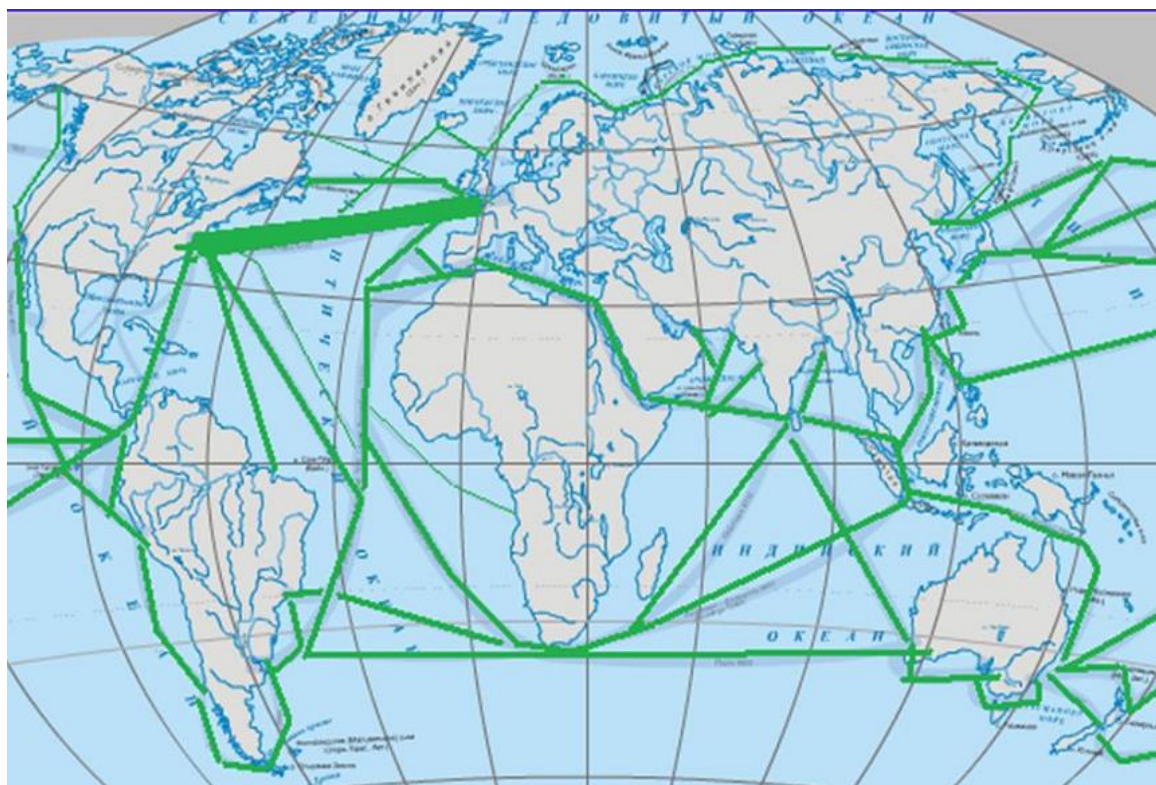


Рисунок 1.1 – Пути движения океанских судов

Для заполнения существующих пробелов в метеоинформации устанавливают буйковые метеорологические станции. Такие станции имеют

аналогичное устройство с другими видами автоматических метеорологических станций.

Буйковые станции, как и другие типы метеорологических станций, измеряют следующие параметры:

- 1) направление и скорость ветра;
- 2) температуру воздуха;
- 3) давление.

Но так как такие типы станций устанавливаются в водном пространстве, то они предназначены и для измерения более широкого списка характеристик, что обусловлено местом их расположения:

- 1) температура поверхности воды;
- 2) высота волны;
- 3) доминирующий период волны и др.

Метеорологические буи имеют достаточно разнообразную конфигурацию (рис. 1.2). Они имеют самый разный диаметр от 1,5 до 12 метров. Меньшие размеры располагаются на мелководье и закрепляются цепями, а большие, на более глубокой воде используют в свою очередь не только цепи, но и нейлон и плавучий пропилен. В большинстве случаев буи имеют желтый окрас для видимости их как с земли, так и с морских судов.

Есть несколько видов буйев: заякоренные и дрейфующие. Дрейфующие, в свою очередь, устанавливаются в открытом водном пространстве.

Дискусные буи имеют круглую форму и диаметр от 10 до 12 метров. Он представляет собой очень прочную металлическую конструкцию и имеют очень большое время эксплуатации. Срок жизни такой буйковой станции может составлять больше 20 лет, если не было нарушено их техническое обслуживание.

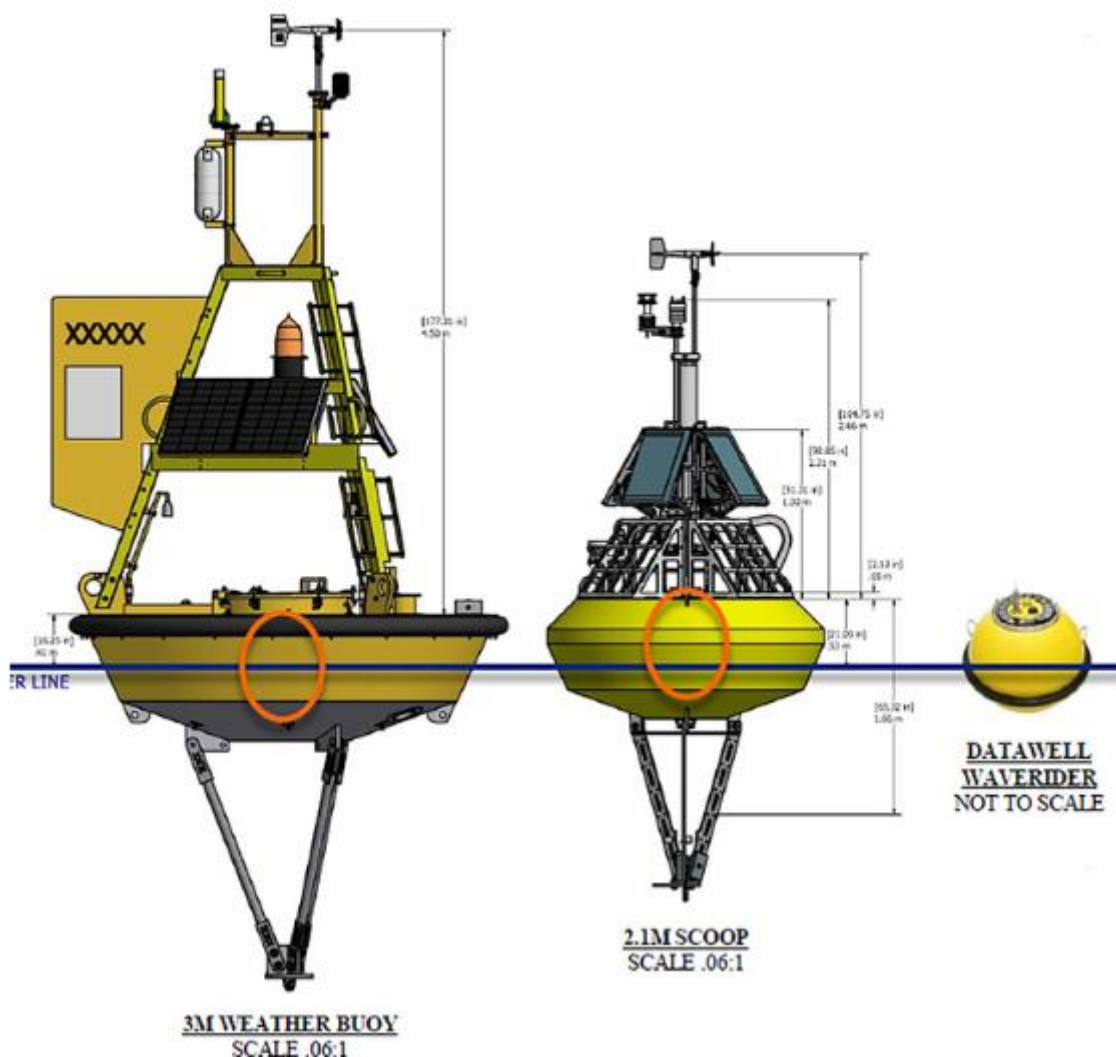


Рисунок 1.2 – Типы буйковых станций

Примером будет служить буй NOMAD – заякоренный буй для мониторинга окружающей среды, который в свою очередь предназначен для развертывания в экстремальных погодных условиях. Они испытывают и выдерживают даже в зимних условиях большие высоты волн, которые могут достигать 20 метров.

Дрейфующие буи размерами меньше, чем их аналоги. Диаметр составляет от 30 до 40 сантиметров. Воспроизведены из пластика или стекловолокна. Окраска бывает целиковая (одним цветом), либо двухцветная,

в основном используют черный или синий цвет. Такие виды измеряют меньшее количество метеорологических характеристик. [4]

Разновидности эксплуатируемых метеорологических буйев разных модификаций показаны на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Буйковые станции разных модификаций

2 Национальный информационный буйевой центр

Для написания дипломной работы потребовались метеорологические данные с буйковых станций, поэтому я пользовалась сайтом (рис. 2.1) «Национального информационного буйевого центра». [2]

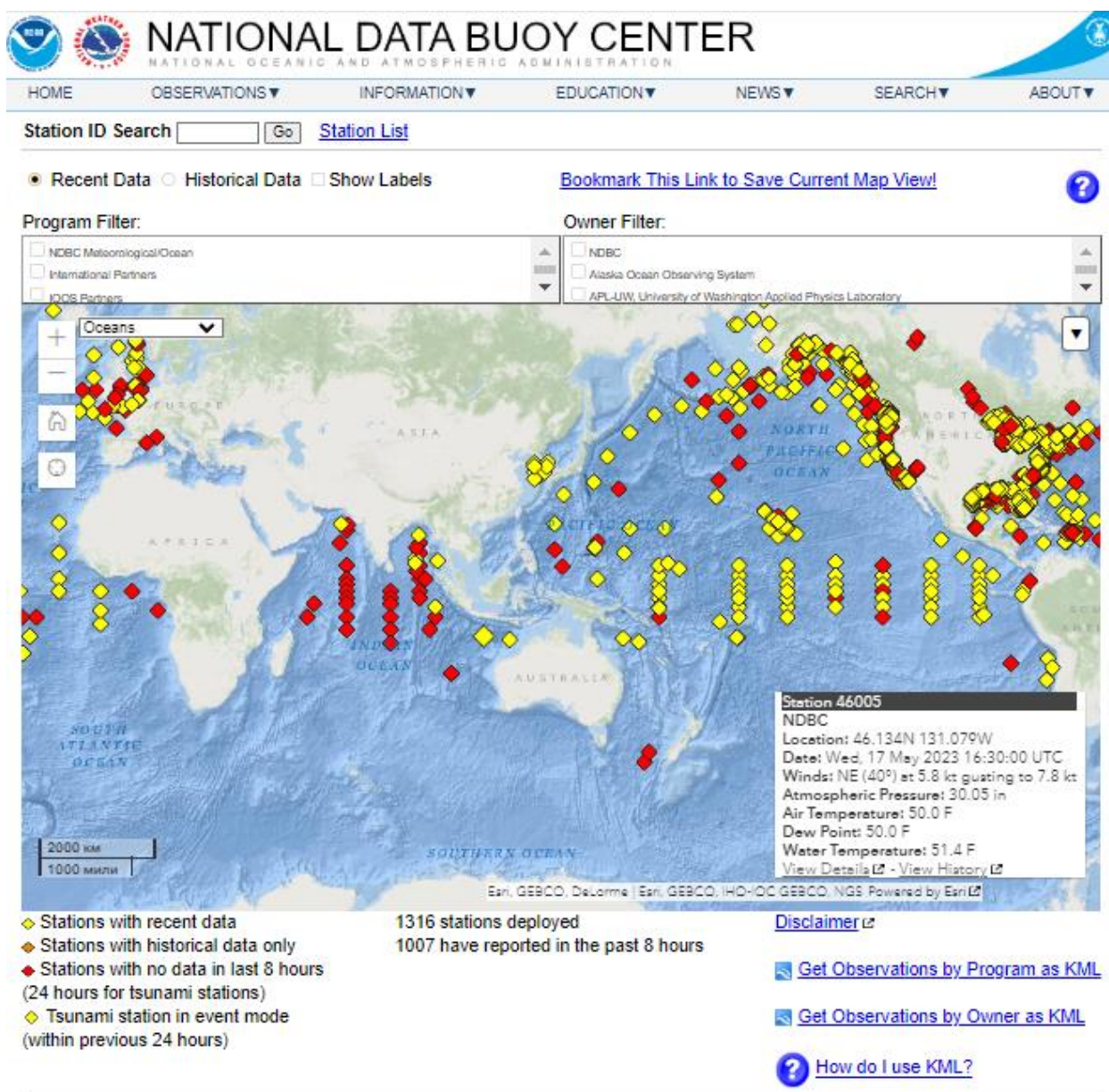





Рисунок 2.1– Сайт Национального Информационного буйевого центра

На данном сайте есть множество информации для ознакомления и так же нужной нам – с метеорологическими данными для анализа.

В разделе «Главная» нашему вниманию предоставляется географическая карта мира на которой располагаются буйковые станции, которые могут быть, как пришвартованные, так и находящиеся в океанах. Обозначения станций на карте:

- 1) Ярко желтым ромбом  - обозначаются станции с последними передающими данными;
- 2) Оранжевым ромбом  – обозначаются станции только с историческими данными;
- 3) Красным ромбом  - обозначают станции, на которых не было данных за последние 8 часов.

Так же, иногда, есть станции с желтым моргающим ромбиком, которые обозначают цунами в реальном времени.

В разделе «Наблюдения» мы можем найти:

- 1) камеры наблюдений, которые могут располагаться на некоторых видах буйковых станций;
- 2) поиск информации по историческим данным;
- 3) отчеты служб наблюдения за суднами;
- 4) поиск морских наблюдений вблизи определенной точки;
- 5) карта, на которой находятся все станции. Так же их можно фильтровать программой или же самостоятельно, по определенным характеристикам, которые нужны именно нам.

В разделе «Информация» мы можем найти данные:

- 1) информацию о разных программах, таких как TAO, DART, IOOS;
- 2) информацию о судах добровольного наблюдения;
- 3) фильтр информации по номерам буюв;
- 4) график технического обслуживания;
- 5) статусы станций.

На сайте так же можно найти разделы для общего интереса: «Образование», «Новости», «Поиск по сайту», «О нас» – там можно ознакомиться о видении, миссии и с самой организацией в целом, и то, как связаться с разработчиками в реальном времени.

2.1 Поиск данных по буйковым станциям

Для того, чтобы получить какую-либо информацию по любой буйковой станции, нам нужно навести на нее мышкой и щелкнуть один раз. После чего открывается информационное окно. В пример покажем нашу первую станцию – Восточный Вашингтон (рис. 2.2). [2]

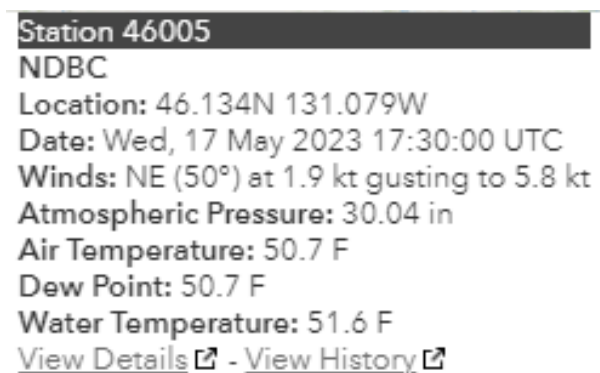


Рисунок 2.2 – Информационное окно по станции Восточный Вашингтон

Оно передает информацию:

- 1) местоположение – широта и долгота;
- 2) дату и время передаваемой информации;
- 3) данные о ветре – какой ветер, с порывами или без, сколько узлов;
- 4) атмосферное давление;
- 5) температура воздуха;
- 6) точка росы;
- 7) температура воды.

На данной буйковой станции есть информация о данных измеряемых в реальном времени и архивных данных за определенные промежутки времени.

Там же можно найти информацию, связанную с приборной составляющей того или иного буйка и с общей их характеристикой.

2.2 Описание места установки станций

Для проведения корректного анализа необходимо было выбрать станции соответствующие заданным критериям. Мною была проделана работа по поиску станций по следующим параметрам:

- 1) станции находятся рядом;
- 2) измерение метеорологических характеристик не отличается дискретностью, т.е. станции должны были измерять температуру, давление и т.д. через равные промежутки времени;
- 3) наличие измеренных данных одинаковых метеорологических характеристик;
- 4) наличие данных за большой промежуток времени (1 год).

Все отобранные для работы станции расположены на одной линии (рис. 2.3) и практически на одинаковом расстоянии от берега:

- первая станция – Западный Вашингтон – 300 км к западу от Абердина, Вашингтон (номер станции 46005).
- вторая станция – Западный Орегон – 275 миль к западу от Кус-Бей (номер станции 46002).
- третья станция – Западная Калифорния – 375 миль к западу от Сан-Франциско, Калифорния (номер станции 46059).

Все эти станции находятся в северной части Тихого океана. Через них проходит холодное поверхностное Калифорнийское течение (рис. 2.4). [3] Оно движется с севера на юго-восток вдоль Калифорнии и переходит в Северное Пассатное течение. Примерная его скорость составляет 1-2 км/ч, ширина

самого течения 550-650 км, а средняя температура воды варьируется от 15 до 26 градусов по Цельсию. [3]

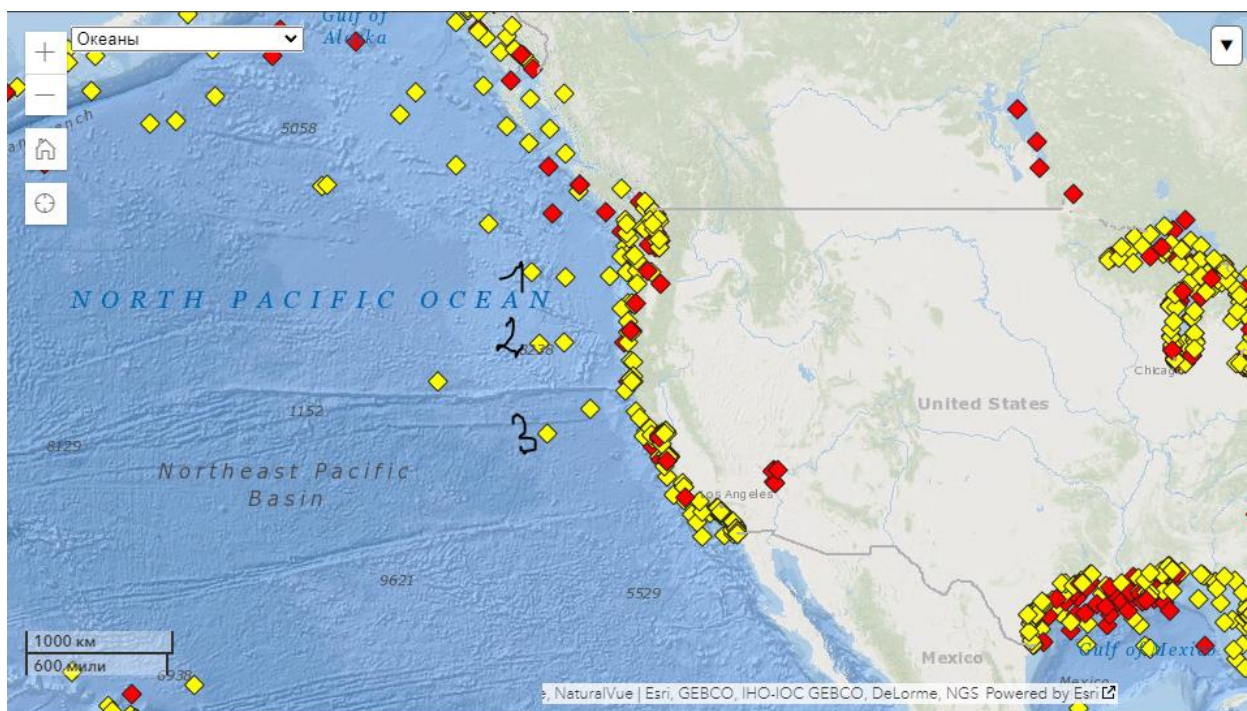


Рисунок 2.3 – Расположение станций

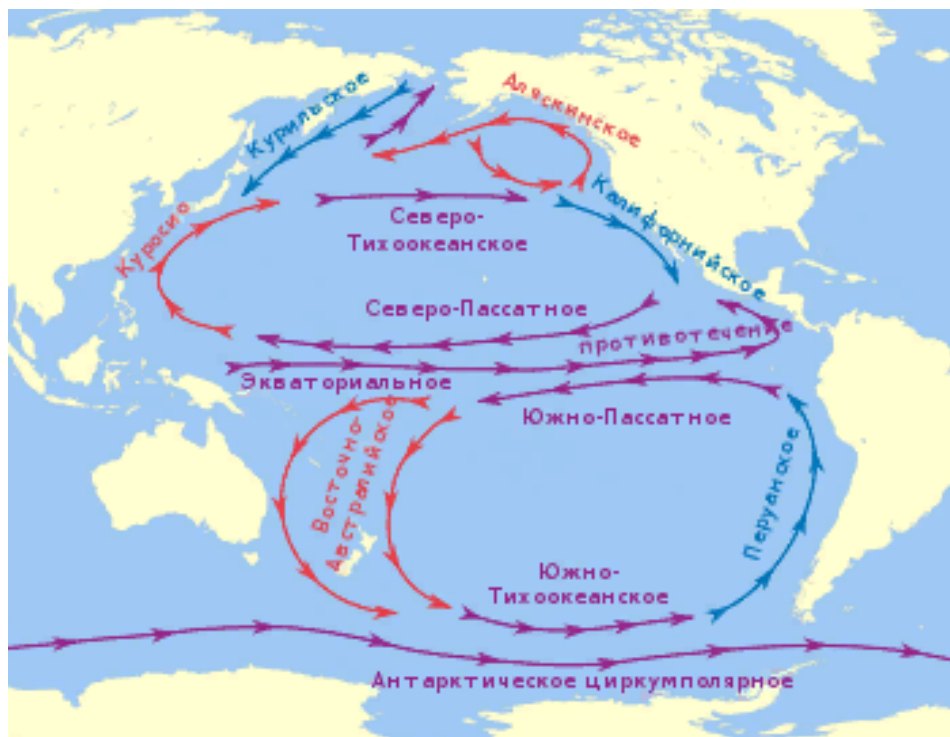


Рисунок 2.4 – Схема течений

Станции Западный Вашингтон и Западный Орегон находятся в субтропическом поясе, климатическими особенностями данного региона будут являться – мягкая, теплая зима и жаркое сухое лето. Станция же Западная Калифорния – находится в тропическом поясе, где климатические условия обуславливаются небольшими сезонными колебаниями температуры и жаркими сухими воздушными массами.

Рассмотрим наши три станции по приборным составляющим.

2.3 Приборная составляющая буйковых станций

Первая станция – Западный Вашингтон – 300 км к западу от Абердина, Вашингтон (номер станции 46005). Принадлежит она и обслуживается Национальным центром буюв.

Является 3-х метровым пенопластовым буюм (рис. 2.5) [2] с уплотнительным каркасом. Местоположение его 46,134 градусов северной широты и 131,079 градусов западной долготы. На данной станции присутствуют приборы для измерения влажности, температуры воздуха и температуры поверхности воды.

Высота, расположенного анемометра – 4,1 метра над уровнем площадки, высота барометра – 2,7 метра над средним уровнем моря, глубина воды под данной станцией составляет 2852 метра. Радиус наблюдения буйка – 2938 ярда, примерно 2686 метров.

Так же станция оснащена морскими аккумуляторами, которые в свою очередь питаются от солнечных батарей.

На буйке номер 46005 расположена камера фото фиксации, которая делает снимки ежечасно в дневное время суток. Это позволяет визуально оценивать обстановку и удаленно наблюдать за явлениями погоды (рис. 2.6).

[2]



Рисунок 2.5 – Фотография буйковой станции Западный Вашингтон



Рисунок 2.6 –Пример серии снимков с нашей буйковой станции

Вторая станция – Западный Орегон – 275 миль к западу от Кус-Бей (номер станции 46002). Представлена 3-х метровым дисковым буюм с черпаком (рис. 2.7). [2] Местоположение: 42,662 градуса северной широты и 130,507 западной долготы.



Рисунок 2.7 – Фотография буйковой станции Западный Орегон

Температура воздуха измеряется на высоте 3,4 метра над уровнем моря. Анемометр, для измерения скорости ветра расположен на высоте 3,8 метра над уровнем площадки, барометр же, на высоте 2,4 над средним уровнем моря.

Глубина воды под станцией составляет 3478 метра. Радиус наблюдения станции – 3586 ярда, это примерно 3279 метров. Для питания станции присутствуют солнечные батареи.

Видеокамера на буйе «Западный Орегон» срабатывает шесть раз за сутки (рис. 2.8) [2], позволяя наблюдать за изменением явлений погоды в радиусе видимости буйа.



Рисунок 2.8 – Фотография с буйковой станции Западный Орегон

Третья станция – Западная Калифорния – 375 миль к западу от Сан-Франциско, Калифорния (номер станции 46059).

Как и первая станция, является 3-х метровым пенопластовым буйем с черпаком с полезной нагрузкой. Расположена на 30,069 градусов северной широты и 129,976 градусов западной долготы.

Буй оснащен приборами для измерения температуры, влажности, скорости и направления ветра, температуры поверхности воды. Анемометр на данном буйке находится на высоте 3,7 метра над уровнем площадки, барометр – 3,7 над средним уровнем моря. Глубина воды в месте установки третьей станции намного больше, чем у остальных – 4640 метра. Радиус круга наблюдения тоже большой 4777 ярдов, это приблизительно 4368 метров. Для питания станции она оснащена солнечными батареями.

Как и все предыдущие станции, буй «Западная Калифорния» оснащен видеокамерой для визуализации состояния окружающего буй пространства (рис. 2.9). [2]



Рисунок 2.9 – Фотография со станции Западная Калифорния

3 Анализ временной и пространственной изменчивости метеопараметров

Для выполнения работы мне нужно было найти три буйковые станции с метеорологическими данными и получить с них данные по температуре воздуха, температуре поверхности моря и давлению. Все данные были сформированы в программе Excel и расположены следующим образом: данные с каждой станции на отдельных листах, каждая характеристика на отдельной вкладке и лист с разницей по всем трем буйкам.

Таблица 3.1

Архив с данными для дальнейшей работы

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	#YY	MM	DD	hh	mm	WDIR	WSPD	GST	WVHT	DPD	APD	MWD	PRES	ATMP	WTMP	DEWP	VIS	TIDE
2	#yr	mo	dy	hr	mn	degT	m/s	m/s	m	sec	sec	degT	hPa	degC	degC	degC	mi	ft
3	2022	01	01	00	00	171	2,9	4,2	99	99	99	999	1018,1	7,4	8,8	6,6	99	99
4	2022	01	01	00	10	172	2,9	4,7	99	99	99	999	1018,2	7,5	8,9	6,8	99	99
5	2022	01	01	00	20	182	2,6	4,1	99	99	99	999	1018,3	7,5	8,9	6,8	99	99
6	2022	01	01	00	30	251	2	4,3	99	99	99	999	1018,3	7,6	8,8	6,9	99	99
7	2022	01	01	00	40	282	2	4,3	99	99	99	999	1018,3	7,7	8,8	7	99	99
8	2022	01	01	00	50	285	2,8	4,5	99	99	99	999	1018,3	7,8	8,8	7	99	99
9	2022	01	01	01	00	294	2,9	4,5	99	99	99	999	1018,3	7,9	8,8	7,1	99	99
10	2022	01	01	01	10	291	3,2	5	99	99	99	999	1018,4	7,9	8,8	7,1	99	99
11	2022	01	01	01	20	291	3,9	5,2	99	99	99	999	1018,4	8	8,8	7,1	99	99
12	2022	01	01	01	30	293	4,4	6,6	99	99	99	999	1018,4	8	8,8	7	99	99
13	2022	01	01	01	40	283	4	5,8	99	99	99	999	1018,5	7,9	8,8	6,9	99	99
14	2022	01	01	01	50	281	4,2	5,7	99	99	99	999	1018,5	8	8,8	6,9	99	99
15	2022	01	01	02	00	280	4,4	5,9	99	99	99	999	1018,6	8	8,8	6,8	99	99
16	2022	01	01	02	10	280	4,7	6,3	99	99	99	999	1018,7	8,1	8,8	6,8	99	99
17	2022	01	01	02	20	293	4	5,6	99	99	99	999	1018,6	8	8,8	6,8	99	99
18	2022	01	01	02	30	281	4	5,3	99	99	99	999	1018,5	8	8,8	7	99	99
19	2022	01	01	02	40	274	3,6	4,9	99	99	99	999	1018,4	7,9	8,8	6,9	99	99
20	2022	01	01	02	50	263	3,3	4,8	99	99	99	999	1018,5	8	8,8	7	99	99
21	2022	01	01	03	00	262	3,2	4,5	99	99	99	999	1018,4	7,9	8,8	7	99	99
22	2022	01	01	03	10	257	3,2	4,2	99	99	99	999	1018,4	7,9	8,8	7	99	99
23	2022	01	01	03	20	264	3,4	4,7	99	99	99	999	1018,4	7,9	8,8	7	99	99

Для выполнения практической работы и дальнейшего его анализа были выбраны данные за 2022 год и три месяца Январь, Февраль и Март.

Данные на станции измерялись с дискретностью десять минут. С каждого буйка получено 12949 измерений. В сумме с трех – 38847 значений.

3.1 Анализ температуры воздуха

На рисунке 3.1 показан график изменения температуры воздуха по трем станциям за три месяца: январь, февраль, март. Ход температуры за три месяца на всех станциях симметричен со смещением в среднем на два градуса между Вашингтоном и Орегоном, между Орегоном и Калифорнией.

Станция Западная Калифорния на протяжении всего времени является преобладающей по температуре воздуха, достигая максимальной – $+14,7^{\circ}\text{C}$. Обусловлено это тем, что местоположение ее южнее остальных. Соответственно, станция Западный Вашингтон отличается самыми маленькими температурами на протяжении всего периода.

Стабильно два раза в месяц наблюдается низкая температура, которая опускается до $+4^{\circ}\text{C}$.

На станции Западный Орегон, температура варьируется от минимальной $+6,2^{\circ}\text{C}$ до максимальной $+12,7^{\circ}\text{C}$, что приблизительно равно средней температуре этого региона.

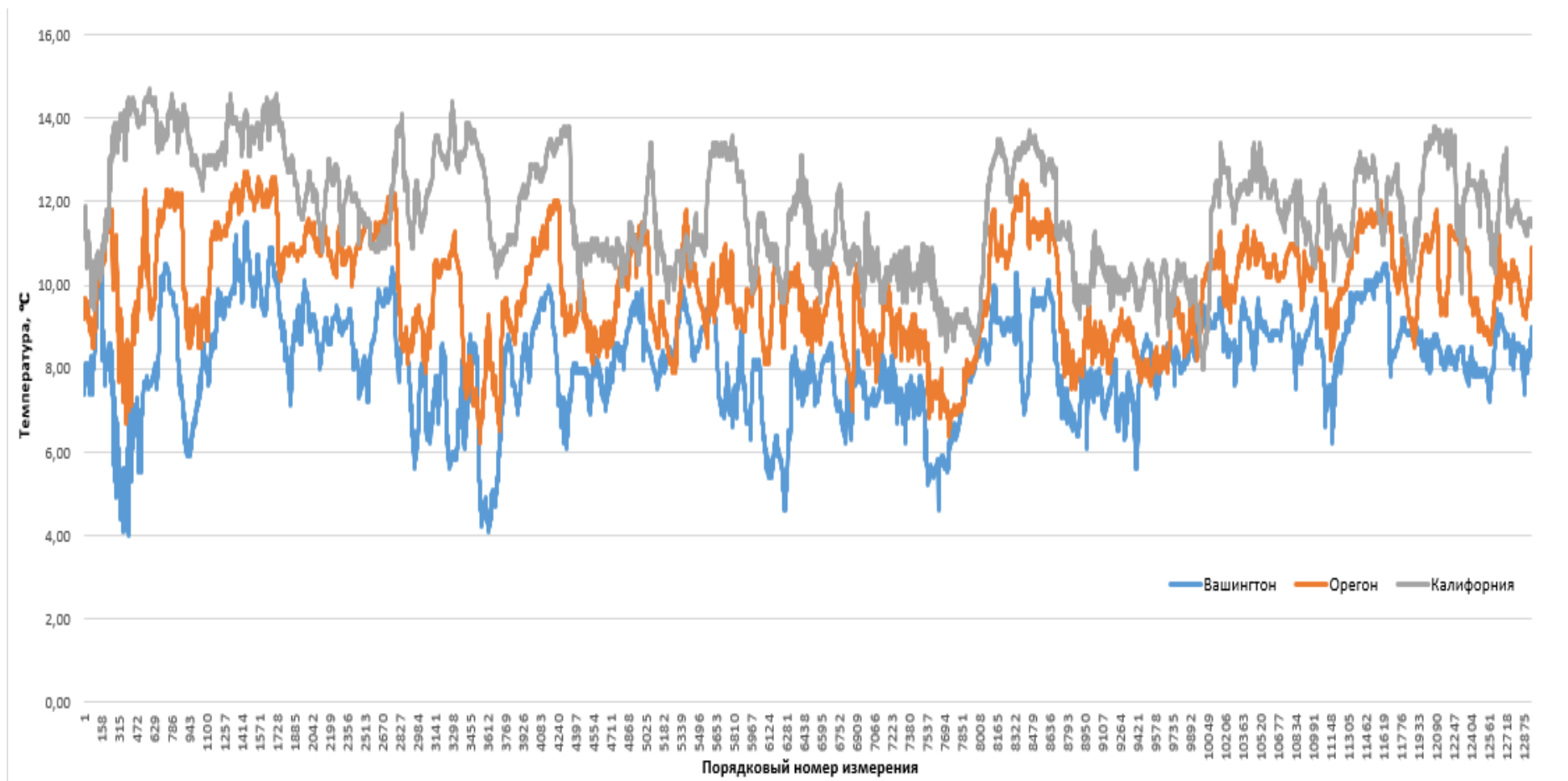


Рисунок 3.1 – График изменения температуры воздуха

Согласно рассчитанным характеристикам параметров (табл. 3.2) Минимальное значение температуры воздуха было зарегистрировано на станции Вашингтон и составило – 4°C, максимальное же значение температуры было на станции Калифорния – 14,7°C. Наиболее высокая минимальная температура на станции Калифорния (8°C). По мере удаления станции от экватора минимальные температуры постепенно убывают от третьей до первой станции, так же как и максимальные.

Таблица 3.2

Статистические данные по температуре воздуха

Вашингтон (1 станция)		Орегон (2 станция)		Калифорния (3 станция)	
Среднее	7,8471	Среднее	9,8867	Среднее	11,7853
Стандартная ошибка	0,0406	Стандартная ошибка	0,0113	Стандартная ошибка	0,0121
Медиана	7,8	Медиана	9,9	Медиана	11,8
Мода	7,7	Мода	10,4	Мода	10,9
Стандартное отклонение	1,4348	Стандартное отклонение	1,2904	Стандартное отклонение	1,3745
Дисперсия выборки	2,0585	Дисперсия выборки	1,6651	Дисперсия выборки	1,8892
Эксцесс	-0,4474	Эксцесс	-0,6846	Эксцесс	-0,8637
Асимметричность	-0,0803	Асимметричность	-0,1486	Асимметричность	-0,0809
Интервал	6,5	Интервал	6,5	Интервал	6,7
Минимум	4	Минимум	6,2	Минимум	8
Максимум	10,5	Максимум	12,7	Максимум	14,7
Сумма	9801	Сумма	128022,4	Сумма	152608,3
Счет	12949	Счет	12949	Счет	12949

По данным таблицы мы можем сказать:

- 1) мода (наиболее часто встречаемое значение в ряду) возрастает от 1-й станции к 3-й, это связано это с повышением средних температур на данных станциях в том же порядке;
- 2) стандартное отклонение на всех станциях небольшое, что свидетельствует о небольшом разбросе данных относительно средней температуры. Данный факт может означать одинаковый суточный ход на всех трёх станциях;

- 3) эксцесс на всех трех станциях меньше нуля, что свидетельствует о том, что во всех рядах ЭФР (эмпирическая функция распределения) является плосковершинной и распределение значений стремится к случайному;
- 4) на всех трех станциях наибольшее количество значений температуры меньше среднего (отрицательная асимметрия);
- 5) разброс температур на первой и второй станциях одинаковый ($6,5^{\circ}\text{C}$), а на станции Калифорния на $0,2^{\circ}\text{C}$ выше.

На основании расчета, можно утверждать, что температурный ряд на всех станциях имеет схожие статистические характеристики. Это свидетельствует об одинаковом ходе температуры.

Но есть в данных и отличия.

Выше было сказано про изменение минимальных и максимальных значений температуры на станциях по мере их удаления от экватора. Средние значения также ступенчато увеличивается с севера на юг. Такие различия в данных обусловлены и возрастанием суточного хода с севера на юг. Но так как различия по эксцессу не превышают единицу, то и суточный ход не значительно возрастает от станции к станции.

Рассмотрим наличие связи между данными по температуре на всех трех станциях (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Корреляция по температуре воздуха

Корреляция по температуре			
	<i>Вашингтон</i>	<i>Орегон</i>	<i>Калифорния</i>
<i>Вашингтон</i>	1		
<i>Орегон</i>	0,7	1	
<i>Калифорния</i>	0,2	0,6	1

Корреляционная связь между первой и второй станциями, а также между второй и третьей – имеет среднюю значимость. Корреляционная связь между

первой и третьей станцией не имеет значимости. Это обусловлено расстоянием между буйками 1 и 3, которое составляет порядка 1000 километров.

3.2 Анализ температуры поверхности моря

На рисунке 3.2 представлено изменение температуры поверхности воды по нашим трем станциям: Западный Вашингтон, Орегон и Калифорния.

На буйковой станции Западная Калифорния температурные значения намного выше, чем на остальных двух станциях и изменяется в больших пределах. Наименьшие колебания температуры воды видны на первой станции. Это может обуславливаться тем, что она находится в более холодном климате, а третья – в более теплом, тропическом поясе. И с движением с севера на юг, как располагаются наши станции, температура будет повышаться, как и ее флуктуации.

На станции Западная Калифорния в середине февраля температура воды была самая максимальная и составила $+14,6^{\circ}\text{C}$, которая поддерживалась на протяжении нескольких дней, этому поспособствовала температура воздуха, которая за пару дней прогрела поверхность до такого состояния. В соответствии с тем, что водная поверхность остывает гораздо медленнее, чем меняется температура воздуха, мы получили такую разницу.

Так же можем заметить и резкий спад температуры на всех трех станциях. На это повлияла как температура воздуха, так и облачная погода, которая в свою очередь не пропускала солнечные лучи, для прогрева поверхности океана.

Буйковая станция Западный Вашингтон была более менее стабильна в этом плане. Самые низкие температуры были зафиксированы на ней и составляли всего $+8,2^{\circ}\text{C}$ и поднималась всего до $+9,3^{\circ}\text{C}$, что было даже меньше, чем на станции Западный Орегон.

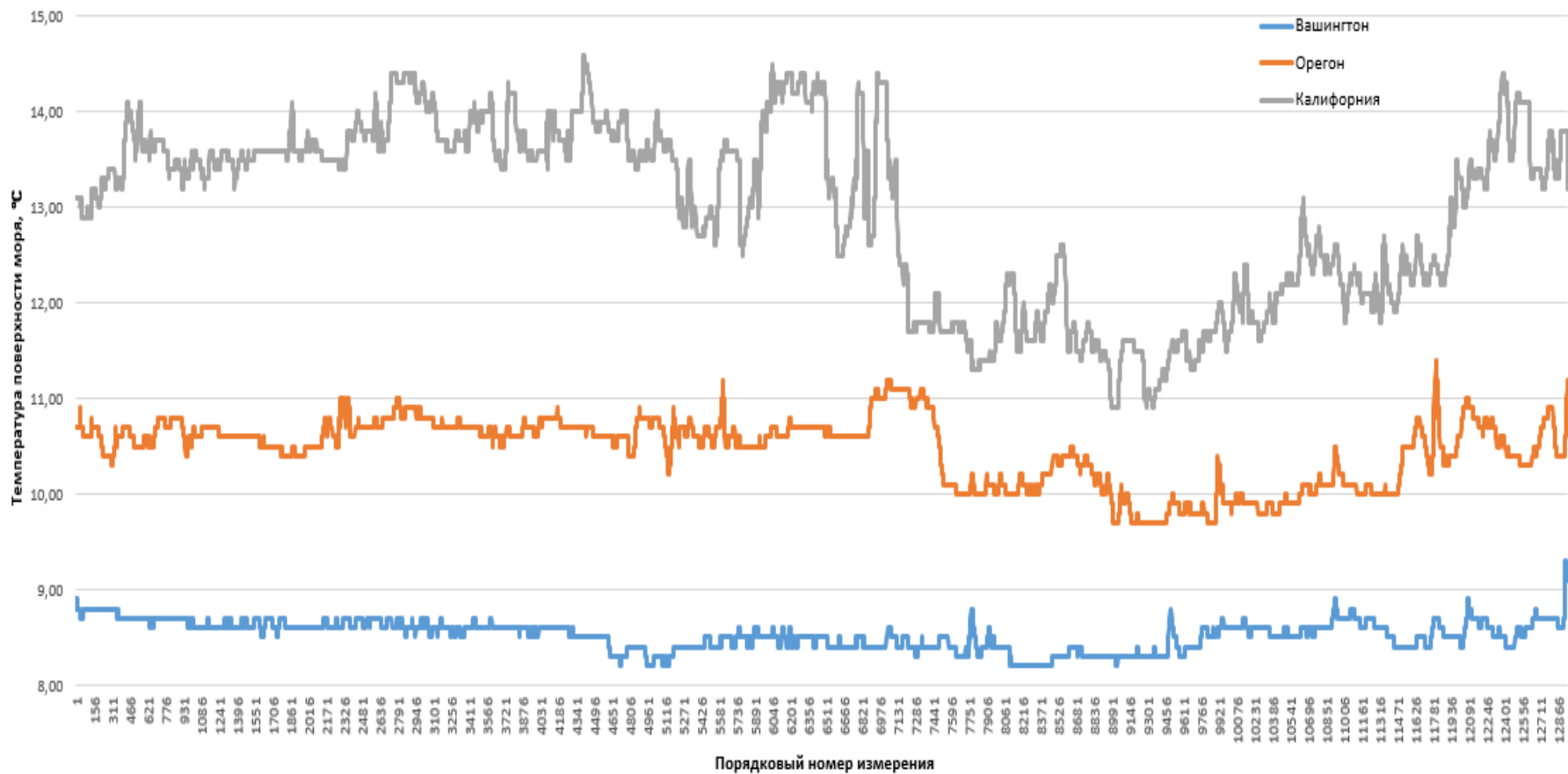


Рисунок 3.2 – График изменения температуры поверхности моря

Западный Орегон, с свою очередь, так же значительно не отличался по температуре поверхности среди двух остальных. Во второй половине февраля там была зафиксирована самая высокая температура за весь промежуток времени $+11,7^{\circ}\text{C}$, которая продержалась на протяжении нескольких дней.

По статистическим данным из таблицы 3.4 мы можем сказать:

- 1) минимальное значение температуры поверхности воды наблюдалось на станции Западный Вашингтон и составило $-8,2^{\circ}\text{C}$, максимальное же составило $14,6^{\circ}\text{C}$ на станции Западная Калифорния;
- 2) мода возрастает от станции к станции, что может означать повышение средних температур в таком же порядке;
- 3) стандартное отклонение не превышает единицы на всех трех станциях, это значит, что температурный ряд обладает слабой изменчивостью с течением времени. Фактором послужил большой суточный ход температуры в тропическом климате;

Таблица 3.4

Статистические данные по температуре поверхности моря

Вашингтон (1 станция)		Орегон (2 станция)		Калифорния (3 станция)	
Среднее	8,5229	Среднее	10,4583	Среднее	12,9791
Стандартная ошибка	0,00132	Стандартная ошибка	0,00307	Стандартная ошибка	0,00830
Медиана	8,5	Медиана	10,6	Медиана	13,4
Мода	8,6	Мода	10,7	Мода	13,6
Стандартное отклонение	0,1507	Стандартное отклонение	0,3496	Стандартное отклонение	0,9450
Дисперсия выборки	0,0227	Дисперсия выборки	0,1223	Дисперсия выборки	0,8930
Эксцесс	-0,0346	Эксцесс	-0,6174	Эксцесс	-1,1517
Асимметричность	-0,0974	Асимметричность	-0,5286	Асимметричность	-0,4073
Интервал	1,1	Интервал	1,7	Интервал	3,7
Минимум	8,2	Минимум	9,7	Минимум	10,9
Максимум	9,3	Максимум	11,4	Максимум	14,6
Сумма	110363	Сумма	135424,6	Сумма	168067
Счет	12949	Счет	12949	Счет	12949

- 4) Так как на всех трех станциях эксцесс имеет отрицательное значение, то это значит, что ЭФР (эмпирическая функция распределения) является плосковершинной. Обусловлено это тем, что большинство значений температуры поверхности воды приближено к среднему.

Интервал изменения температуры поверхности океана на станции Вашингтон за трехмесячный период составил всего $1,1^{\circ}\text{C}$, на станции Калифорния – $3,7^{\circ}\text{C}$.

Для температуры океана корреляционная связь (табл. 3.5) между первым и вторым, а также между первым и третьим буюм – практически не значима. Это обусловлено большим расстоянием между ними – порядка 1000 километров. Кроме того, на месте установки первого буя температура океана менее подвержена колебаниям (холодный период). А связь между вторым и третьим – имеет среднюю значимость, что показывает наличие слабой зависимости между данными.

Таблица 3.5

Корреляционная связь температуры поверхности моря

<i>Корреляция (Температура поверхности моря)</i>			
	Вашингтон	Орегон	Калифорния
Вашингтон	1		
Орегон	0,3	1	
Калифорния	0,4	0,7	1

3.3 Анализ атмосферного давления

На рисунке 3.3 представлен график изменения атмосферного давления среди трех буйковых станций.

В общих чертах, ход давления на всех трех станциях оказался примерно одинаковый, что говорит о схожести атмосферной циркуляции, за исключением некоторых моментов.

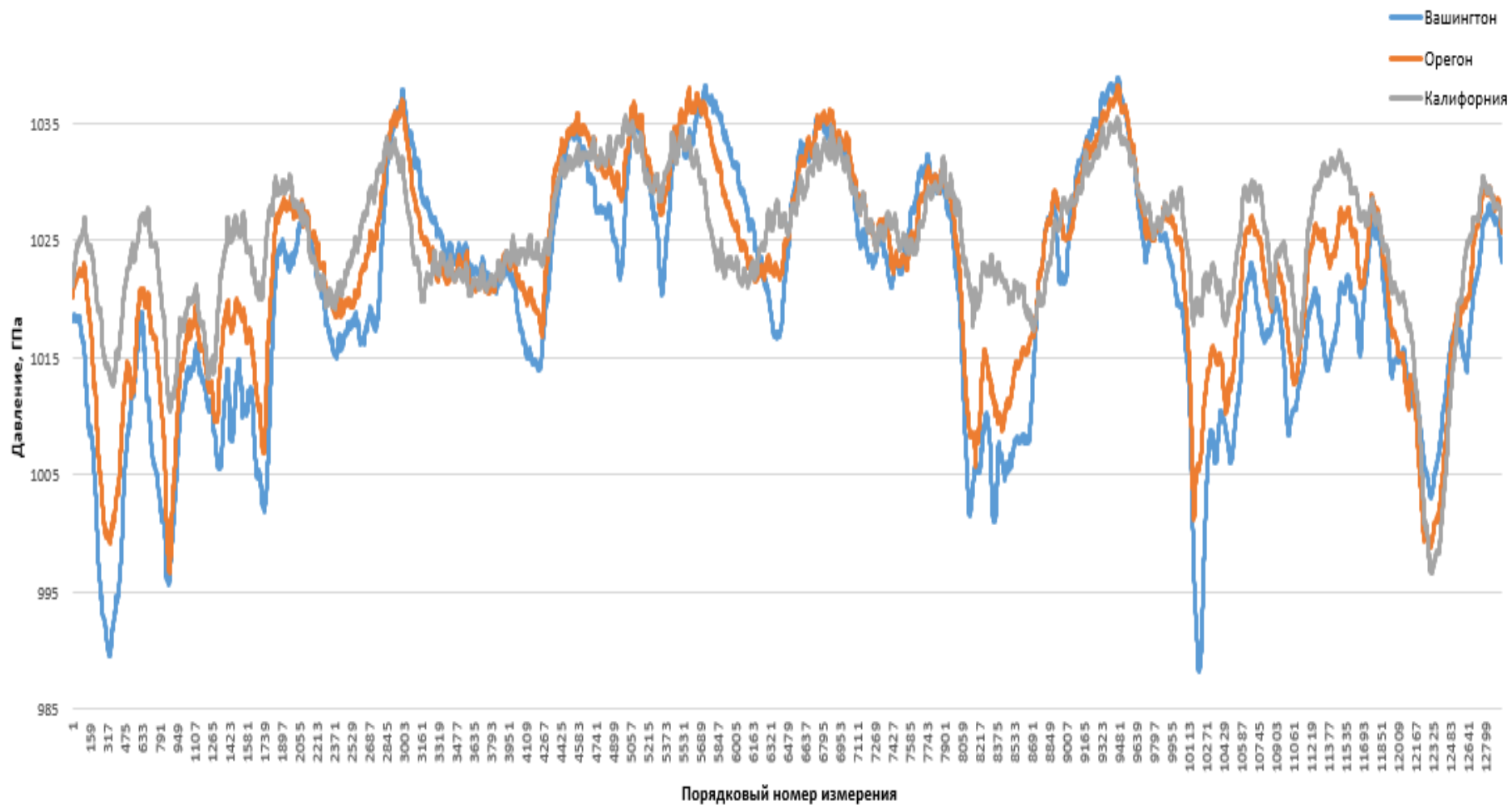


Рисунок 3.3 – График атмосферного давления трех буйковых станций

Минимальное давление было на станции Западный Вашингтон и составило 988,2 гПа и максимальное оказалось на этом же буйке в первых числах марта и составило 1038,9 гПа. Так же можно отметить несколько резких спадов давления на станции Западный Вашингтон и Западный Орегон в начале января, в конце февраля. Так же в начале и конце марта к ним добавилась станция Западная Калифорния. Это могло обуславливаться нахождением буйков в зоне с мощной циклонической активностью.

Из таблицы 3.6 по статистическим данным атмосферного давления мы можем сказать:

- 1) Максимальное давление наблюдалось на станции Западный Вашингтон и составило 1038,9 гПа, минимальное же давление присутствовало на этой же станции и составило 988,2 гПа;

Таблица 3.6

Статистические данные по атмосферному давлению

Западный Вашингтон (1 станция)		Орегон (2 станция)		Калифорния (3 станция)	
Среднее	1020,5571	Среднее	1023,0478	Среднее	1025,0959
Стандартная ошибка	0,0901162	Стандартная ошибка	0,0747579	Стандартная ошибка	0,0535904
Медиана	1021,9	Медиана	1023,8	Медиана	1025,5
Мода	1017,1	Мода	1022,9	Мода	1029,4
Стандартное отклонение	10,254658	Стандартное отклонение	8,5069815	Стандартное отклонение	6,09825
Дисперсия выборки	105,158	Дисперсия выборки	72,368734	Дисперсия выборки	37,188653
Эксцесс	-0,118593	Эксцесс	0,1006338	Эксцесс	3,6779934
Асимметричность	-0,510048	Асимметричность	-0,617443	Асимметричность	-1,320026
Интервал	50,7	Интервал	41,6	Интервал	39,1
Минимум	988,2	Минимум	996,6	Минимум	996,6
Максимум	1038,9	Максимум	1038,2	Максимум	1035,7
Сумма	13215194	Сумма	13247445	Сумма	13273967
Счет	12949	Счет	12949	Счет	12949

- 2) по значениям моды, мы можем сказать, что наше давление повышается с расположением станций с севера на юг;
- 3) стандартное отклонение по давлению ярко выражено на фоне графиков температуры воздуха и температуры поверхности моря и составляет 10,3

для станции Западный Вашингтон, 8,5 для станции Западный Орегон и 6,1 для станции Западная Калифорния соответственно. Это связано с большей амплитудой колебания;

- 4) эксцесс на станциях Западный Вашингтон и Западный Орегон значительно не отличаются друг от друга и имеют плосковершинную ЭФР (эмпирическую функцию распределения), но значительно от них отличается станция Западная Калифорния, это связано с более ровным ходом давления так как она была менее подвержена влиянию циклонической активности.

Корреляционная связь (табл. 3.7) между станциями Западный Вашингтон и Западный Орегон, а также Западным Орегоном и Западной Калифорнией весьма высокая. А между станциями Западный Вашингтон и Западная Калифорния эта связь имеет среднюю значимость.

Таблица 3.7

Корреляционная связь по атмосферному давлению

<i>Корреляция по давлению</i>			
	Вашингтон	Орегон	Калифорния
Вашингтон	1		
Орегон	0,9	1	
Калифорния	0,7	0,9	1

4 Анализ разницы между станциями. Выявление пространственной изменчивости.

Для рассмотрения распределения наших метеопараметров в пространстве была посчитана разность, по которой были построены графики. Сделано это было по основным характеристикам: температура воздуха, давление и температура поверхности моря.

4.1 Пространственная изменчивость температуры воздуха

Рассмотрим разность температуры воздуха между станциями Западный Вашингтон и Западный Орегон (рис. 4.1). Значения разности находятся в диапазоне от 0°C до 6°C и являются преимущественно отрицательными. Это означает, что в одинаковый момент времени температура на станции Западный Орегон была выше, чем на станции Западный Вашингтон. Среднее значение разности составило $-1,73^{\circ}\text{C}$. Расстояние между станциями составляет 1100 километров. Это означает, что средний горизонтальный градиент температуры $1,6^{\circ}\text{C}$ на 1000 км.

Рассмотрим разность температуры между станциями Западный Орегон и Западная Калифорния. Значения разности находятся в диапазоне от 0°C до 7°C и являются преимущественно отрицательными. Это означает, что в одинаковый момент времени температура на станции Западная Калифорния была выше, чем на станции Западный Орегон. Среднее значение разности между ними составило $-1,9^{\circ}\text{C}$. Расстояние между станциями составляет 1400 километров. Это означает, что температура линейно уменьшается со средним градиентом $1,4^{\circ}\text{C}$ на 1000 км.

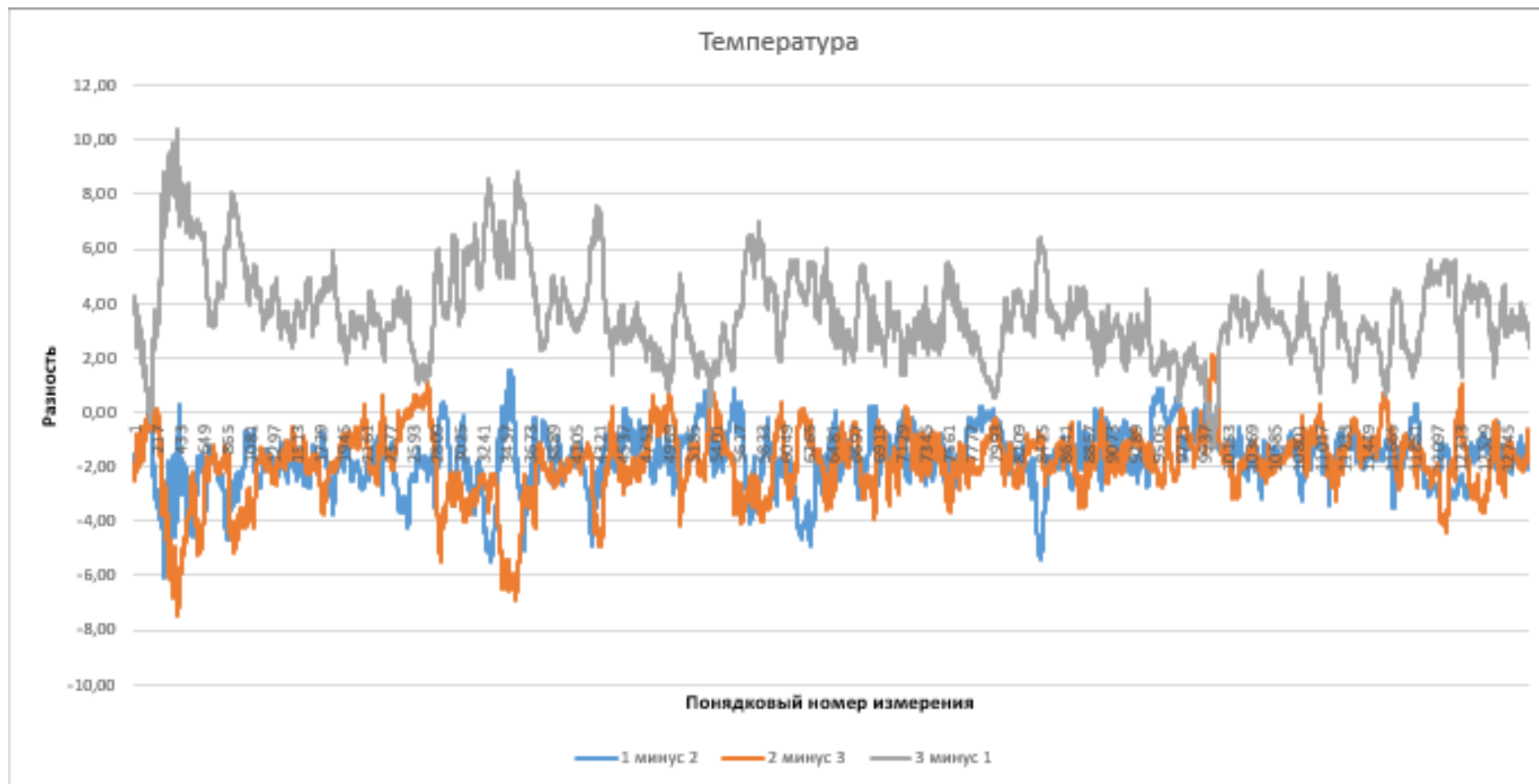


Рисунок 4.1 – График разности по температуре воздуха среди трех станций

Рассмотрим разность температуры между станциями Западная Калифорния и Западный Вашингтон. Значения разности находятся в диапазоне от 0°C до 10°C и являются преимущественно положительными. Это означает, что в одинаковый момент времени температура на станции Западная Калифорния была гораздо больше, чем на станции Западный Вашингтон. Среднее значение разности составило $3,63^{\circ}\text{C}$. Расстояние между этими станциями составляет 2500 километров. Это означает, что средний горизонтальный градиент температуры составил $1,5^{\circ}\text{C}$.

Вывод: Температура линейно возрастала от станции к станции со средним температурным градиентом $1,5^{\circ}\text{C}$ на 1000 км. Можно заметить, что линия разности температуры воздуха между станциями Западная Калифорния и Западный Вашингтон имеет большую амплитуду и положительный знак. Это обусловлено тем, что наша третья станция Западная Калифорния находится южнее чем Западный Вашингтон, а также большим расстоянием между ними.

4.2 Пространственная изменчивость атмосферного давления

Рассмотрим разность атмосферного давления между станциями Западный Вашингтон и Западный Орегон (рис. 4.2). Значения разности находятся в диапазоне от 0 гПа до 15 гПа и принимают как положительный, так и отрицательный знак. Это означает, что давление неравномерно изменялось от станции к станции в одинаковые промежутки времени.

Рассмотрим разность атмосферного давления между станциями Западный Орегон и Западная Калифорния. Значения разности находятся в диапазоне от 0 гПа до 15 гПа и принимают как положительный, так и отрицательный знак. Как и в первом случае, давление имеет неравномерный ход на этих двух станциях.

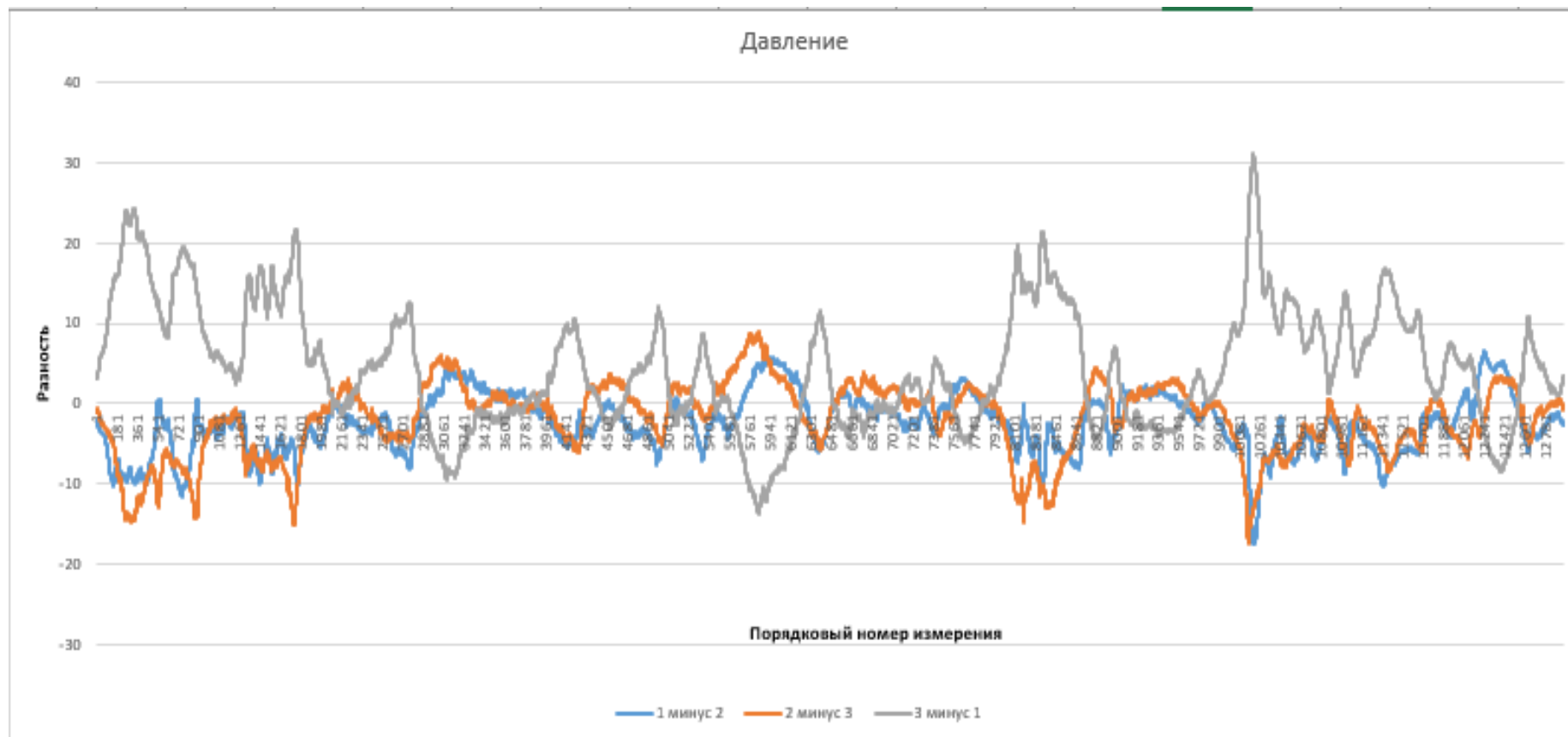


Рисунок 4.2 – График разности атмосферного давления среди трех станций

Рассмотрим разность атмосферного давления между станциями Западная Калифорния и Западный Вашингтон. На них значения разности находятся в диапазонах от 0 Гпа до 32 Гпа и принимают преимущественно положительные значения. Это означает, что давление на станции Западная Калифорния было выше, чем на станции Западный Вашингтон.

Вывод: Давление на всех трех станциях не зависело от их местоположения. Причиной этому послужил тропический и субтропический пояс, который находится, в свою очередь в зоне повышенного давления. Однако, можно заметить, что на станции Западная Калифорния значения зачастую превышали показания на буйке Западный Вашингтон. Это связано с тем, что одна из них расположена значительно ближе к центру зоны высокого давления.

4.3 Пространственная изменчивость температуры поверхности моря

Рассмотрим разность температуры поверхности моря среди станций Западный Вашингтон и Западный Орегон. Их значения находятся в диапазоне от 1°C до 3°C и имеют только отрицательные значения. Это означает, что температура воды на станции Западный Орегон была выше, чем на станции Западный Вашингтон. Средний градиент температуры поверхности моря составил 1°C на 1000 км.

Рассмотрим разность температуры поверхности моря между станциями Западный Орегон и Западная Калифорния. Их значения разности находятся в диапазоне от 1°C до 3°C и имеют только отрицательные значения. Это означает, что температура поверхности моря на станции Западная Калифорния, была ниже, чем температура на станции Западный Орегон. Средний градиент температуры поверхности моря составил 1,5°C на 1000 километров.

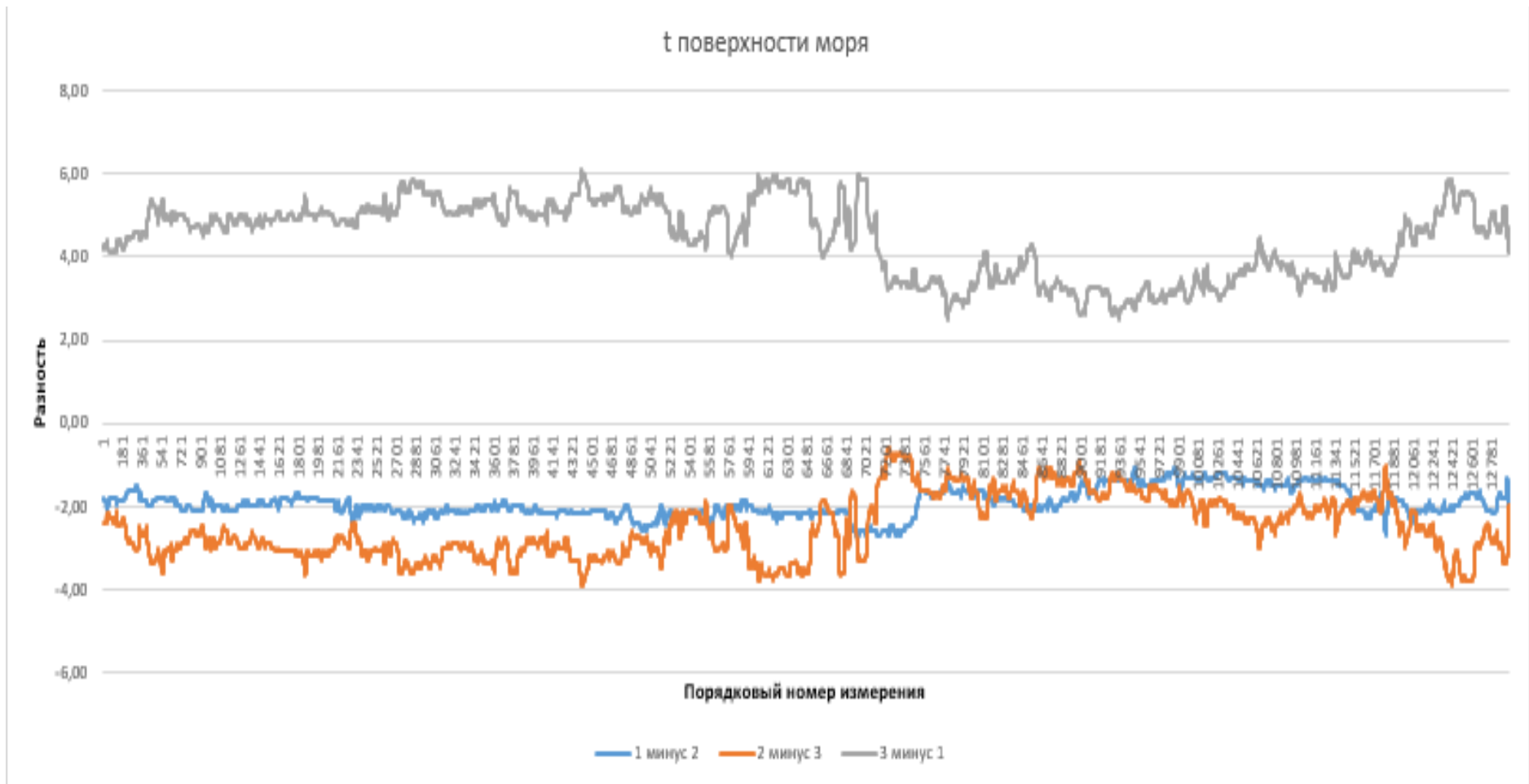


Рисунок 4.3 – График разности температуры поверхности моря среди трех станций

Рассмотрим разность температуры поверхности моря на станциях Западная Калифорния и Западный Вашингтон. Их значения разности находятся в диапазоне от 3°C до 6°C и имеют только положительные значения. Это означает, что температура поверхности моря на станции Западная Калифорния была намного выше, чем на станции Западный Вашингтон. Средний температурный градиент поверхности моря $1,2^{\circ}\text{C}$ на 1000 километров.

Вывод: Аналогично с температурой воздуха температура поверхности моря линейно увеличивалась от станции к станции, однако ее ход имел меньшую амплитуду. Связано оно с тем, что водная поверхность имеет отличительные признаки от воздуха, поэтому прогрев и охлаждение происходит значительно медленнее.

Заключение

В ходе работы мной был произведен анализ временной и пространственной изменчивости метеопараметров по трем буйковым станциям: Западный Вашингтон, Западный Орегон, Западная Калифорния за три месяца 2022 года.

Временная изменчивость: наиболее подверженным к временной изменчивости стало давление. Это могло быть связано с циклонической и антициклонической активностью в месте установки станций, которое в свою очередь приводит к резкому изменению данного параметра во времени. Наименее подверженным параметром стала температура поверхности моря. Причиной этому являются теплофизические свойства водной среды. Амплитуда колебаний температуры поверхности моря была относительно не высокой по сравнению с другими метеопараметрами. Нейтральной характеристикой стала температура воздуха с суточным ходом, соответствующим данному тропическому и субтропическому региону.

Пространственная изменчивость: самой подверженной характеристикой стала температура воздуха. Это связано с переходной зоной между тропическим и субтропическим поясами. А также с относительно низкой изменчивостью давления и температуры поверхности моря в пространстве. Наименее подверженной стала температура поверхности моря. Связано это было с тем, что в этом районе проходит холодное Калифорнийское течение, которое является основополагающим фактором количественных изменений данного параметра. Нейтральной характеристикой стало давление. Этому сопутствовала масштабность метеорологических явлений: циклоны и антициклоны, которые оказали наибольшее влияние на данный метеорологический параметр. А также нахождение всех станций в поясе высокого давления.

Так же мною были рассчитаны градиенты для температуры воздуха:

- ✓ между буйами Вашингтоном и Орегоном – $1,6^{\circ}\text{C}$ на 1000 км;
- ✓ между Орегоном и Калифорнией – $1,4^{\circ}\text{C}$ на 1000 км;
- ✓ между Калифорнией и Вашингтоном – $1,5^{\circ}\text{C}$ на 1000 км.

И градиент по температуре поверхности воды:

- ✓ между Вашингтоном и Орегоном – 1°C на 1000 км;
- ✓ между Орегоном и Калифорнией – $1,5^{\circ}\text{C}$ на 1000 км;
- ✓ между Калифорнией и Вашингтоном – $1,2^{\circ}\text{C}$ на 1000 км.

В ходе работы были выполнены все поставленные задачи:

- 1) изучен принцип работы метеорологических буйковых станций;
- 2) освоена работа с сайтом «Национального информационного буевого центра»;
- 3) собраны и подготовлены данные с буйковых станций одинаковой дискретности;
- 4) изучена приборная составляющая отобранных буйковых станций и их назначение;
- 5) проведена и изучена работа по климатическим условиям данного региона;
- 6) собран и сформирован архив с данными за 2022 год, за 3 месяца (январь, февраль, март);
- 7) проведен анализ для временной и пространственной изменчивости трех метеопараметров;
- 8) рассчитаны градиенты для температуры воздуха и по температуре поверхности воды.

Список использованных источников

1. К.Л. Восканян, А.Д. Кузнецов, О.С. Сероухова Автоматические метеорологические станции. *Часть 1. Тактико-технические характеристики.* Учебное пособие. СПб.: Изд. РГГМУ, 2016. – 162 с.
2. Национальный информационный буевой центр (электронный ресурс). Режим доступа: <https://www.ndbc.noaa.gov>
3. Электронный ресурс: Яндекс Картинки. Режим доступа: <https://tarologiy.ru/wp-content/uploads/2020/10b/jrexe5v1.png>
4. Электронный ресурс: ВикибриФ. Погодный буй. Режим доступа: https://ru.wikibrief.org/wiki/Weather_buoy
5. Электронный ресурс: Википедия. Калифорнийское течение. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Калифорнийское_течение