



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему «Анализ изменчивости температурного режима по данным
метеостанции»

Исполнитель **Каракин Владимир Олегович**
(фамилия, имя, отчество)

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

Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

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

Кузнецов Анатолий Дмитриевич
(фамилия, имя, отчество)

«01» июня 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Оглавление

Введение	3
1. Описание исследуемого района	5
1.1. Географическое и климатическое описание Пинежского района	5
1.2. Географическое и климатическое описание метеостанции Сура.....	9
2. Оборудование станции М-2 Сура	14
2.1. Программное обеспечение станции	14
2.2. Средства метеорологических измерений на станции Сура	16
3. Анализ изменчивости температурного режима	23
3.1. Исходные данные	23
3.2. Анализ изменчивости температурного режима за январь 2021 года	24
3.3. Анализ изменчивости температурного режима за апрель 2021 года	28
3.4. Анализ изменчивости температурного режима за июль 2021 года	32
3.5. Анализ изменчивости температурного режима за октябрь 2021 года ..	36
Заключение.....	41
Использованные источники	44

Введение

Температура воздуха – количественный показатель, показывающий степень прогрева воздуха солнцем.

Температура поверхности почвы – это температура ее верхнего слоя (толщиной несколько миллиметров), свободного от растительности, взрыхленного и без затемнения от солнечных лучей, а зимой при наличии снега – температура поверхности снега. Измеряется термометром, лежащим открыто на поверхности почвы и снежного покрова, при этом резервуар термометра погружен в почву (снежный покров). Измерения температуры поверхности почвы представляют большие методические трудности из-за невозможности затенить термометр от действия радиации и вследствие различия радиационных свойств резервуара и почвы (снега).

Причины изменчивости температуры воздуха являются такие факторы, как широты, в виду шарообразности нашей планеты Земля, лучи солнца падают на поверхность Земли под разными углами. И получается, что чем больше этот угол падения, тем больше тепла получит земная поверхность в том или ином месте. Еще одно, что влияет на изменчивость температуры воздуха – это тип поверхности того участка земли, который нас интересует. Еще одним фактором служат высоты поверхности нашей суши. Так как обычно, чем выше, тем и холоднее. И, последнее, что не менее важно, это когда тепло переносят ветра. Вот эти особенности и позволяют говорить о том, почему изменяется температура воздуха.

Цель работы: проанализировать изменчивость температурного режима воздуха и поверхности почвы по данным метеостанции.

Задачи для выполнения поставленной цели:

- изучить физико-географические и климатические характеристики исследуемого района;

- собрать архивные данные за 2021 год по температуре воздуха и почвы;
- подготовить архивные данные температуры воздуха и поверхности почвы для анализа температурного режима;
- провести анализ изменчивости температурного режима по данным метеостанции;
- рассмотреть и оценить зависимость двух температурных параметров в различные сезоны года.

Изменчивость температурного режима воздуха и почвы будет проведен по данным метеорологической станции Сура Пинежского района Архангельской области.

1. Описание исследуемого района

1.1. Географическое и климатическое описание Пинежского района

Пинежский район образован в июле 1929 при районировании Северного края. Район занимает северную часть Восточно-Европейской равнины и расположен на северо-востоке Архангельской области в бассейне рек Пинеги (рис. 1.1), правого притока Северной Двины и Кулоя между $63^{\circ}08'$ и $65^{\circ}18'$ северной широты и между $41^{\circ}47'$ и $47^{\circ}16'$ восточной долготы. Район находится в подзоне северотаёжных лесов таёжной зоны. [1]



Рисунок 1.1 – Пинежский район на карте Архангельской области

Район граничит: на западе с Приморским и Холмогорским районами; - на юге с Виноградовским и Верхнетоемским, на востоке с Республикой Коми и Лешуконским, на севере с Мезенским. Территория района – 32,12 тыс.кв.

км (5,5% территории Архангельской области). Протяженность района: с северо-запада на юго-восток – 339 км, с запада на восток – 204 км. Протяженность реки Пинеги по району – 594 км. Административный центр – село Карпогоры. Расстояние от районного центра до областного г. Архангельска – 217 км. От Архангельска до Пинеги – 225 км. На территории района расположено 124 населенных пункта (из них 2 села, 98 деревень, 24 поселка) в составе 14 муниципальных образований-поселений. [1]

Пинежский район расположен в северной части лесной зоны умеренного климатического пояса и находится в области атлантико-арктического влияния. Климат района холодный и влажный. Средняя годовая температура воздуха составляет -0.1, -0.2 °С. Самым холодным месяцем является январь, а самым теплым июль. Средняя температура января -14 -15 °С, а июля 15...16 °С. Абсолютный минимум температуры воздуха (-53 °С) отмечался в январе 1973 года. Абсолютный максимум наблюдался в июле 1972 года и составил 36 °С. Заморозки в Пинежском районе, в основном, прекращаются в начале июня и начинаются в первой декаде сентября. В отдельные годы заморозки возможны в июле и августе. [2]

Таблица 1.1

Средняя месячная и годовая температура воздуха на метеостанциях
Архангельской области [3]

№ станции	Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
65	Архангельск, Соломбала	-12.5	-12.0	-8.0	-0.6	5.6	12.3	15.6	13.7	8.1	1.4	-4.5	-9.8	0.8
66	Кего, остров	-12.5	-12.5	-8.4	-0.9	5.2	12.0	15.5	13.6	8.1	1.4	-4.6	-9.9	0.6
67	Архангельск, оп. п.	-12.8	-12.5	-8.6	-0.7	5.4	12.0	15.2	13.2	7.6	1.1	-4.9	-10.3	0.4
68	Бакарица	-12.7	-12.3	-8.2	-0.5	5.5	12.0	15.3	13.2	7.7	1.2	-4.8	-9.8	0.6
69	Исакогорка	-12.8	-12.4	-8.0	-0.5	5.7	12.9	15.3	13.3	7.4	1.0	-4.8	-10.2	0.5
70	Ляица	-10.4	-10.9	-8.0	-1.3	4.2	10.9	13.8	12.8	8.3	2.4	-2.4	-7.5	0.9
71	Холмогоры	-13.2	-12.6	-8.2	-0.4	6.0	12.5	15.6	13.2	7.5	0.8	-5.2	-10.7	0.4
72	Калюгоры	-14.1	-13.4	-6.7	-0.7	5.9	12.3	15.5	13.1	7.2	0.2	-6.5	-11.9	-0.1
73	Онега	-11.7	-11.6	-7.5	0.1	6.3	12.6	15.8	13.9	8.3	1.8	-3.6	-9.0	1.3
74	Холмогорская	-12.9	-12.3	-7.7	-0.1	6.0	12.2	15.2	13.1	7.2	0.7	-5.1	-10.4	0.5
75	Сура	-14.6	-14.0	-8.7	-0.3	6.2	12.7	15.9	13.3	7.3	0.3	-6.4	-12.6	-0.1

Территория района получает значительное количество атмосферных осадков. Годовая сумма их составляет 570-630 мм, причем большая их часть приходится на теплый период (с апреля по октябрь). Самые обильные осадки в июле 70-80 мм (табл. 1.2). Летом осадки в основном ливневого характера и нередко сопровождаются грозами. Осенью преобладают обложные осадки, хотя в отдельные годы грозы случаются даже в октябре.

Таблица 1.2

Среднее количество осадков, приведенное к показаниям осадкомера на метеостанциях Архангельской области [3]

№ станции	Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XI-III	IV-X	Год
98	Онега	35	28	25	25	39	55	60	64	69	57	46	40	174	369	518
99	Порог	35	28	28	27	42	61	65	68	72	58	48	41	178	393	571
100	Холмогорская	28	24	22	20	43	65	67	69	66	50	36	32	142	389	531
101	Малосуйка	36	29	23	28	41	53	62	66	70	58	48	40	178	378	556
102	Колпае	28	32	22	27	39	51	57	58	62	46	38	31	143	340	483
103	Поле	26	22	20	23	34	52	57	57	60	44	37	32	137	327	464
104	Сура	28	23	26	28	42	61	68	62	67	51	34	33	114	379	523

В году бывает около 200 дней с осадками. Годовое количество осадков превышает возможное испарение, поэтому увлажнение района избыточное. Зимой характерен снежный покров, который устанавливается в первой декаде ноября и сходит в первой декаде мая (табл. 1.3). Снег лежит в среднем около 180 дней. Зимой часты метели. [2]

Таблица 1.3

Средняя декадная высота снежного покрова [3]

№ станции	Станция	IX			X			XI			XII			I		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
		75	Колпае	•	•	•	2	4	7	11	16	22	29	34	39	45
78	Панега	•	•	•	2	4	5	8	10	15	19	22	26	30	32	
		•	•	•	2	4	8	10	13	19	24	30	34	38	41	
81	Архангельск, Селембала	•	•	•	4	6	9	15	20	26	31	37	43	47		
93	Холмогорск	•	•	•	1	3	3	6	10	12	17	20	24	28	31	
		•	•	•	3	6	9	14	19	24	29	34	37	41		
98	Онега	•	•	•	1	3	4	7	11	16	20	26	33	37	41	
104	Сура	•	•	•	2	3	4	6	9	14	18	23	27	31	34	

Воздух влажный во все сезоны года (табл. 1.4). Самые влажные месяцы октябрь и ноябрь, когда относительная влажность воздуха достигает 90%. Наименее влажные май и июнь, относительная влажность в эти месяцы составляет около 70%. [2]

Таблица 1.4

Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха на метеостанциях Архангельской области [3]

№ станции	Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
80	Северодвинск	85	84	81	76	71	71	74	78	82	85	87	89	80
81	Архангельск, Соломбала	88	86	82	76	70	70	73	79	86	88	90	89	82
83	Кего, остров	86	86	83	78	71	70	72	78	84	87	89	88	81
85	Архангельск, об. п.	87	86	82	77	70	68	73	79	86	88	89	88	81
87	Исаковска	85	85	78	72	67	69	74	79	86	88	87	86	80
88	Ляма	85	84	81	78	75	75	77	81	85	86	88	86	82
93	Халдигоры	87	86	82	75	69	69	73	80	86	89	89	88	81
95	Кардигоры	88	86	81	73	69	68	72	78	85	90	89	88	80
98	Онега	86	85	80	74	68	67	71	77	84	86	88	87	79
100	Халдигорская	88	86	80	70	66	67	72	78	86	89	90	89	80
104	Сура	85	83	78	71	66	67	71	78	85	88	87	86	78
106	Емск	86	85	79	72	66	67	72	78	85	89	89	87	80
109	Калгачиха	86	86	83	76	72	70	74	80	86	90	91	90	82

Скорость ветра сравнительно небольшая, до 3-4 м/с (табл. 1.5). [3] Преобладающие ветра с осени до начала весны южные и юго-восточные, а с мая по август – северные. [2] В таблице 1.6 приведена повторяемость направления ветра на станции Сура. [3]

Таблица 1.5

Средняя месячная и годовая скорость ветра в различные часы суток [3]

№ станции	Станция	Часы	Месяцы												Год
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
67	Сура	1	3.5	3.3	3.2	2.8	3.0	2.5	2.2	2.0	2.8	3.6	3.8	3.5	3.0
		7	3.4	3.4	3.3	3.3	3.8	3.5	3.0	2.7	3.2	3.6	3.8	3.4	3.4
		13	3.6	3.9	4.7	5.1	5.4	4.8	4.3	4.3	4.6	4.5	4.0	3.5	4.4
		19	3.5	3.5	3.6	3.6	4.0	3.9	3.4	2.9	3.1	3.7	4.0	3.5	3.6

Повторяемость направления ветра на станции Сура [3]

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
67. Сура									
I	3	2	7	38	11	14	9	16	5
II	3	2	8	39	13	13	7	15	6
III	5	4	8	26	9	13	11	24	7
IV	5	5	6	22	12	15	11	24	6
V	13	7	8	16	5	10	10	31	3
VI	12	8	9	16	6	11	10	28	3
VII	14	11	10	16	6	8	7	28	5
VIII	10	5	11	21	8	11	10	24	7
IX	7	4	8	21	8	15	13	24	5
X	5	4	5	17	10	20	17	22	3
XI	2	2	5	28	14	20	13	16	3
XII	2	2	7	37	12	16	8	16	5
Год	7	5	8	24	9	14	11	22	5
К	66	66	66	66	76	76	76	76	

1.2. Географическое и климатическое описание метеостанции Сура

Наблюдения за погодой в Пинежском районе ведут три метеорологические станции: Пинега, Карпогоры и Сура. Самая «старая» из них расположена в западной части п. Пинега на правобережной террасе р. Пинега. Первые нерегулярные метеонаблюдения начали проводиться в 1849 году. Метеостанция в Сура, расположенная на юго-западной окраине села, работает с 1913 года. Самая «молодая» метеостанция находится в с. Карпогоры. Она была открыта в июне 1940 года. [2]

Метеостанция М-2 Сура (рисунок 1.2) относится к Северному управлению по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.



Рисунок 1.2 – Метеостанция Сура

Общие сведения метеостанции:

1. Адрес: Россия, Архангельская область, Пинежский район, муниципальное образование «Сурское», с Сура, улица Северная 8б;
2. Бассейн (моря и крупной реки): р. Северная Двина, Белое море;
3. Водные объекты (реки, озера, болота): р. Пинега и р. Сура;
4. Расстояние от устья р. Пинега: ≈ 412 км;
5. Площадь водосбора р. Пинега: 17610 км^2 ;

6. Широта и долгота станции: $63^{\circ}06'$ с. ш., $45^{\circ}06'$ в. д.;
7. Высота над уровнем моря: метеоплощадки – 62,5 м, барометра – 64,3 м;
8. Ближайшая железнодорожная станция: ст. Карпогоры-Пассажиры – ≈ 104 км;
9. Ближайший аэродром: с Карпогоры – ≈ 100 км; [4]

Метеостанция расположена на левом возвышенном берегу р. Пинега вблизи впадения в нее р. Сура (рис. 1.3).

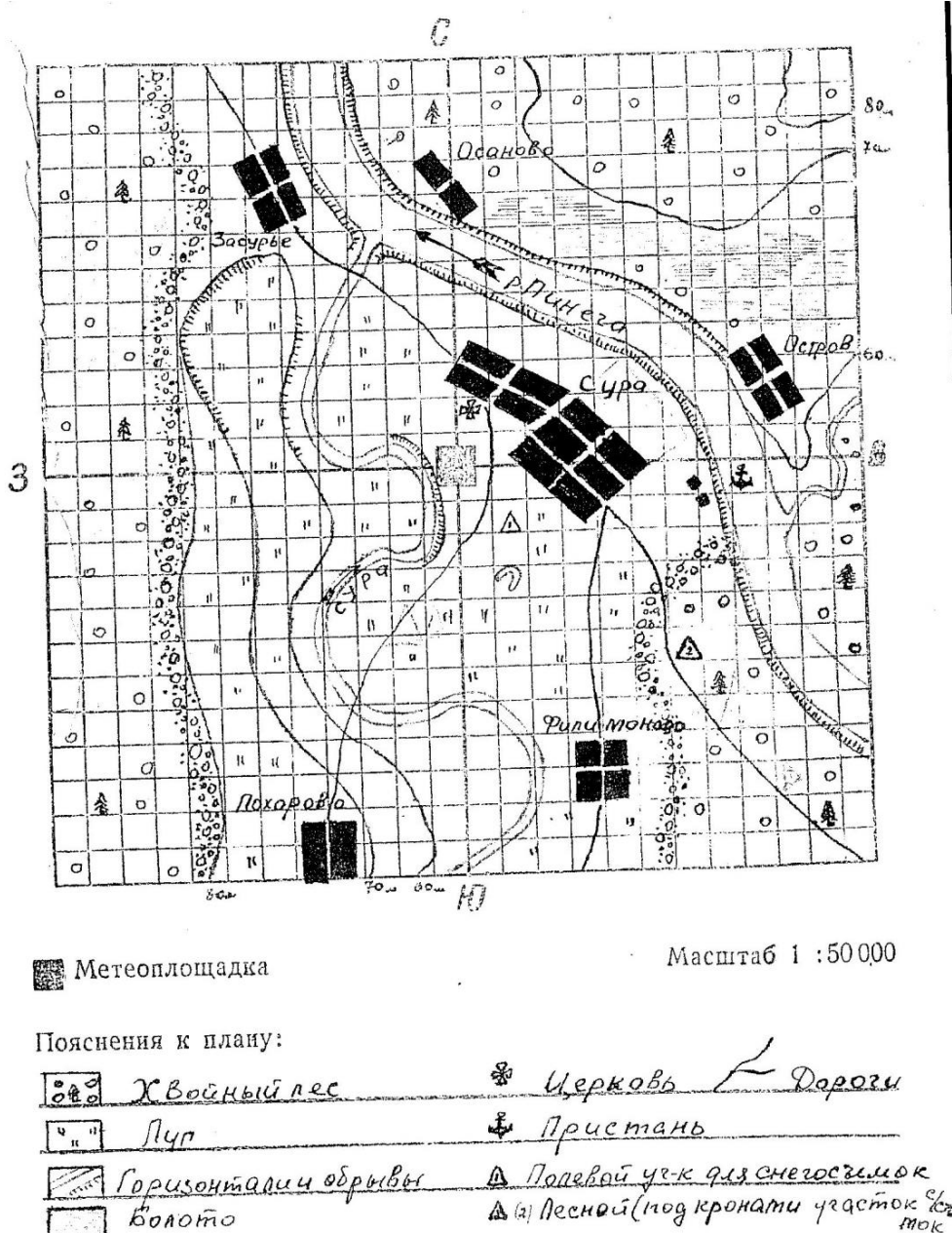


Рисунок 1.3 – План окрестностей метеостанции

Метеоплощадка находится в 100 м к западу от жилых построек с Сура и в 1,5 км от левого берега р. Пинега на ровном возвышенном поле со слабым уклоном к северо-востоку. Окружающая местность изрезана ручьями и реками. Все реки мелководные. Пароходное движение возможно только в весеннее время. Пинега здесь местами достигает в весеннее время 200 м ширины. В окрестностях станции также есть небольшие озера и болота.

По характеру растительности район является лесным. Преобладающей породой является сосна, растущая на песчаной, хорошо дренированной почве по возвышенным местам. Ель и лиственные породы произрастают преимущественно по берегам водоемов, в низинах на хорошо увлажненной и заболоченной почве (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Природа Пинежского района

Лесные массивы располагаются по всему горизонту, расстояние до них от метеоплощадки: в северном направлении 2 км, в западном – 1,5-2 км, в южном – 4-6 км, в восточном 3-4 км. В пространстве, отделяющем лес от села, располагаются поля и луга с отдельными группами деревьев (рис. 1.5). Характеристика почвы станции – песчаная и супесчаная.

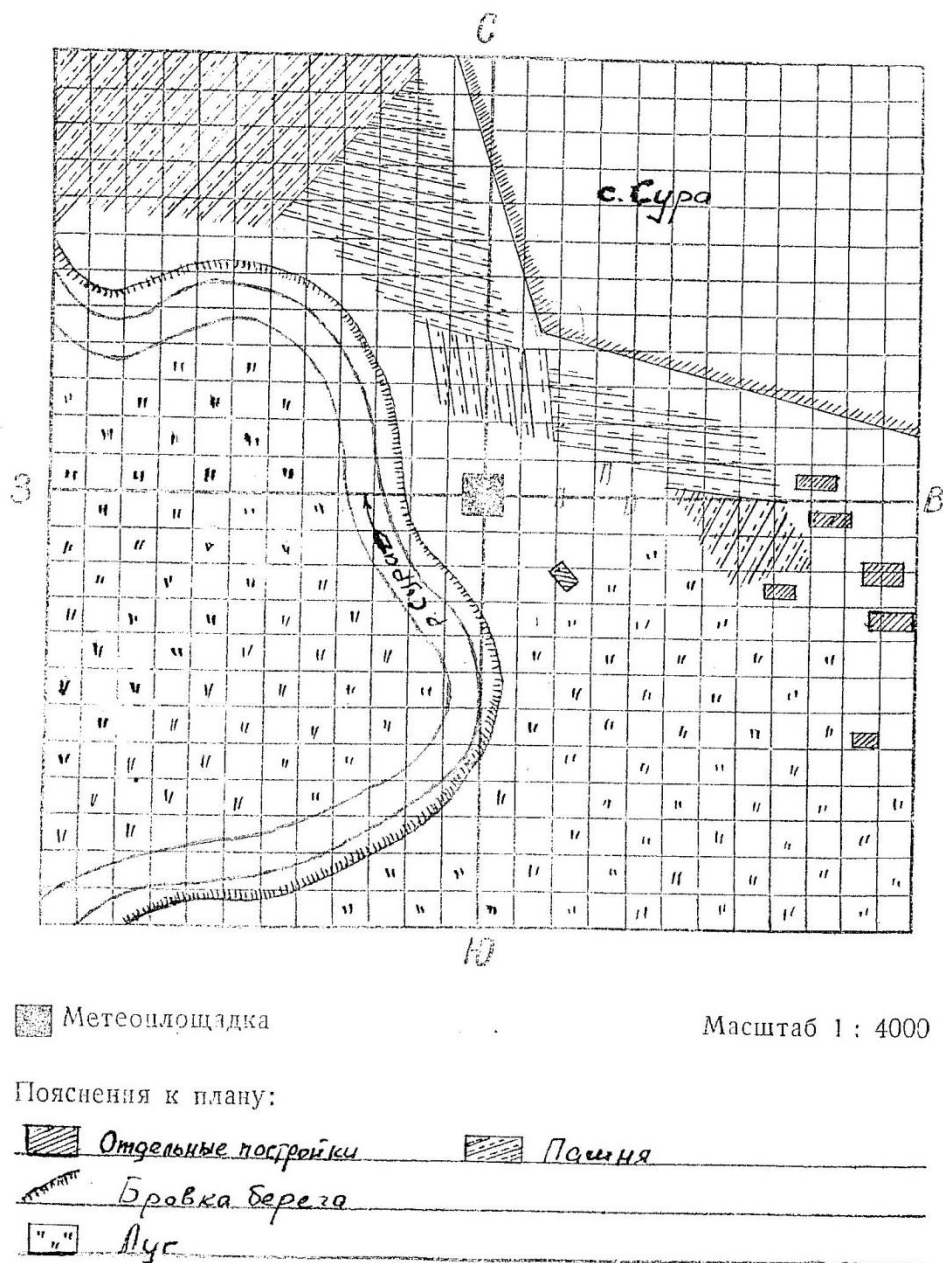


Рисунок 1.5 – План ближайшего окружения метеоплощадки (радиус 200-300 м)

2. Оборудование станции М-2 Сура

2.1. Программное обеспечение станции

На метеостанции М-2 Сура используется программный комплекс Almeta Observer. Этот комплекс используется для сбора, визуализации, архивирования, обработки и передачи данных измерений гидрометеорологических параметров, поступающих от АМК, и представляет собой комплекс специального программного обеспечения, работающий на персональном компьютере с операционной системой Windows. [5]

Комплекс Almeta Observer обеспечивает выполнение следующих этапов сбора и обработки гидрометеорологической информации:

- получение результатов измерений с контроллеров АМК;
- запись результатов измерения в базу данных;
- просмотр в графическом виде результатов измерения;
- просмотр в табличном виде результатов измерения;
- визуализация в графическом и текстовом виде фиксированных текущих метеорологических данных;
- выгрузка результатов измерения в текстовый файл в формате csv, pdf и html в ручном режиме;
- ввод результатов наблюдения в ручном режиме для параметров, не измеряемых автоматическим комплексом;
- создание и отправка сообщений об опасных и неблагоприятных явлениях погоды;
- создание режимных сообщений;
- создание блочного кода и передача его в Персона-МИС;
- внесение и просмотр снегосъёмки;
- создание и выгрузка отчётов по срочным наблюдениям, срочным и суточным данным;
- ведение журналов и их выгрузка в формате pdf;

- автоматическая отправка данных в центр сбора данных по расписанию. [5]

Программный комплекс состоит из нескольких программных средства:

- настольное приложение «Almeta Monitor», обеспечивающее специалисту пункта наблюдения доступ к данным измерений и настройкам системы;
- сервисная служба «Almeta TCP Agent», обеспечивающая сбор гидрометеорологических данных с контроллера АМК;
- сервисная служба «Almeta DataProcessor», обеспечивающая работу с базой данных и отправку данных измерений;
- база данных для сбора и хранения условно-мгновенных отсчетов, поступающих с АМК;
- база данных для сбора обработанной гидрометеорологической информации с АМК. [5]

Для визуализации текущих метеорологических параметров с АМК необходимо открыть «Отображение текущих значений» (рис. 2.1).

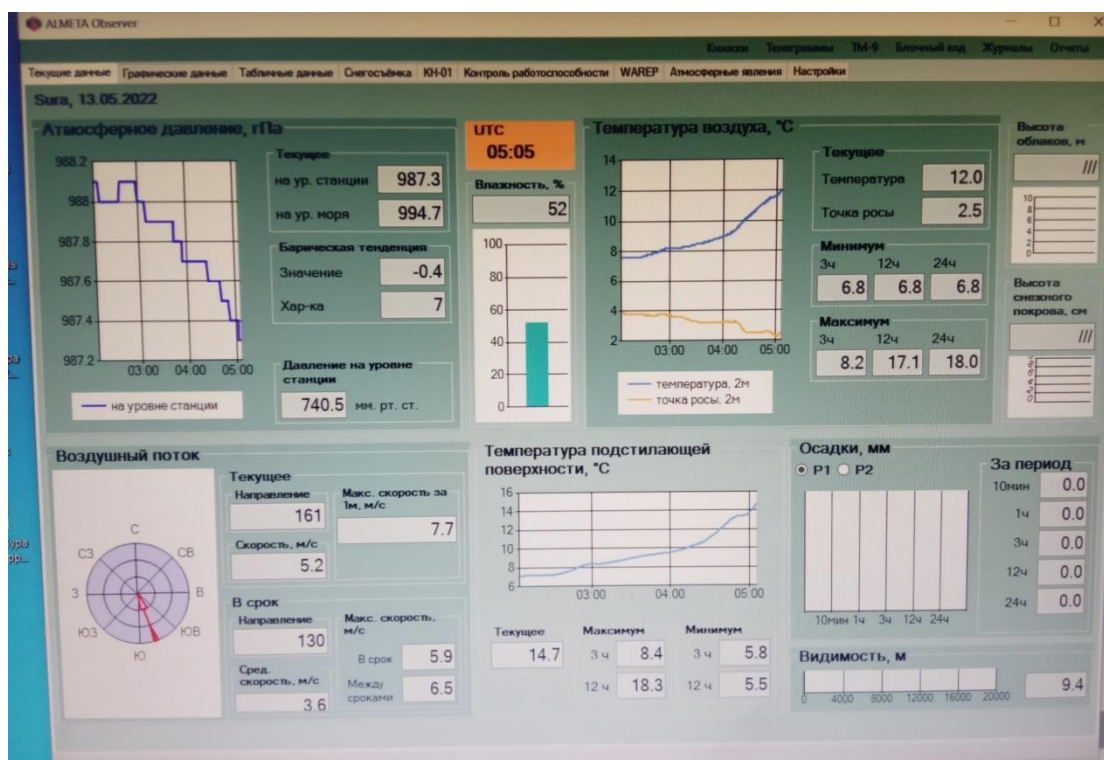


Рисунок 2.1 – Автоматизированное рабочее место метеоролога.

2.2. Средства метеорологических измерений на станции Сура

На метеорологической станции Сура имеется метеорологическая площадка, оборудованная контактными и дистанционными приборами для измерения всех необходимых в данном районе метеорологических параметров.

Приборы станции, служащие для измерений:

- ИВО-1М – наземный импульсный световой измеритель высоты нижней границы облаков;
- Барометр – прибор для измерения атмосферного давления;
- Барограф – самопишущий прибор для непрерывной записи значений атмосферного давления;
- Анеморумбометр М-63М-1 – прибор для измерения направления и скорости ветра;
- Флюгер – прибор для измерения направления и скорости ветра;
- Осадкомер – прибор для измерения атмосферных жидких и твердых осадков;
- Термометры для измерения температуры поверхности почвы (рис. 2.2);
- Термометры для измерения температуры воздуха (рис. 2.3);
- Гигрометр волосной М-19 – измерительный прибор для определения относительной влажности воздуха;
- Снегомер весовой ВС-43 и рейка снегомерная переносная – приборы для измерения плотности и высоты снежного покрова;
- Мерзлотомер – прибор для измерения глубины промерзания почвы;
- ДКГ 03Д «Грач» – прибор для измерения радиации;
- Гололёдный станок – установка для измерения гололедно-изморозевых отложений и мокрого снега.



Рисунок 2.2 – Термометры для измерения температуры поверхности почвы



Рисунок 2.3 – Термометры для измерения температуры воздуха

Помимо вышеперечисленных приборов на метеорологической площадке установлен Автоматизированный метеорологический комплекс (АМК).

АМК – это аппаратно-программный комплекс, предназначенный для автоматического измерения некоторых метеорологических параметров (в зависимости от комплектации), в котором предоставлена визуализация результатов измерений и возможность ручного ввода дополнительных характеристик с последующим формированием и передачей информационных сообщений в заданных форматах в программном обеспечении. [6]

В состав АМК метеорологической станции Сура входят следующие датчики:

- датчик атмосферного давления (рис. 2.4);
- датчик направления и скорости ветра (рис. 2.5);
- датчик температуры и влажности воздуха (рис. 2.6);
- датчик температуры подстилающей поверхности (рис. 2.7).



Рис.2.4 – Датчик атмосферного давления



Рисунок 2.5 – Датчик направления и скорости ветра



Рисунок 2.6 – Датчик температуры и влажности воздуха



Рисунок 2.7 – Датчик температуры подстилающей поверхности

3. Анализ изменчивости температурного режима

3.1. Исходные данные

Для выполнения работы были получены данные по температуре воздуха и по температуре почвы со станции М-2 Сура (22676) за 2021 год.

Данные сформированы в пакете Excel следующим образом, каждый месяц на новом листе, получены в синоптические сроки с дискретностью три часа (рис. 3.1). Весь архив содержит 2932 значения.

	А	В	С
1	Дата и время (местное)	Температура воздуха, °C	Температура почвы, °C
2	01.01.21 0:00	-10,5	-10,5
3	01.01.21 3:00	-10,6	-10,6
4	01.01.21 6:00	-10,9	-11,0
5	01.01.21 9:00	-11,2	-10,4
6	01.01.21 12:00	-11,4	-10,5
7	01.01.21 15:00	-11,0	-9,8
8	01.01.21 18:00	-11,1	-9,9
9	01.01.21 21:00	-10,7	-8,8
10	02.01.21 0:00	-10,5	-8,8
11	02.01.21 3:00	-9,6	-8,3
12	02.01.21 6:00	-8,7	-8,4
13	02.01.21 9:00	-7,7	-7,8
14	02.01.21 12:00	-7,2	-7,1
15	02.01.21 15:00	-7,4	-7,6
16	02.01.21 18:00	-8,5	-8,7
17	02.01.21 21:00	-9,8	-9,8
18	03.01.21 0:00	-10,4	-10,1
19	03.01.21 3:00	-10,1	-9,8
20	03.01.21 6:00	-10,3	-9,9
21	03.01.21 9:00	-10,3	-10,3

Рисунок 3.1 – Архив данных М-2 Сура за 2021 год

Для выполнения практической части работы и выполнения анализа температурного режима нами было выбрано по одному месяцу в сезон: январь (как самый холодный месяц года), июль (как самый теплый месяц года), апрель и октябрь (как переходные месяцы холодного и теплого периода года).

3.2. Анализ изменчивости температурного режима за январь 2021 года

На рисунке 3.2 показаны изменения температуры воздуха и температуры почва в январе 2021 года. По графикам видно, что в течение почти всего января температура воздуха и почвы была отрицательной, только в конце января температура воздуха несколько сроков была выше 0 °С. Температурный режим воздуха и почвы на протяжении всего месяца изменяется практически синхронно, что так же видно по данным таблицы 3.1. Во второй декаде января, при наступлении низких отрицательных температур появляется небольшая разница в показаниях. Видно, что температура почвы становится несколько ниже температуры воздуха.

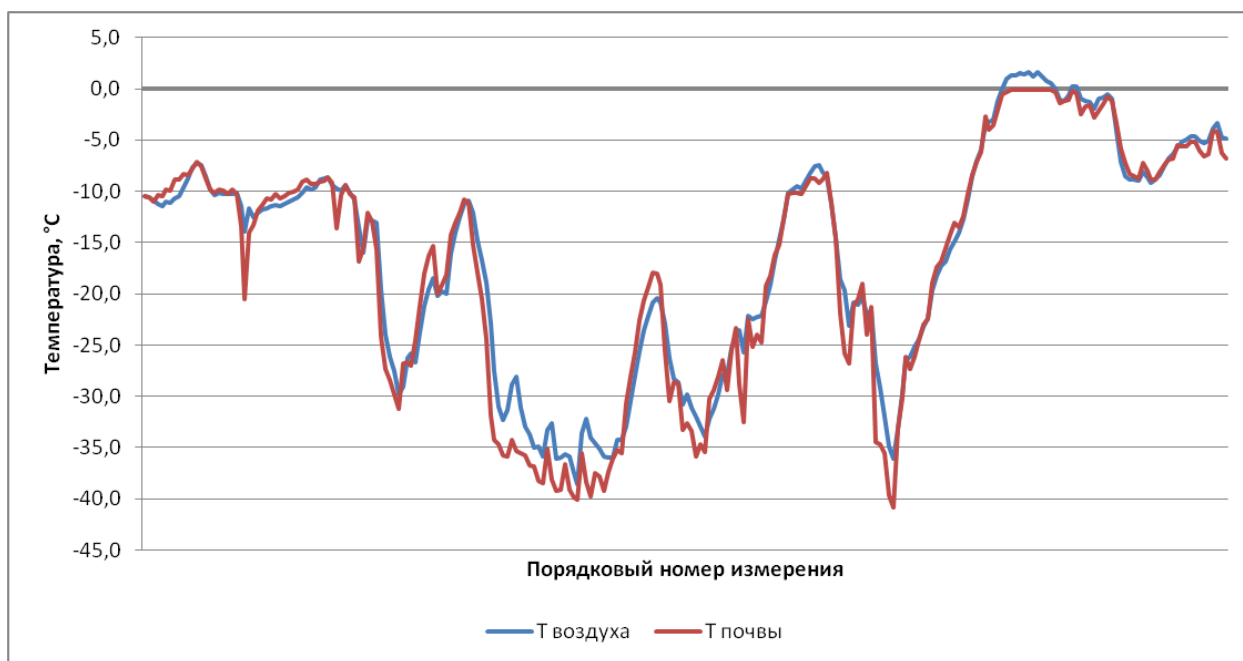


Рисунок 3.2 – График изменения температуры воздуха и почвы за январь

Среднее значение температуры воздуха в январе составило -16,3 °С, среднее значение температуры почвы – минус 17,1 °С. Медиана (-12,7 °С и -13,2 °С) и диапазон изменения температур (40,2 °С и 40,7 °С) отличаются всего на 0,5 °С.

Минимальное значение температуры воздуха было во второй декаде января (-38,6 °С), а почвы (-40,8 °С) – примерно в третьей декаде. Максимальное значение температуры воздуха и почвы было в третьей декаде января и составило 1,6 °С и минус 0,1 °С соответственно.

Таблица 3.1

Статистические характеристики января

	Температура воздуха, °С	Температура почвы, °С
Среднее	-16,3	-17,1
Стандартная ошибка	0,7	0,8
Медиана	-12,7	-13,2
Мода	-11,2	-0,1
Стандартное отклонение	11,1	11,9
Дисперсия выборки	122,4	141,5
Экссесс	-1,1	-1,0
Асимметричность	-0,3	-0,4
Интервал	40,2	40,7
Минимум	-38,6	-40,8
Максимум	1,6	-0,1

На рисунке 3.3 и 3.4 показаны гистограммы распределения температуры воздуха и почвы в январе 2021 года. Как можно увидеть, распределение температур левостороннее и имеет много общего. Однако, есть и характерные особенности.

Распределение температуры воздуха (Рисунок 3.3) имеет абсолютный максимум в значении -10 °С (34 срока). Минимальное количество сроков (1 срок) наблюдается при значении -38 °С.

Распределение температуры почвы (Рисунок 3.4) имеет абсолютный максимум в значении -8 °С (35 сроков). Наименьшее количество сроков (2 срока) отмечено при температуре -40 °С.

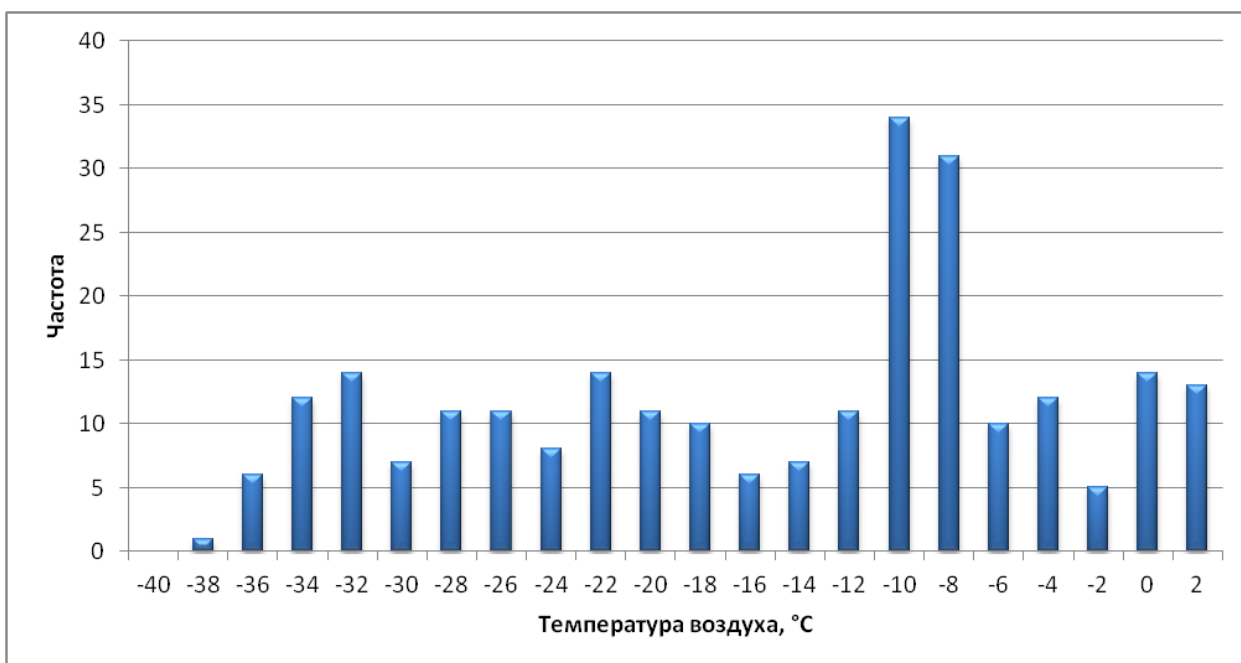


Рисунок 3.3 – Гистограмма распределения температуры воздуха за январь

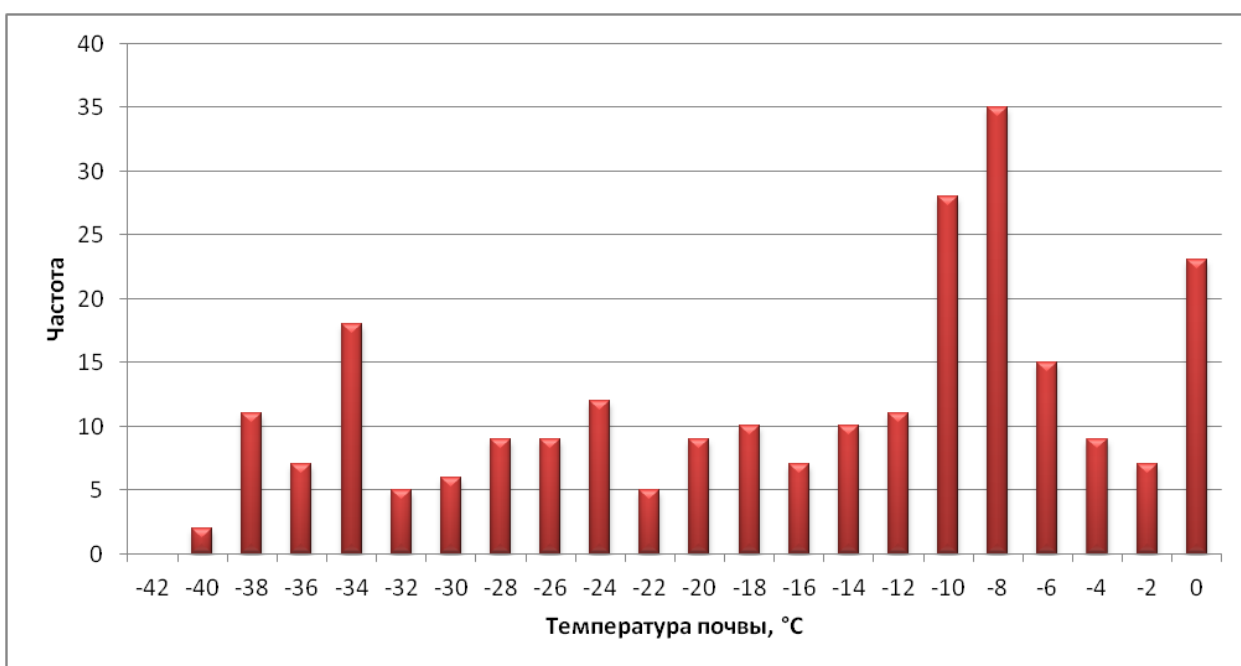


Рисунок 3.4 – Гистограмма распределения температуры почвы за январь

В таблице 3.2 показаны результаты расчета коэффициента корреляции для температур воздуха и почвы в январе 2021 года. Степень корреляционной

связи ($r=0,98$) за исследуемый период по шкале Чеддока весьма высокая, так как $0,9 < |r_{xy}| < 1$.

Таблица 3.2

Степень корреляционной связи

	<i>Температура воздуха, °С</i>	<i>Температура почвы, °С</i>
<i>Температура воздуха, °С</i>	1	
<i>Температура почвы, °С</i>	0,98	1

На рисунке 3.5 изображено поле корреляции, на котором видно, что корреляция линейная и связь между температурными параметрами воздуха и почвы функциональная. Также на этом поле видно что, чем холоднее температуры, тем более разбросаны точки, что обусловлено различной теплоемкостью воздуха и почвы. Наиболее тесная зависимость температурных параметров воздуха и почвы наблюдается в диапазоне от минус 12 °С до 0 °С.

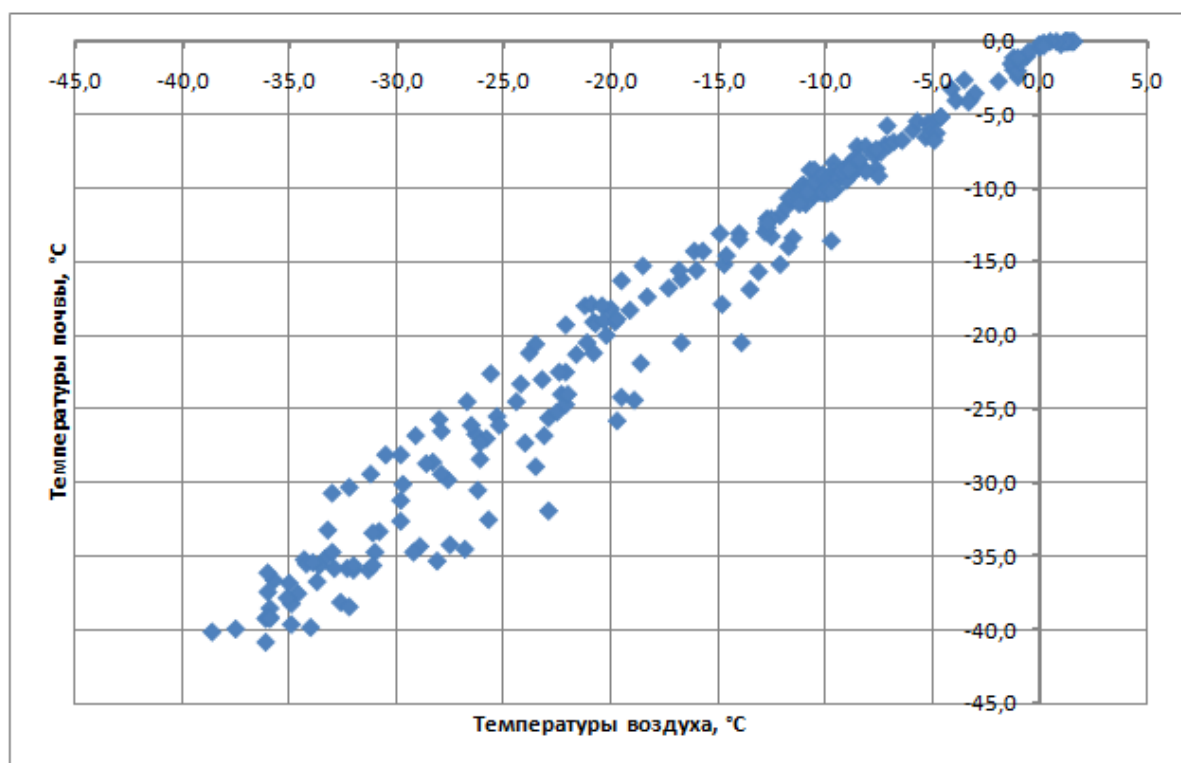


Рисунок 3.5 – Поле корреляции января

3.3. Анализ изменчивости температурного режима за апрель 2021 года

На рисунке 3.6 показаны изменения температуры воздуха и температуры почвы в апреле 2021 года. По графикам видно, что в течение почти всего апреля температура воздуха и почвы была выше 0 °С, только в ночное время температуры опускались ниже 0 °С. Температурный режим воздуха и почвы на протяжении всего апреля изменяется практически синхронно. В первой декаде апреля температура воздуха была немного выше температуры почвы, так как на почве еще был снег.

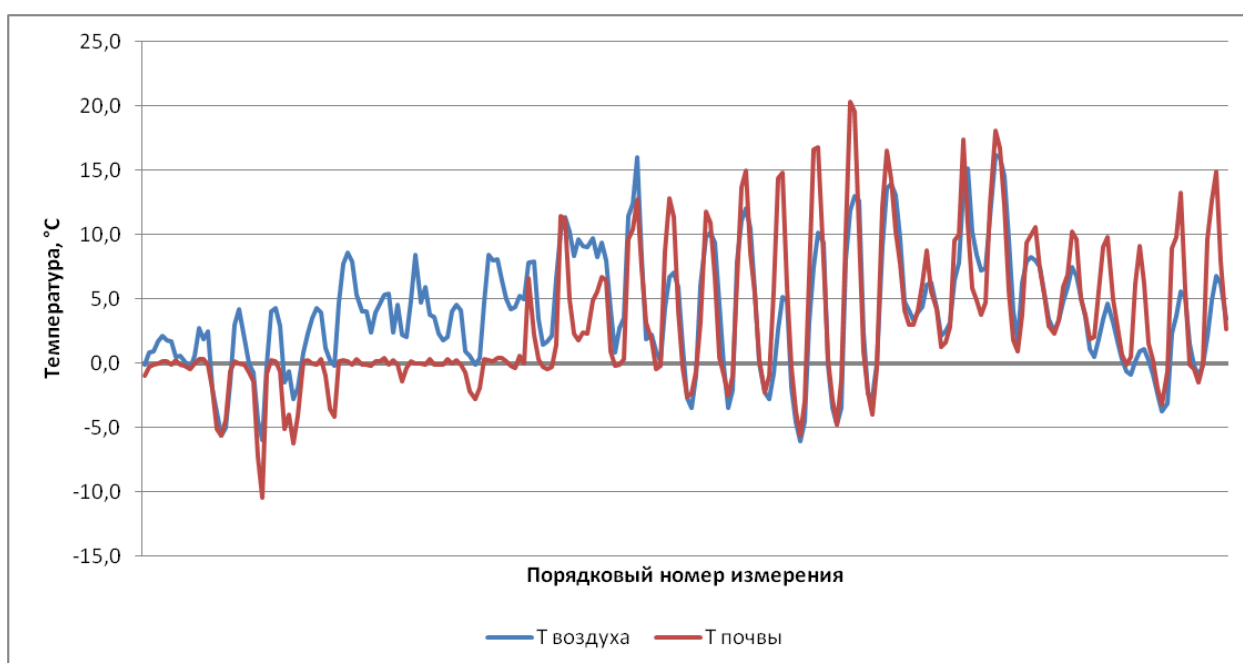


Рисунок 3.6 – График изменения температуры воздуха и почвы за апрель

Согласно рассчитанным статистическим характеристикам (табл. 3.3), среднее значение температуры воздуха в апреле было 3,9 °С, среднее значение температуры почвы – 3,1 °С. Медиана (3,8 °С и 0,4 °С) и диапазон изменения температур (22,3 °С и 30,8 °С) отличаются на 3,4 и 8,5 °С соответственно.

Минимальное значение температуры воздуха было во второй декаде апреля (-6,1 °С), а почвы (-10,5 °С) – в первой декаде. Максимальное значение температуры воздуха и почвы было в третьей декаде января и составило 16,2 °С и 20,3 °С соответственно.

Таблица.3.3

Статистические характеристики апреля

	Температура воздуха, °С	Температура почвы, °С
Среднее	3,9	3,1
Стандартная ошибка	0,3	0,4
Медиана	3,8	0,4
Мода	-0,1	-0,1
Стандартное отклонение	4,6	5,5
Дисперсия выборки	21,0	30,7
Эксцесс	-0,1	0,3
Асимметричность	0,3	0,9
Интервал	22,3	30,8
Минимум	-6,1	-10,5
Максимум	16,2	20,3

На рисунке 3.7 и 3.8 показаны гистограммы распределения температуры воздуха и почвы в апреле 2021 года.

Распределение температуры воздуха (рис. 3.7) имеет абсолютный максимум в значении 4 °С (41 срок). Минимальное количество сроков (1 срок) наблюдается при значении 18 °С. Распределение значений близко к нормальному.

Распределение температуры почвы (рис. 3.8) имеет абсолютный максимум в значении 0 °С (62 срока). Так же есть небольшой локальный максимум (20 сроков) в значении 6 °С. Наименьшее количество сроков отмечено при температурах -10 °С и 22 °С – по одному сроку. Распределение температуры почвы далеко от нормального, обладает правосторонним хвостом, что в первую очередь связано с переходом температур почвы во второй декады месяца в положительный сектор.

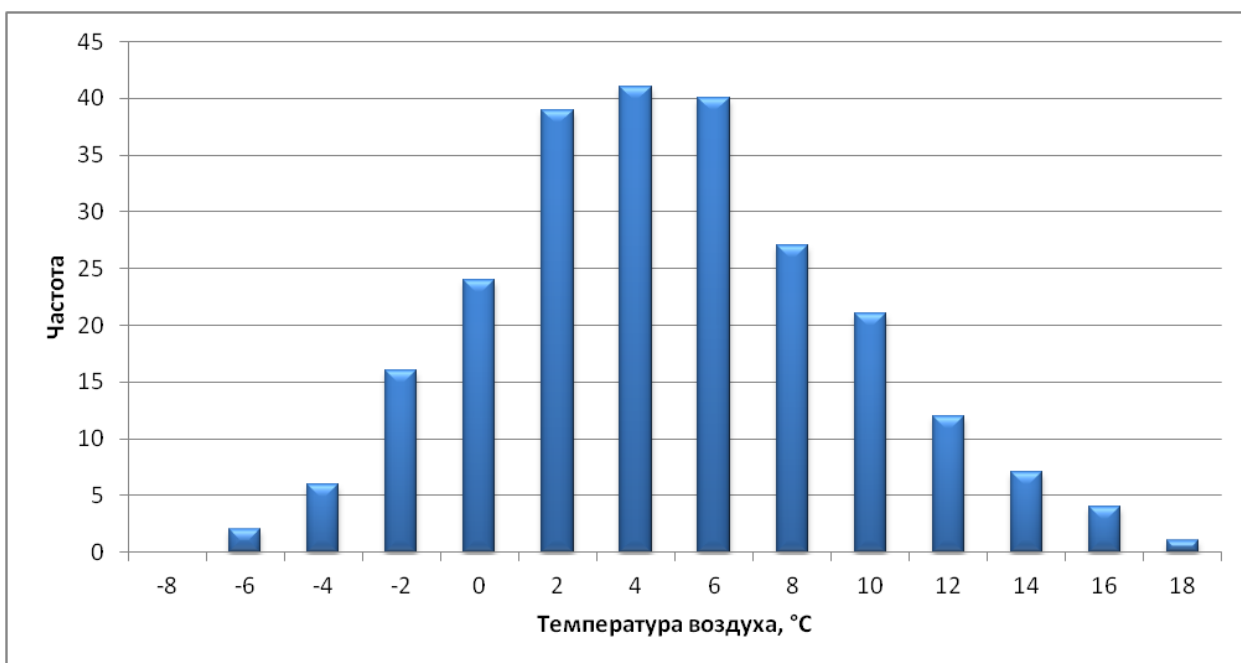


Рисунок 3.7 – Гистограмма распределения температуры воздуха за апрель

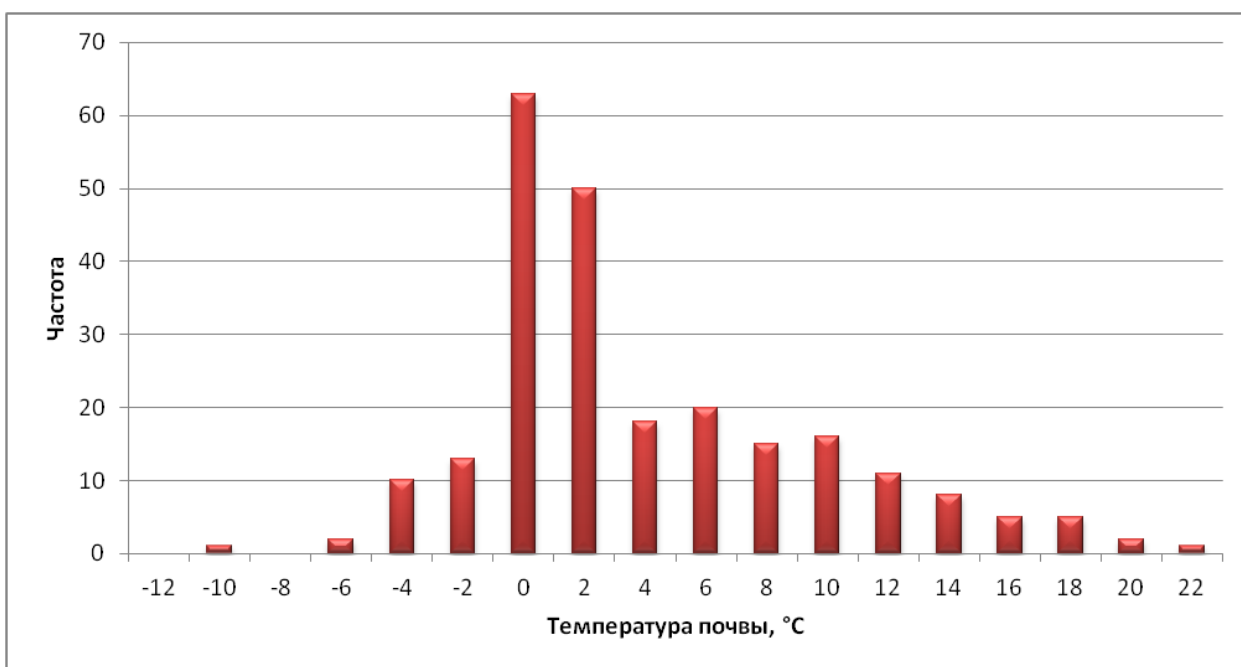


Рисунок 3.8 – Гистограмма распределения температуры почвы за апрель

В таблице 3.4 показаны результаты расчета коэффициента корреляции для температур воздуха и почвы в апреле 2021 года. Степень

корреляционной связи ($r=0,77$) за исследуемый период. И хотя по шкале Чеддока такая связь оценивается как высокая (так как $0,7 < |r_{xy}| < 0,9$), степень зависимости стала слабее, чем в январе.

Таблица.3.4

Степень корреляционной связи

	<i>Температура воздуха, °С</i>	<i>Температура почвы, °С</i>
Температура воздуха, °С	1	
Температура почвы, °С	0,7710	1

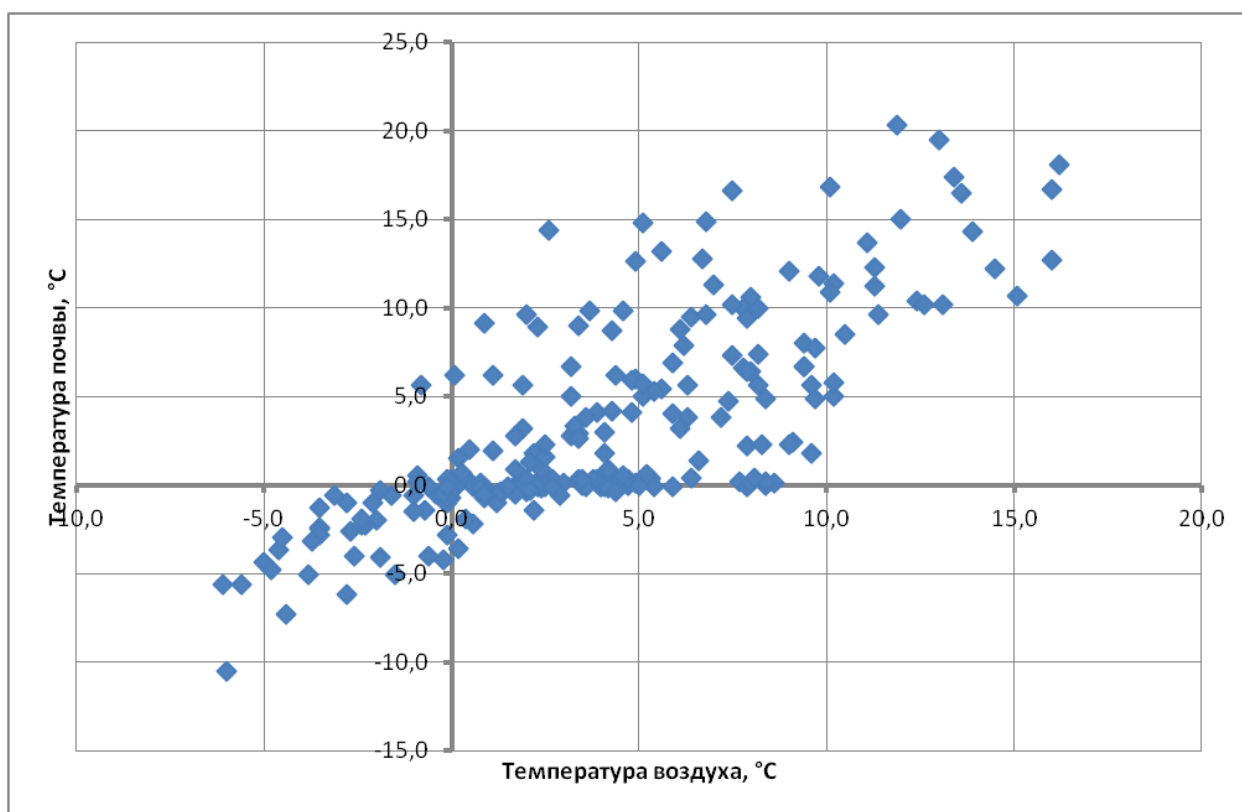


Рисунок 3.9 – Поле корреляции апреля

На рисунке 3.9 изображено поле корреляции, на котором видно, что корреляция частичная и связь между температурными параметрами воздуха и почвы функциональная. Также на этом поле видно что, чем теплее температуры, тем более разбросаны точки, что обусловлено различной

теплоемкостью воздуха и почвы при наличии суточного хода. При низких температурах не очень высокая связь между параметрами так же обусловлена различной теплоемкостью воздуха и почвы: воздух нагрелся до положительных температур, а почва еще промерзшая, и ее температура не превышала нулевую отметку, что хорошо видно на рисунке 3.6. Наиболее тесная зависимость температурных параметров воздуха и почвы наблюдается в 0 °С.

3.4. Анализ изменчивости температурного режима за июль 2021 года

На рисунке 3.10 показаны изменения температуры воздуха и температуры почвы в июле 2021 года. По графикам видно, что в течение всего июля температура воздуха и почвы была положительной и не пересекала нулевую отметку.

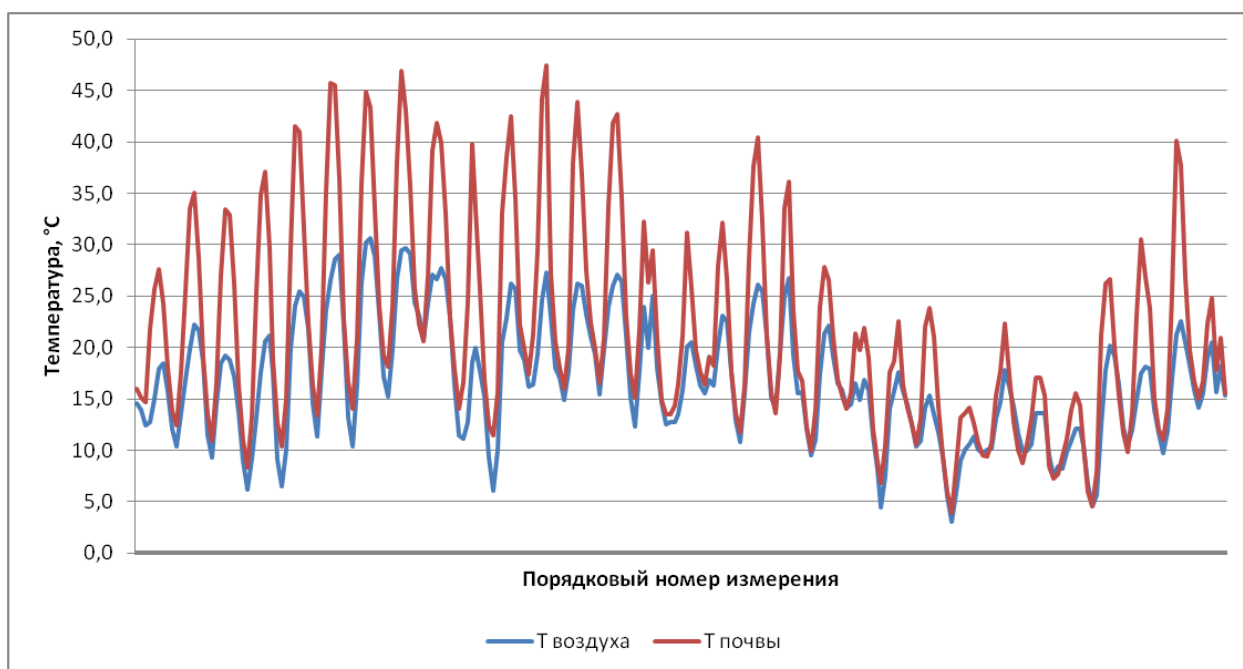


Рисунок 3.10 – График изменения температуры воздуха и почвы за июль

Температурный режим воздуха и почвы на протяжении всего месяца изменяется практически синхронно. По графику также видно, что в ночное

время показания температур сильно отличаются от дневных показателей, что обусловлено наличием четкого суточного хода. Только в отдельные дни в дневное время суточный ход несколько сбивается. По графику видно, что чем теплее температуры, тем больше разница между ними. При этом наибольших значений достигает температура почвы. Это можно объяснить различной теплоемкостью воздуха и почвы, а так же особенностями измерения: датчик температуры воздуха защищен от прямых солнечных лучей радиационной защитой, а датчик температуры почвы расположен на поверхности. Эта особенность хорошо прослеживается в таблице 3.5.

Среднее значение температуры воздуха в июле составило 16,8 °С, среднее значение температуры почвы – 21,7 °С. Медиана (16,3°С и 19,5 °С) и диапазон изменения температур (27,6 °С и 43,6 °С) отличаются на 3,2 °С и 16 °С соответственно.

Минимальные значения температур были в третьей декаде июля (воздуха – 3,0 °С и почвы – 3,9 °С). Максимальное значение температуры воздуха было в первой декаде июля и составило 30,6 °С. Максимальное значение температуры почвы было в начале второй декады июля – 47,5 °С.

Таблица.3.5

Статистические характеристики июля

	Температура воздуха, °С	Температура почвы, °С
Среднее	16,8	21,7
Стандартная ошибка	0,4	0,6
Медиана	16,3	19,5
Мода	12,7	33,5
Стандартное отклонение	5,9	9,9
Дисперсия выборки	34,9	98,8
Экссесс	-0,5	-0,3
Асимметричность	0,2	0,7
Интервал	27,6	43,6
Минимум	3,0	3,9
Максимум	30,6	47,5

На рисунке 3.11 и 3.12 показаны гистограммы распределения температуры воздуха и почвы в июле 2021 года. Как можно увидеть, распределение температур правостороннее. Распределение температуры воздуха (рис. 3.11) имеет абсолютный максимум в значении 16 °С (36 срока). Минимальное количество сроков (1 срок) наблюдается при значении 4 °С. Распределение близко к нормальному.

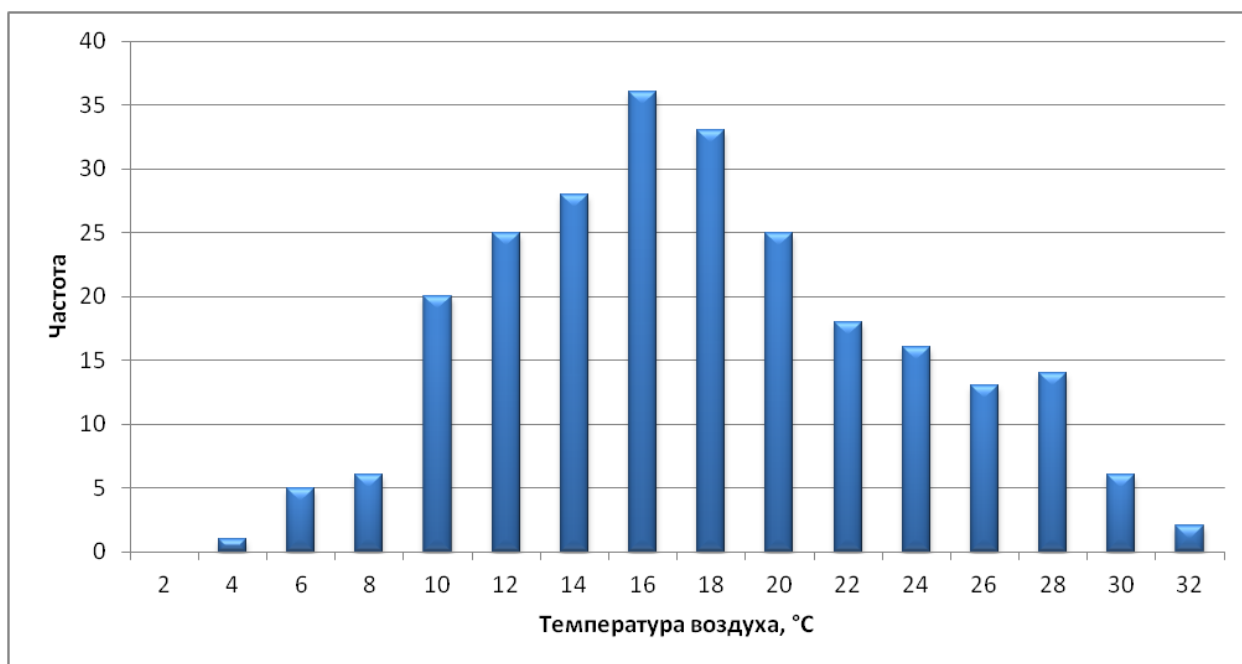


Рисунок 3.11 – Гистограмма распределения температуры воздуха за июль

Распределение температуры почвы обладает достаточно большим положительным хвостом (рис. 3.12) и очень похоже на бимодальное. Имеет абсолютный максимум в значении 18 °С (30 сроков) и второй локальный максимум, который однозначно связан с сильным прогревом поверхности почвы в дневное время (в значении 34 °С). Наименьшее количество сроков (1 срок) отмечено при температуре 4 °С.

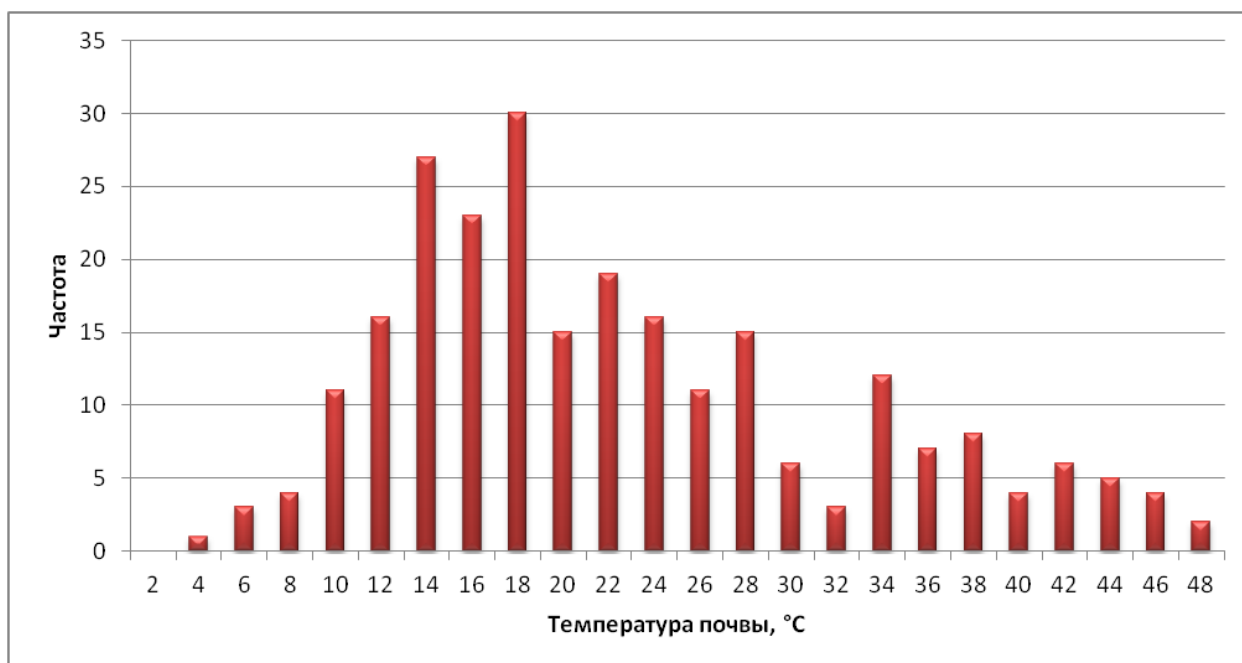


Рисунок 3.12 – Гистограмма распределения температуры почвы за июль

В таблице 3.6 показаны результаты расчета коэффициента корреляции для температур воздуха и почвы в июле 2021 года. Степень корреляционной связи ($r=0,91$) за исследуемый период по шкале Чеддока весьма высокая, так как $0,9 < |r_{xy}| < 1$.

Таблица.3.6

Степень корреляционной связи

	Температура воздуха, °C	Температура почвы, °C
Температура воздуха, °C	1	
Температура почвы, °C	0,9102	1

На рисунке 3.13 изображено поле корреляции, на котором видно, что корреляция линейная и связь между температурными параметрами воздуха и почвы функциональная. Также на этом поле видно что, чем теплее температуры, тем более разбросаны точки, что обусловлено разным суточным ходом измеряемых параметров. Наиболее тесная зависимость

температурных параметров воздуха и почвы наблюдается в диапазоне от 5°C до 13°C.

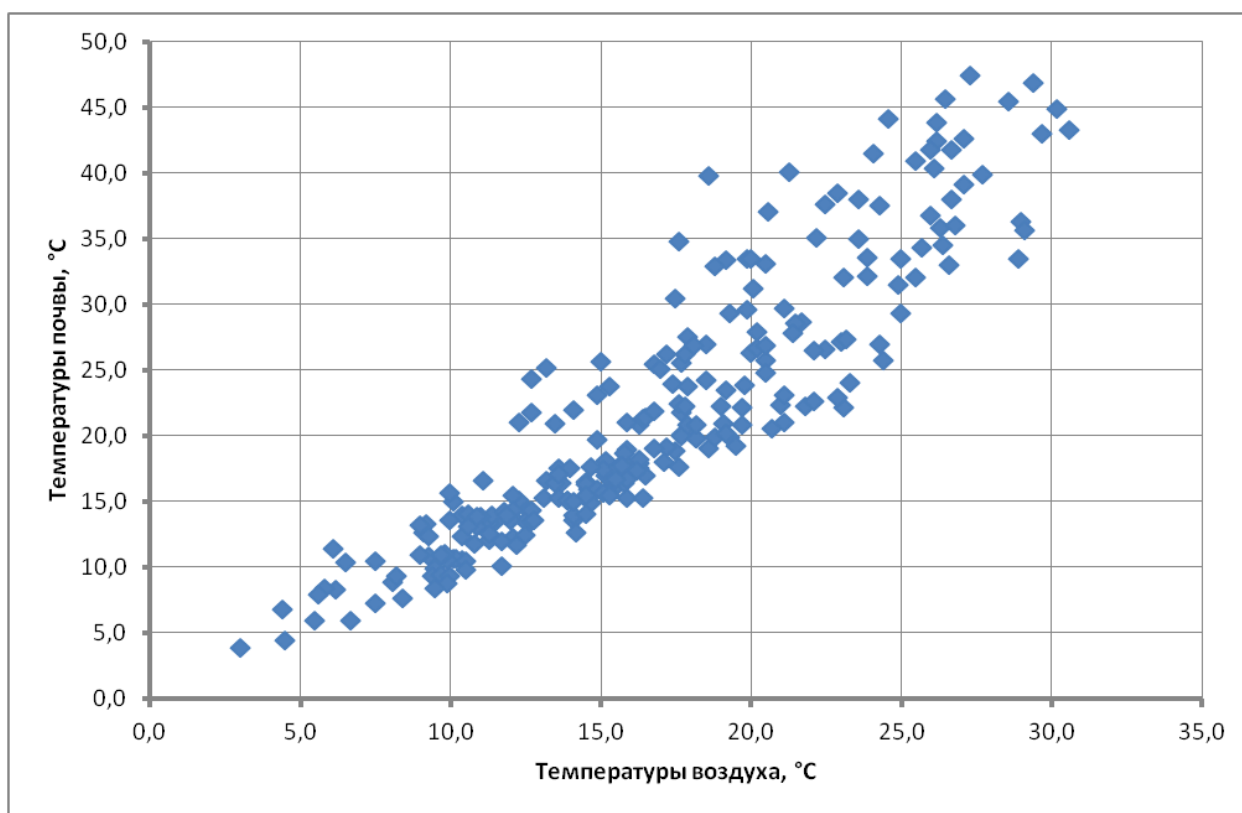


Рисунок 3.13 – Поле корреляции июля

3.5. Анализ изменчивости температурного режима за октябрь 2021 года

На рисунке 3.14 показаны изменения температуры воздуха и температуры почвы в октябре 2021 года. По графикам видно, что в течение всего октября температура воздуха и почвы была положительной, а в третьей декаде можно отметить, характерный, для данного времени года, переход в отрицательную область. В конце первой декады был заморозок, температуры опускались ниже 0 °С. В третьей декаде были не большие подъемы температур выше 0 °С. Температурный режим воздуха и почвы на протяжении всего октября изменяется практически синхронно. По графикам видно, что разница между температуры воздуха и почвы не значительная.

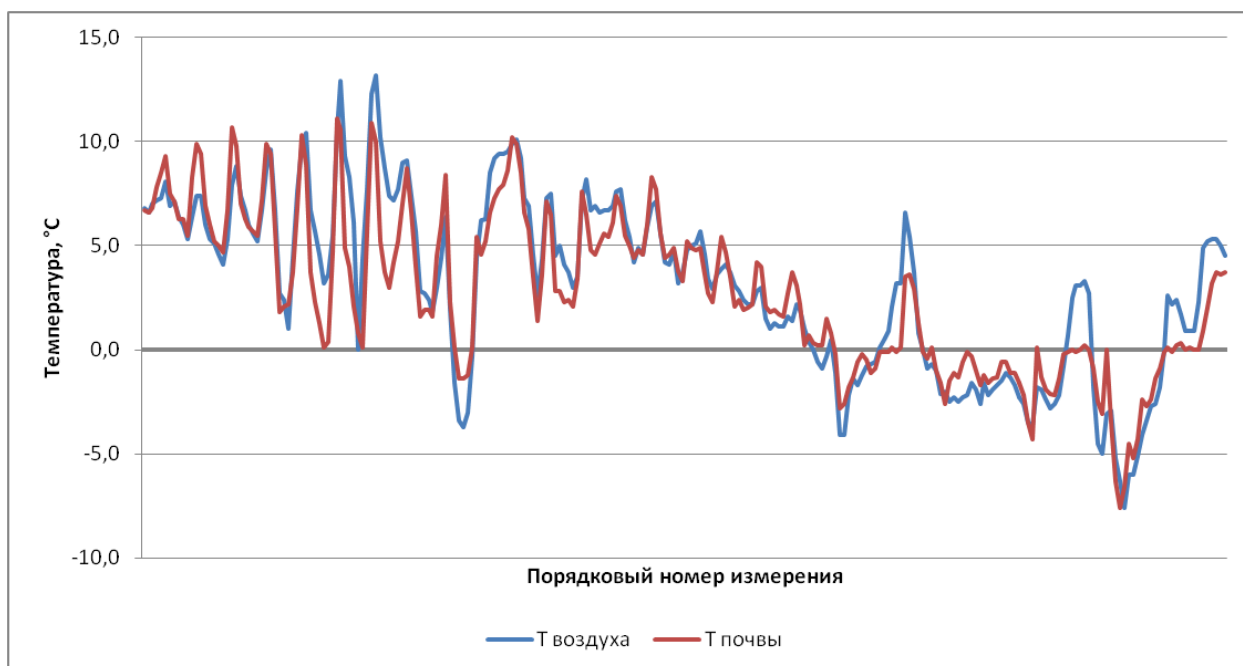


Рисунок 3.14 – График изменения температуры воздуха и почвы за октябрь

Согласно данным таблицы 3.7, среднее значение температуры воздуха в октябре составило 3,1 °С, среднее значение температуры почвы – 2,7 °С. Медиана (3,4 °С и 2,4 °С) и диапазон изменения температур (20,8 °С и 18,7 °С) отличаются на 1 °С и 2,1 °С соответственно.

Таблица.3.7

Статистические характеристики октября

	Температура воздуха, °С	Температура почвы, °С
Среднее	3,1	2,7
Стандартная ошибка	0,3	0,2
Медиана	3,4	2,4
Мода	6,7	0,1
Стандартное отклонение	4,2	3,8
Дисперсия выборки	17,6	14,3
Экссесс	-0,7	-0,6
Асимметричность	-0,2	0,1
Интервал	20,8	18,7
Минимум	-7,6	-7,6
Максимум	13,2	11,1

Минимальное значение температуры воздуха ($-7,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) и почвы ($-7,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) было в третьей декаде октября. Максимальное значение температуры воздуха ($13,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) и почвы ($11,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) было в первой декаде месяца.

На рисунке 3.15 и 3.16 показаны гистограммы распределения температуры воздуха и почвы в октябре 2021 года. Как можно увидеть, распределение температур немного отличается. Распределение температуры воздуха левостороннее, значит большинство зафиксированных значений меньше максимума, а распределение почвы – правостороннее, и большинство измеренных значений выше максимального значения.

Распределение температуры воздуха (рис. 3.15) имеет абсолютный максимум в значении $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (46 сроков). Минимальное количество сроков (3 срока) наблюдается при значении $14\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Распределение температуры почвы (рис. 3.16) имеет абсолютный максимум в значении $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (54 срока). Наименьшее количество сроков (3 срока) отмечено при температуре $14\text{ }^{\circ}\text{C}$.

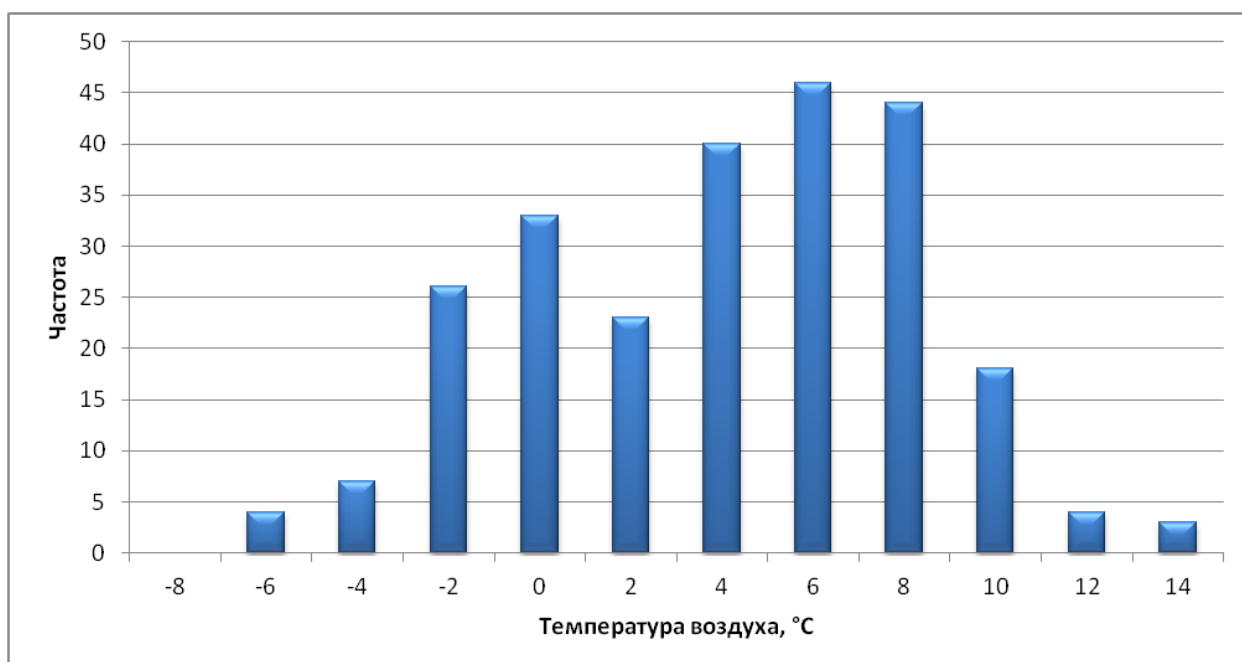


Рисунок 3.15 – Гистограмма распределения температуры воздуха за октябрь

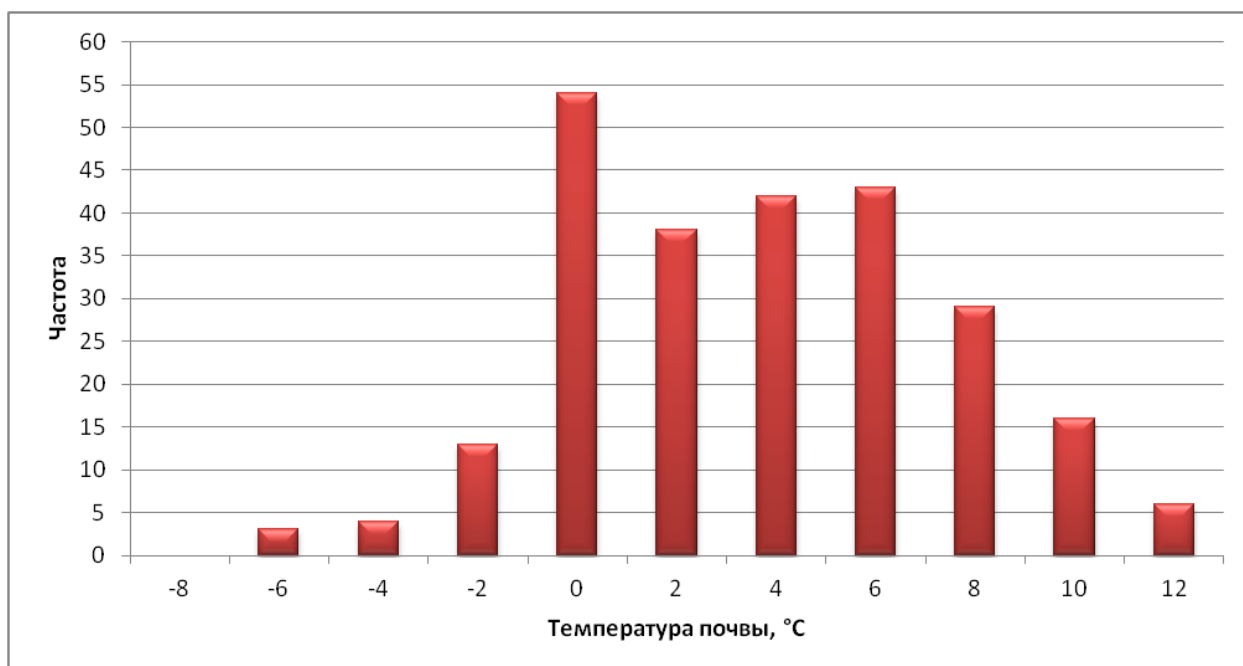


Рисунок 3.16 – Гистограмма распределения температуры почвы за октябрь

В таблице 3.8 показаны результаты расчета коэффициента корреляции для температур воздуха и почвы в октябре 2021 года. Степень корреляционной связи ($r=0,93$) за исследуемый период по шкале Чеддока весьма высокая, так как $0,9 < |r_{xy}| < 1$, что говорит о тесной связи температурных параметров.

Таблица 3.8

Степень корреляционной связи

	<i>Температура воздуха, °C</i>	<i>Температура почвы, °C</i>
<i>Температура воздуха, °C</i>	1	
<i>Температура почвы, °C</i>	0,9318	1

На рисунке 3.17 изображено поле корреляции, на котором видно, что корреляция линейная и связь между температурными параметрами воздуха и почвы функциональная. Также на этом поле видно что, чем теплее температуры, тем более разбросаны точки, что обусловлено различной теплоемкостью воздуха и почвы. Так же небольшой разброс точек

наблюдается при значении температур около минус 5 °С. Небольшой разброс точек обусловлен наличием суточного хода и особенностью температурного режима почвы в осенний период, когда почва остывает медленнее воздуха. Наиболее тесная зависимость температурных параметров воздуха и почвы наблюдается в диапазоне от -3 °С до 1 °С.

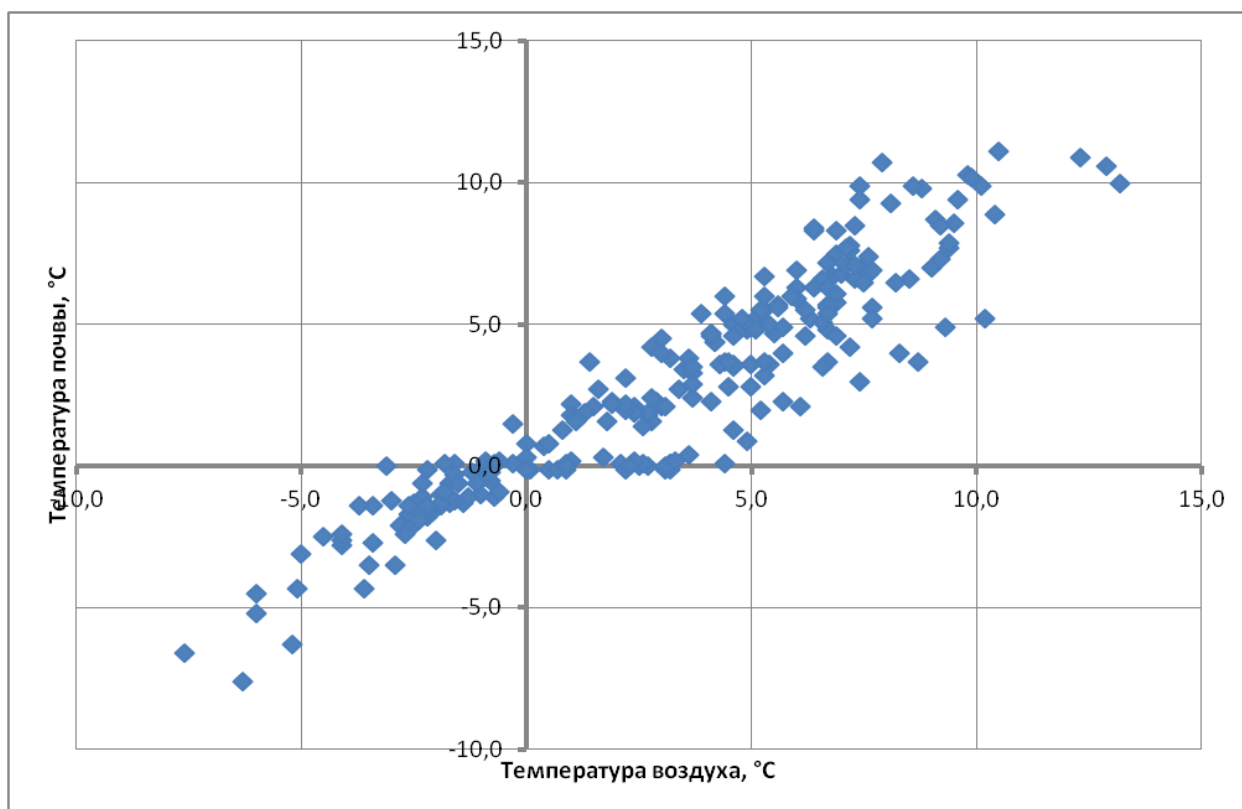


Рисунок 3.17 – Поле корреляции октября

Заключение

В работе проведено исследование изменчивости температуры воздуха и температуры почвы, измеренных АМК на метеорологической станции Сура Пинежского района Архангельской области за 2021 год.

Январь – самый холодный месяц года. Распределение температуры воздуха имеет абсолютный максимум в значении $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (34 срока), температуры почвы – в значении $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (35 сроков). Наибольшее количество значений температур воздуха и почвы расположены ниже максимального значения.

В апреле произошел переход температурных параметров через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, что соответствует климатической норме. Распределения температурных параметров достаточно сильно отличаются: распределение температуры воздуха близко к нормальному, а распределение температуры почвы имеет несколько локальных максимумов. Это обусловлено наличием снежного покрова в первой декаде месяца и различием теплоемкости воздуха и почвы.

Июль – самый теплый месяц года. Распределение температуры воздуха близко к нормальному, но обладает небольшим положительным хвостом, имеет абсолютный максимум в значении $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ (36 сроков). Распределение температуры почвы имеет абсолютный максимум в значении $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (30 сроков) и второй локальный максимум, который однозначно связан с сильным прогревом поверхности почвы в дневное время (в значении $34\text{ }^{\circ}\text{C}$).

В октябре 2021 года наблюдались в основном положительные температуры воздуха и почвы с небольшими переходами через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в третьей декаде месяца, наиболее продолжительными у температурных параметров почвы. Распределение температуры воздуха и почвы достаточно сильно отличаются. Для температуры воздуха распределение левостороннее и имеет абсолютный максимум в значении $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (46 сроков). Для температуры почвы распределение правостороннее и имеет абсолютный максимум в значении $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (54 срока).

Сравнение среднемесячных значений температуры воздуха с климатической нормой позволяет посмотреть климатическую изменчивость в отдельные годы. Так январь 2021 года по сравнению с климатической нормой оказался более холодным (на 2 °С). Апрель и октябрь 2021 года оказались выше климатической нормы примерно на 3 °С, июль – на 2 °С.

Связь между температурами воздуха и почвы за все исследуемые периоды достаточно сильная – коэффициент корреляции во все месяцы значим, и составляет от 0,77 до 0,98. Выполненный анализ тесноты связи между температурными параметрами позволяет отметить несколько интересных моментов.

Наиболее тесная связь между температурными параметрами воздуха и почвы наблюдается в январе ($r=0,98$) и в октябре ($r=0,93$). В январе наиболее тесная зависимость температурных параметров воздуха и почвы наблюдается в диапазоне от минус 12 °С до 0 °С. При низких значениях температур, от минус 30 до минус 40 °С связь параметров становится менее функциональной (наблюдается больший разброс значений), что обусловлено различной теплоемкостью воздуха и почвы. В октябре наибольший разброс значений наблюдается при более высоких температурах, что обусловлено наличием суточного хода и особенностью температурного режима почвы в осенний период, когда почва остывает медленнее воздуха.

Менее явная зависимость температур воздуха и почвы была в апреле ($r=0,77$). Это связано с наличием снега на поверхности почвы в первой декаде месяца, что привело к значительным отличиям между температурными параметрами. Так разброс значений составил 22,3 °С (для воздуха) и 30,8 °С (для почвы).

В июле связь между параметрами достаточно высокая ($r=0,91$). Температуры воздуха и почвы изменяются практически синхронно, но в дневное время наблюдается большая разница температур, при этом наибольших значений достигает температура почвы. Это можно объяснить различной теплоемкостью воздуха и почвы, а так же особенностями

измерения: датчик температуры воздуха защищен от прямых солнечных лучей радиационной защитой, а датчик температуры почвы расположен на поверхности.

В ходе работы были выполнены все поставленные задачи:

- изучены физико-географические и климатические характеристики исследуемого района;
- собраны и подготовлены архивные данные за 2021 год по температуре воздуха и поверхности почвы;
- проведен анализ изменчивости температурного режима по данным метеостанции;
- рассмотрена и оценена зависимость двух температурных параметров в различные сезоны года.

Использованные источники

1. <http://pinezhye.ru/> - Официальный сайт администрации Пинежского муниципального района. Дата обращения – 01.03.2022.
2. <http://sevmeteo.polarpost.ru/>. Дата обращения – 5.03.2022.
3. Справочник по климату СССР. (Электронный ресурс). Режим доступа: <https://www.studmed.ru/science/nauki-o-zemle/meteorologiya-i-klimatologiya/spravochnik-po-klimatu-sssr/>
4. Паспорт гидрометеорологической станции.
5. Руководство пользователя: Программный комплекс для автоматизированных гидрометеорологических комплексов Almeta Monitor, 2018.
6. Автоматические метеорологические станции: в 2 т. / К.Л. Восканян, А.Д. Кузнецов, О.С. Сероухова. — Ч. 1. Тактико-технические характеристики: учебное пособие. — СПб.: РГГМУ, 2016. — 170 с.