



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

Кафедра метеорологии, экологии и природопользования

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)
по направлению подготовки 05.03.05 Прикладная гидрометеорология
(квалификация – бакалавр)

На тему «Определение расчётных климатических показателей для метеорологической станции с коротким периодом наблюдений» для

Исполнитель Корзун Сергей Николаевич

Руководитель к.г.н., доцент Иошпа Александр Рувимович

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«21» Апреля 2025 г.

Туапсе
2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1 Характеристика района исследований	7
1.1 Основные сведения, физико-географическое положение района исследований	7
1.2 Климатическая характеристика района исследований, сведения о сети метеорологических станций и наблюдениях на них	11
2 Теоретическая форма основных методов для расчета климатических показателей метеорологической станции с коротким периодом наблюдений ...	24
2.1 Определение расчетных климатических показателей методом пространственной интерполяции от ближайших метеостанций	24
2.2 Определение расчетных климатических показателей методами парной и множественной линейной регрессии с ближайшими метеостанциями	29
3 Расчет климатических показателей для метеорологической станции с коротким периодом наблюдений	38
3.1 Расчет климатического показателя среднего месячного атмосферного давления на уровне моря для метеостанции Кодинск.....	39
3.2 Расчет климатического показателя средней месячной температуры воздуха для метеостанции Кодинск	44
3.3 Расчет климатического показателя количества осадков за месяц для метеостанции Кодинск.....	50
3.4 Анализ результатов расчета, выводы, итоговое определение расчетных климатических показателей (расчетной климатической нормы) метеостанции Кодинск.....	56
Заключение	65
Список использованной литературы.....	69
Приложение 1 Климатические нормы по метеостанциям за период с 1991 по 2020 гг.	72

Приложение 2 Данные параллельных метеонаблюдений за период с 2016 по 2024 гг.	74
Приложение 3 Результаты расчета норм количества осадков по методу линейной парной регрессии для метеостанции «У» (до и после коррекции исходных данных).....	83

Введение

Качественная метеорологическая информация очень важна для различных отраслей экономики любого современного государства. Результат работы многих промышленных и сельскохозяйственных предприятий напрямую связан с погодно-климатическими факторами, которые влияют на процессы производства и планирования, потери и итоговый финансовый результат. По данным Росгидромета, совокупный экономический эффект от использования метеоинформации в отраслях экономики за 2023 год - 85 млрд. рублей [11, с.51].

Главными факторами цепочки «погода-потребитель» для отраслей экономики, промышленности и производства являются оперативность, качество текущей, прогностической и климатической метеорологической информации.

Доступность и оперативность метеорологической информации в России находится в целом на высоком уровне. Потребители получают информацию о метеоусловиях достаточно быстро. Деятельность Росгидромета направлена на оперативное предоставление актуальной и достоверной метеорологической информации, имеющей важное значение для общества и государства. Медиаиндекс Росгидромета вырос за 2023 год на 10,2 % [11, с.66].

Качество наблюдаемой метеоинформации и прогнозов погоды зависит от плотности метеорологических станций. По разным оценкам, в России, в силу большой территории, плотность сети метеостанций крайне недостаточна, что напрямую влияет на качество метеорологических данных. Количество данных метеорологических и климатических наблюдений в России, недостаточно.

Первая сеть регулярных метеорологических наблюдений в России была организована по резолюции Императора Николая I еще в 1834 году [2, с.1]. Наиболее развитой и плотной сеть метеонаблюдений в России была в годы СССР, однако уже в начале 90-х годов прошлого столетия была значительно упразднена из-за недостатка финансирования. Сегодня, в России насчитывается около 3600 метеостанций и постов, в том числе около 1600

режимных станций с персоналом и около 300 автоматических метеорологических станций (АМС).

Для увеличения плотности сети, повышения качества, оперативности данных о погоде, в период 2009-2011 гг. проводилась модернизация сети Росгидромета, плотность наблюдательной наземной метеорологической сети, была частично увеличена, за счет дополнительной установки комплексов АМС.

Глубина рядов данныхна дополнительно установленных АМС, сегодня составляет 10-15 лет, что недостаточно для расчета климатических норм. ВМО рекомендует вычислять климатические нормы путем осреднения непрерывных наблюденийза период - не менее 30 лет. Средние многолетние значения метеовеличин, которые получены за меньший период, не могут достоверно отражать значение климатической нормы.В связи с чем, при анализе климата, возникает проблема сопоставимости (однородности) данных наблюдений на какой-то территории, например в районе ближайших метеостанций.

Устранение неоднородности исходных рядов данныхмежду метеостанцией с коротким периодом наблюдений и ближайших метеостанций основной сети с длительным периодом работу (30 и более лет), может быть достигнуто только «расчетным путем».

Определение «расчетных»климатических норм (показателей, величин)может быть выполнено при помощи нескольких основных методов: метода линейной интерполяции климатических норм от ближайшихметеостанций основной наблюдательной сети или методов регрессии и корреляциис оценкой степени статистической связи между данными станций с коротким рядом наблюдений и ближайшими станциями основной наблюдательной сети.

Актуальность работы – обеспечение однородности исходных данных наблюдений метеостанции с коротким периодом (рядом) наблюдений с целью их применения для сравнительной оценки с действующими климатическими нормами станций основной сети метеонаблюдений.

Цель работы: произвести определение (расчет) основных расчетных климатических показателей (атмосферного давления, температуры воздуха, количества осадков) для метеорологической станции с коротким периодом наблюдений за действующий период климатических норм (1991-2020 гг.).

Задачи по достижению цели: определить объект исследований (метеостанцию с коротким периодом наблюдений); привести основные физико-географические, климатические и другие основные характеристики в районе объекта исследований; выполнить сбор, обработку исходных данных по исследуемой и ближайшим метеостанциям основной сети наблюдений (с рядом данных 30 лет и более); привести краткие теоретические сведения о возможных расчетных методах для достижения цели исследований; при помощи пакета Microsoft Excel произвести практические вычисления по выбранным расчетным методам и моделям для расчета; выполнить анализ и оценить результаты расчетов по используемым методам, определить наиболее оптимальные, итоговые значения расчетных климатических показателей (норм) за период 1991-2020 гг. для станции с коротким периодом наблюдений.

Объект исследования – метеорологическая станция с коротким периодом (рядом) метеорологических наблюдений.

Предмет исследования – расчетные среднемесячные климатические показатели (характеристики): атмосферное давление на уровне моря, температура воздуха, количество осадков метеорологической станции с коротким периодом наблюдений.

Для решения поставленных задач использовать ряды данных средних месячных значений атмосферного давления на уровне моря, температуры воздуха, количества осадков метеостанций за период параллельных наблюдений 2016-2024 гг.

1 Характеристика района исследований

1.1 Основные сведения, физико-географическое положение района исследований

Красноярский край занимает центральное положение в Азиатской части России и граничит на западе с Кемеровской, Томской и Тюменской областями, на юге с Республикой Тыва и Хакасия, на юго-востоке с Иркутской областью и на востоке и северо-востоке с республикой Саха (Якутия). Север Красноярского края омывают моря Карское и Лаптевых.

На территории Красноярского края расположена самая северная точка Азии – мыс Челюскин, который находится на значительном расстоянии от центра материка, далеко за полярным кругом, $77^{\circ} 43'$ северной широты.

Рельеф на территории Красноярского края сложен и очень многообразен, общий наклон рельефа прослеживается с юга на север.

Через территорию Среднесибирского плоскогорья к подножию Восточного Саяна протягивается пониженная полоса с высотами 300-500 м над уровнем моря. В пределах этой полосы находится Приангарское и Центрально-Тунгусское плато. Большая часть населенных пунктов расположена на Приангарском плато.

Район исследования – район Богучанской ГЭС, располагается на территории северо-восточной части Центральных районов Красноярского края, в Богучанском (с. Богучаны) и Кежемском (г. Козинск) районах края. Эти районы расположены на южной периферии Среднесибирского плоскогорья, между отрогами гор Восточный Саян и южной периферией Верхне-Тунгусской возвышенности.

На территории этих районов, по их центру, с востока на запад протекает река Ангара. Ангара берет начало из озера Байкал (исток) и впадает в реку Енисей в районе поселка Стрелка (устье) Енисейского района Красноярского края. Протяженность реки – 1 779 км, бассейн реки – 1 039 000 км², исток реки – оз. Байкал, в г. Иркутск Иркутской области (высота уровня реки у истока -

456 м), устье реки – р. Енисей, в районе п. Стрелка Красноярского края (высота уровня реки в устье - 76 м)[27, с. 1].

Территория Кежемского и Богучанского районов Красноярского края располагается в пределах Среднесибирского плоскогорья (в южной его части), которое находится между реками Енисей и Лена. На севере плоскогорье круто обрывается к Северо-Сибирской низменности, а на юге подходит к подножьям Восточного Саяна, Прибайкалья и Северо-Байкальским нагорьям [22, с. 11].

Физическая география местности характеризуется волнистой равниной и отдельными крупнохолмистыми и менее территориями, высотой 400-500 м над уровнем моря. Водоразделы рек в основном плоско-увалистые, отдельные территории заболочены, из болот вытекают реки. Склоны холмов значительно разделены речной долиной Ангары, глубина которой находится примерно на высоте до 180-200 м над уровнем моря.

Рельеф Приангарской провинции Сибирской платформы оценивается большим распространением трапповых гор и поднятий с ровными вершинами, пологими склонами холмов, что относится к структурно-денудационному типу рельефа.

В пределах Кежемского района в основном выделяется эрозионно-аккумулятивный тип рельефа, приуроченный к долине реки Ангара и ее притокам. Долины приточных рек, в целом, хорошо выработаны и широкие (местами заболочены), а на участках распространения траппов – долины узкие с крутым продольным профилем. Почти на всех реках выделяются комплексы высоких и низких террас[22, с.20].

В районе проводимых исследований (у города Кодинск на реке Ангара), расположено одно из крупнейших и современных гидротехнических сооружений - Богучанская гидроэлектростанция (Богучанская ГЭС), мощностью 2997 МВт. Богучанская ГЭС входит в пятерку крупнейших ГЭС России [24, с.1].

Богучанская ГЭС введена эксплуатацию в 2015-2017 годах. Строительство Богучанской ГЭС, шедшее с 1974 до 2017 год (43 года), является

рекордным по продолжительности в истории российской гидроэнергетики. Вывод ГЭС на полную мощность состоялся в июле 2015 года после наполнения водохранилища до проектной отметки 208 метров (этот уровень был достигнут 17 июня 2015 г.).

Богучанская ГЭС (рисунок 1.1) является четвертой и самой нижней в каскаде ГЭС на реке Ангара. Для работы Богучанской ГЭС, организовано искусственное гидротехническое сооружение (водохранилище) – «Богучанское море», площадь которого составляет – 2 326 км², общий объем запасов воды в котором – 58,2 км³. Водоохранилище осуществляет суточное регулирование стока реки Ангары и сезонное регулирование боковой приточности, колебания уровня водохранилища в течение года не превышают 1 м.



Рисунок 1.1 – Богучанская ГЭС, платина ГЭСу г. Козинск

Кроме Богучанской ГЭС, выше по течению на р. Ангара имеются ранее созданные в период СССР: Усть-Илимская ГЭС, Братская ГЭС и Иркутская ГЭС. Карта-схема действующего сегодня каскада ГЭС на реке Ангара приведена на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Карта-схемареки Ангара и каскада ГЭС[23, с.69]

Усть-Илимская ГЭС, является третьей ступенью каскада ГЭС на реке Ангара, расположена в городе Усть-Илимск Иркутской области. Установленная мощность Усть-Илимской ГЭС - 3840 МВт, что является четвертой по мощности ГЭС России. ГЭС имеет водохранилище, площадь которого составляет – 1 922 км², общий объем запасов воды в котором – 58,9 км³.Водоохранилище позволяет осуществлять многолетнее регулирование стока - наполняется в многоводные годы и сбрасывается в маловодные [28, с.1].

Братская ГЭС, является второй ступенью каскада ГЭС на реке Ангара, расположена в городе Братск Иркутской области, её установленная мощность 4500 МВт. Братская ГЭС имеет водохранилище, площадь которого составляет – 5 480 км², общий объем запасов воды в котором – 169,3 км³.Водоохранилище

позволяет осуществлять многолетнее регулирование стока - наполняется в многоводные годы и сбрасывается в маловодные [25, с.1].

Иркутская ГЭС, является первой и самой верхней ступенью каскада ГЭС на реке Ангара, расположена в городе Иркутск Иркутской области, её установленная мощность 761 МВт. Напорные сооружения Иркутской ГЭС образуют самое крупное Иркутское водохранилище, включающее в себя озеро Байкал, уровень которого был поднят, по разным данным, на 0,8 - 1,2 м. Площадь водохранилища составляет – 32 966 км², общий объем запасов воды в котором – 23 002 км³. Полезный объем водохранилища - 31,5 км³. Водохранилище осуществляет многолетнее регулирование стока [26, с.1].

1.2 Климатическая характеристика района исследований, сведения о сети метеорологических станций и наблюдениях на них

Климат Кежемского района Красноярского края резко-континентальный. Характерно тёплое лето и умеренно суровая малоснежная зима. Зимой, на территории района исследований, устанавливается область высокого атмосферного давления (преобладает антициклональный тип погоды). Самый холодный месяц в году – январь, со среднемесячной температурой воздуха в среднем по району -26,7 °С. Абсолютный минимум температуры зафиксирован на метеостанции Кежма, который составил -60 °С. Переход среднесуточной температуры к положительным значениям происходит в конце апреля. Самый тёплый месяц в году - июль, со среднемесячной температурой по району 18,4 °С. Абсолютный максимум температуры воздуха находится на отметке в 37 °С. Переход к среднесуточной температуре выше +10 °С осуществляется в конце мая. Расчётная температура самой холодной пятидневки, составляет -50 °С. Продолжительность отопительного периода - 254 дня. Годовое количество осадков по территории района различно, и составляет 320-380 мм. Летние осадки, в период с апреля по октябрь,

составляют около 75 % годового количества осадков, с максимумами в июле, августе и сентябре[22, с.14].

Основные климатические характеристики для территории Кежемского района Красноярского края приведены по многолетним данным закрытых метеостанций в п. Кежма и п. Климино в таблицах 1.1-1.3.

Многолетние климатические данные температуры воздуха и количества осадков для метеостанции Кежма приведены за период наблюдений 1929-80 гг., для метеостанции Климино – за период 1942-80 гг. [8, с.153, с. 455], [18, с.84].

Таблица 1.1 – Средняя многолетняя температура воздуха в районе исследований по месяцам года, °С

Метеостанция	Янв.	Фев.	Мар.	Апр.	Май	Июн.	Июл.	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.
Кежма	-27,4	-25,1	-14,1	-2,2	6,3	14,9	18,1	14,2	7,1	-1,9	-15,8	-25,7
Климино	-25,9	-24,1	-13,3	-1,6	7,0	15,6	18,7	14,8	7,8	-1,3	-14,7	-24,5
<i>Среднее по району</i>	<i>-26,7</i>	<i>-24,6</i>	<i>-13,7</i>	<i>-1,9</i>	<i>6,7</i>	<i>15,3</i>	<i>18,4</i>	<i>14,5</i>	<i>7,5</i>	<i>-1,6</i>	<i>-15,3</i>	<i>-25,1</i>

Средняя годовая температура воздуха (Т ср.)на метеостанции Кежма, составляет -4,3 °С, на метеостанции Климино, -3,5 °С, и в среднем по району оценивается в -3,9 °С. График годового хода температуры воздуха по месяцам года в среднем по Кежемскому району приведен на рисунке 1.3.

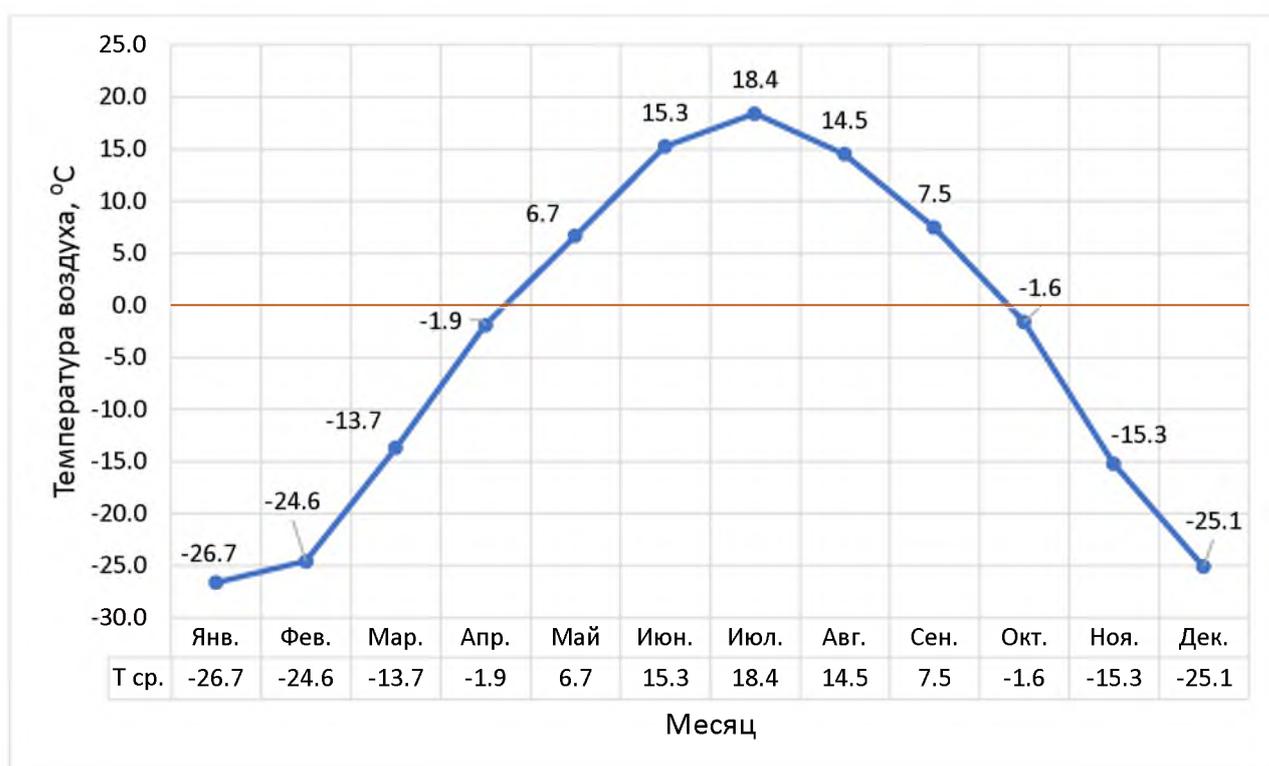


Рисунок 1.3 – Годовой ход средней температуры воздуха по месяцам года

Таблица 1.2– Среднее многолетнее количество осадков в районе исследований по месяцам года, мм

Метеостанция	Янв.	Фев.	Мар.	Апр.	Май	Июн.	Июл.	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.
Кежда	16	10	10	13	31	37	46	55	36	27	23	20
Климино	21	12	11	16	37	45	51	63	43	28	28	24
<i>Среднее по району</i>	<i>19</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>15</i>	<i>34</i>	<i>41</i>	<i>49</i>	<i>59</i>	<i>40</i>	<i>28</i>	<i>26</i>	<i>22</i>

Среднегодовое количество осадков ($Q_{\text{ср.}}$) на метеостанции Кежда – 324 мм, на метеостанции Климино – 379 мм, а в среднем по району годовое количество осадков оценивается в 355 мм. Абсолютный максимум суммы осадков за месяц в соответствии с климатической статистикой наблюдается в августе, и составляет в среднем по району исследований – 59 мм.

График годового хода среднего количества осадков по месяцам года по Кежемскому району (по средним данным метеостанций Кежда и Климино) приведен на рисунке 1.4.

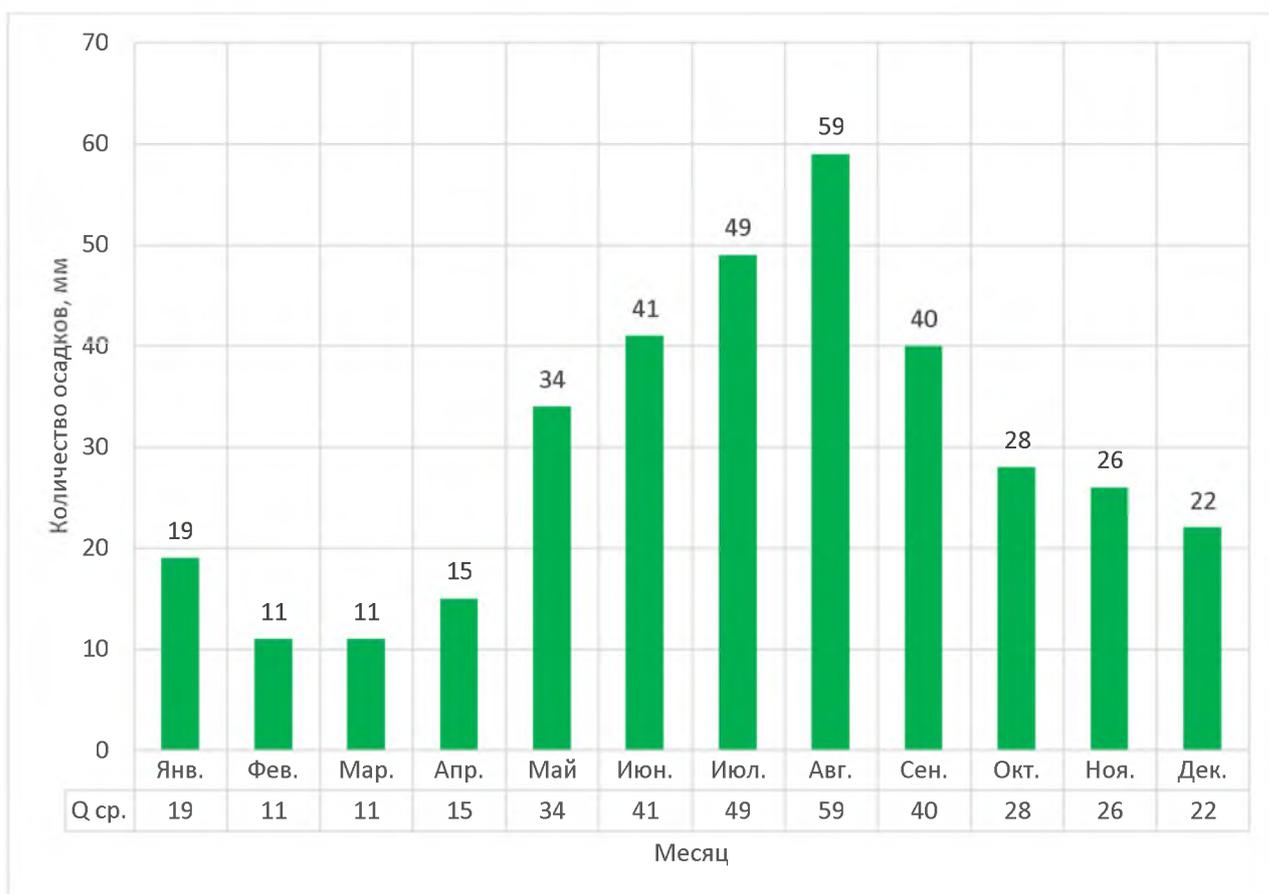


Рисунок 1.4 – Годовой ход среднего количества осадков по месяцам года

Таблица 1.3 – Средняя многолетняя высота снежного покрова в районе исследования (на метеоплощадке) по месяцам года, см

Метеостанция	Янв.	Фев.	Мар.	Апр.	Май	Июн.	Июл.	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.
Кежма	28	32	32	14	*	-	-	-	*	3	12	21
Климино	26	31	32	17	*	-	-	-	*	2	8	19
Среднее по району	27	31	32	16	*	-	-	-	*	3	10	20

Примечание:

* - снежный покров неустойчивый, «-» - снежный покров на метеостанции отсутствует.

Наибольшая средняя за месяц высота снежного покрова (Н сп.) наблюдается в марте и составляет 32 см. Устойчивый снежный покров образуется во второй декаде октября и разрушается в конце апреля. Временный снежный покров с вероятностью менее 50 % от общего числа лет наблюдений (в отдельные годы) может наблюдаться осенью уже во второй-третьей декадах сентября, а весной, снежный покров сходит полностью только во второй-третьей декадах мая. Распределение средней высоты снежного покрова по месяцам года

по Кежемскому району (по средним данным метеостанций Кежма и Климино) приведено на рисунке 1.5.

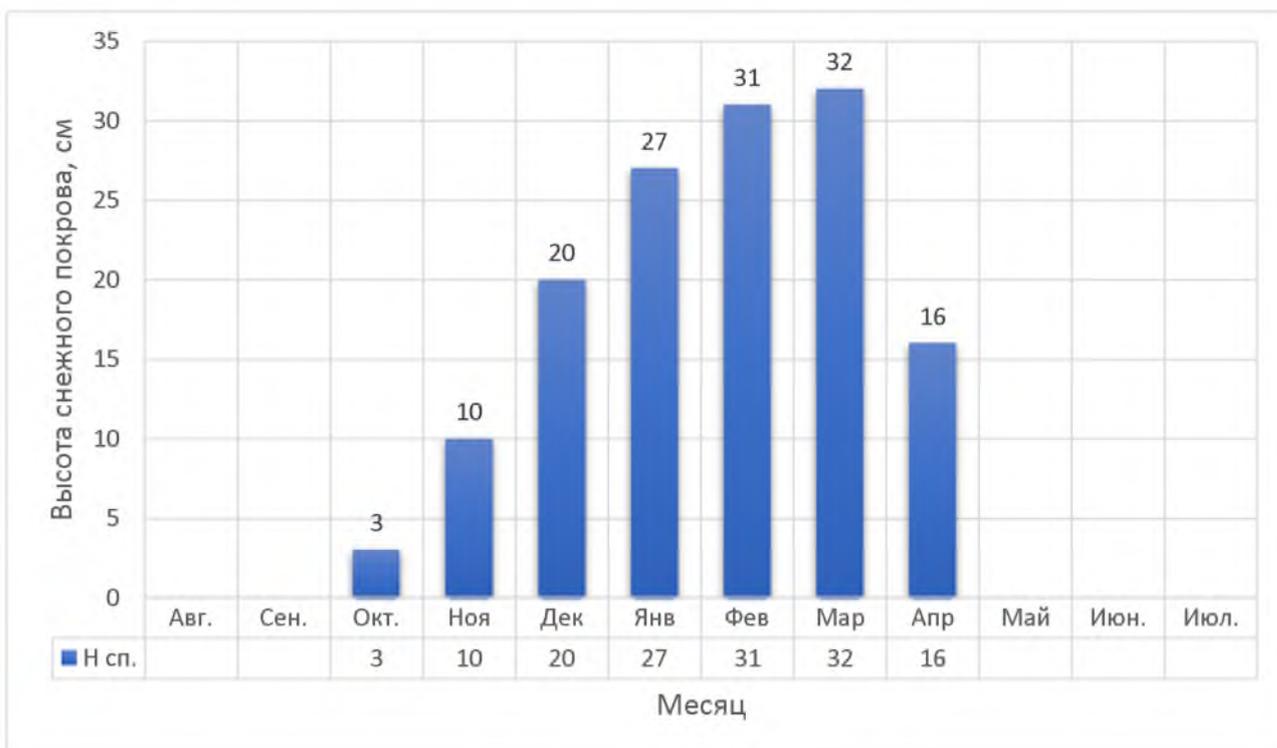


Рисунок 1.5 – Средняя многолетняя высота снежного покрова по месяцам года

Ниже представлены, основные сведения о метеорологических станциях, находящиеся в районе Богучанской ГЭС и порядок наблюдений на них.

До начала затопления водохранилища Богучанской ГЭС на территории Кежемского района Красноярского края действовали две метеостанции с длительным периодом наблюдений (более 30 лет) М Кежма и М Климино. Метеостанция М Кежма попала в зону затопления водохранилища Богучанской ГЭС и была закрыта в 2011 году перед затоплением. Метеостанция М Климино, закрыта ранее, при сокращении наблюдательной сети по всей стране.

На момент пуска и в настоящее время, вблизи Богучанской ГЭС длительные метеонаблюдения (более 30 лет) проводят три метеостанции:

- М «Богучаны» (с. Богучаны Богучанского района Красноярского края) – метеорологическая станция I разряда, находится в составе ГМО Богучаны;
- М «Чемдальск» (п. Чемдальск Эвенкийского муниципального района Красноярского края) – метеорологическая станция II разряда;

- М «Червянка» (п. Червянка Чунского района Иркутской области) – метеорологическая станция II разряда.

Для оперативной оценки метеорологического режима и определения основных климатических характеристик в районе исследуемой территории (район Богучанской ГЭС), на расстоянии 10 км к юго-востоку от платины, в 2015 году была открыта автоматическая метеорологическая станция третьего разряда М-III Кодинск, в составе вновь организованной гидрометеообсерватории (ГМО) – ГМО Кодинск (ФГБУ «Среднесибирское УГМС»).

В силу достаточно большой территориальной отдалённости (от 105 до 250 км) погодно-климатические характеристики на метеостанциях М Чемдальск, М Червянка и М Богучаны могут значительно отличаться от фактических и оцениваться для Богучанской ГЭС, только как приближенные. Для более достоверной оценки погоды и климата в районе ГЭС, данные этих станций должны быть увязаны и рассмотрены с учетом параллельных наблюдений (за некоторый ряд лет) вновь организованной метеостанции М Кодинск.

Основные характеристики метеорологических станций, физико-географическое описание их ближайших окрестностей.

Метеостанция «Богучаны» (ст. «А»). Открыта 23 сентября 1954 г., проводит метеорологические наблюдения по программе метеорологической станции I разряда каждые три часа (в сутки 8 сроков наблюдений).

Метеостанция находится в селе Богучаны Богучанского района Красноярского края на левом берегу в долине р. Ангары. Высота расположения метеорологической площадки 133 м над уровнем Балтийского моря. Станция расположена в центральной части села, застройка села преимущественно малоэтажная, дома из дерева.

К северу от станции на расстоянии около 200-250 м от метеоплощадки протекает р. Ангара, ширина реки в районе станции варьируется от 1500-2300 м, высота берегов в окрестности станции до 2-7 м. Метеостанция расположена среди смешанных лесов, окружающая растительность преобладает хвойных

пород (сосна, лиственница). Рельеф местности в районе станции слабо расчленен, в основном крупнохолмистый, склоны холмов средне сглажены, относительная высота ближайших холмов (в пределах радиуса до 5 км), составляет около 100-300 м. Почвы в районе села и станции преобладают суглинистые с отдельными выходами скальных пород.

Метеостанция «Червянка» (ст. «В»). Открыта в декабре 1935 г., проводит метеорологические наблюдения по программе метеорологической станции II разряда каждые три часа (в сутки 8 сроков наблюдений).

Метеостанция находится в селе Червянка Чунского района Иркутской области. Высота расположения метеорологической площадки 221 м над уровнем Балтийского моря.

Село Червянка расположено в среднем течении реки Муры, левого притока р. Ангары. Село лежит в Мурской низине, ограниченной с востока - Ковинским кряжем, с юга и юго-запада - Бирюсинским плато. Рельеф местности равнинный, спокойный, с высотами 300-400 м. Окружающие долину пространства возвышаются над ее дном менее чем на 100 м. По осевой части низины протекает р. Мура, представляющая собой водоток со спокойным, медленным течением. Река шириной 50 – 60 м течет с юго-запада на северо-восток, ее берега невысокие, заняты в районе села лугами и полями. В 600 м к юго-западу от села на левом берегу расположено пойменное озеро Пидут, которое соединяется небольшой речкой с р. Мурой, его площадь примерно 1000-1500 м². Другое озеро – Круглое лежит к северо-западу от села в 700-800 м, его площадь приблизительно 1500-2000 м². Берега озер заболочены, покрыты мелким кустарником. При весенних разливах р. Мура соединяется с оз. Пидут, ширина реки при этом достигает 1 км, до метеоплощадки вода не доходит всего 10 – 15 м. Село Червянка расположено в таежной местности на левом берегу р. Мура на поле размером 3×3 км, окружено лесами. Леса, в основном, еловые с примесью березы. Окрестности села раскорчеваны и распаханы. Почвы в районе села мерзлотно-болотные и луговые.

Метеоплощадка расположена на террасе, имеющей наклон 10-12°, на западной окраине села, среди обширного поля. Река Мура протекает в 500 м от метеоплощадки. Ближайший лес – ельник, расположен в 400-500 м к юго-западу, высота деревьев 12-14 м. Постройки села деревянные, одноэтажные.

Метеостанция «Чемдальск» (ст. «С»). Открыта 23 сентября 1954 г., проводит метеорологические наблюдения по программе метеорологической станции II разряда каждые три часа (в сутки 8 сроков наблюдений).

Метеостанция находится в поселке Чемдальск Тунгусо-Чунского района Эвенкийского муниципального района Красноярского края. Высота расположения метеорологической площадки 282 м над уровнем Балтийского моря. Метеостанция расположена на окраине поселка вблизи леса, застройка поселка одноэтажная, дома и строения из дерева.

Метеостанция расположена на правом берегу в долине реки Подкаменная Тунгуска. Река протекает на расстоянии около 250-300 м от метеоплощадки, ширина реки 150-200 м, высота берегов в районе станции 10-15 м, левый берег реки пологий, местами сливается с окружающей местностью. Метеостанция расположена среди лесов, местность таежная (преобладает сосна, лиственница). Рельеф местности холмистый, склоны холмов, в основном сглаженные, у реки холмы местами несколько обрывистые, относительная высота ближайших холмов (в пределах радиуса до 500 м), составляет около 60-70 м. Почвы в районе поселка преобладают подзолистые, суглинистые, местами песчаные.

Метеостанция «Кодинск» (ст. «У»). Организована в январе 2016 года, как метеорологический пост с автоматической метеостанцией (АМК Кодинск). С января 2015 года работала в режиме метеорологического поста.

Метеостанция проводит метеорологические наблюдения по сокращенной программе наблюдений метеорологической станции III разряда за температурой и влажностью воздуха, атмосферным давлением, ветром, атмосферными осадками и частично явлениями, высотой снежного покрова. Наблюдения за температурой и влажностью воздуха, давлением и ветром

проводятся в автоматическом режиме (8 раз в сутки) по датчикам автоматизированной метеорологической станции (АМК), которые установлены на метеоплощадке. Наблюдения за количеством осадков и высотой снежного покрова проводятся визуально в сроки наблюдений 00 и 12 ч. ВСВ персоналом метеостанции.

Метеостанция находится в г. Кодинск Кежемского района Красноярского края. Высота расположения метеорологической площадки 256 м над уровнем Балтийского моря. Метеостанция расположена на окраине центральной части городского поселения (в юго-восточной части) вблизи леса. Ближайшая многоэтажная застройка расположена к юго-западу от метеоплощадки на расстоянии 270-280 м. Метеоплощадка расположена среди лесов хвойных пород, на ровном участке земли, вокруг метеоплощадки (со всех сторон, кроме запада) на расстоянии 40-100 м расположен лес хвойных пород.

Метеостанция находится на левом берегу Богучанского водохранилища. Ближайшая граница водного объекта расположена к юго-востоку от метеорологической площадки на расстоянии около 200-250 м. Плотина Богучанской ГЭС расположена к северу от метеостанции на расстоянии 10 км.

Метеорологическая площадка расположена на южном склоне холма среди лесов, местность таежная (преобладает сосна, лиственница). Рельеф местности холмистый, склоны холмов сглаженные, у реки холмы местами несколько обрывистые, относительная высота ближайших холмов (в пределах радиуса до 10 км), составляет около от 50 до 200 м, абсолютная высота холмов 340-445 м над уровнем Балтийского моря. Почвы в районе поселка преобладают дерново-подзолистые, серые лесные почвы, местами суглинистые и супесчаные [22, с. 57].

Организация, состав и сроки наблюдений на метеорологических станциях района исследований.

Основные виды метеорологических наблюдений на метеостанциях района исследований выполняются на метеорологических площадках.

Метеорологическая площадка (метеоплощадка) – это ограниченная

территория в форме квадрата обычно со сторонами 26х26 м, с установленными на ней специальными приборами и оборудованием для проведения метеорологических наблюдений в приземном слое атмосферы.

Общий вид типовой метеорологической площадки метеорологической станции, с расположенным на ней оборудованием и измерительными приборами представлен на рисунке 1.6.

Проводимые наблюдения за атмосферным давлением, температурой и влажностью воздуха, ветром, осадками и другими метеовеличинами на метеорологической станции фиксируются наблюдателем в специальную книжку КМ-1, затем обрабатываются по РД [15]. После чего, в соответствии с международным кодом КН-01 [6, с.2] составляются синоптические и штормовые телеграммы для глобального международного обмена погодой [16, с.4].

За каждый срок наблюдений составляются специальные кодированные тексты («шифровки погоды»), которые при помощи специализированного программного обеспечения помещают на технический носитель и передают для хранения в территориальные и мировые центры данных погоды [7, с.3].



Рисунок 1.6 – Общий вид типовой метеорологической площадки

Метеорологические наблюдения на сети метеорологических станций

России проводятся по единой согласованной методике в синхронные сроки (каждые три часа) по всемирно скоординированному времени (ВСВ), в 00, 03, 06, 09, 12, 15 и 17 часов ВСВ. Наблюдения проводятся по программам в точном соответствии с «Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам. Метеорологические наблюдения на станциях».

Наблюдения за температурой воздуха. На метеостанциях М Чемдальск и М Червянка измерение температуры воздуха производится при помощи специальных термометров, размещенных в психрометрической будке.

Метод измерения температуры воздуха основан на использовании спиртовых и ртутных термометров, которые постоянно установлены в специальной, хорошо вентилируемой и закрытой от прямых солнечных лучей жалюзной будке (психрометрической будке). Резервуары всех термометров, установлены строго на высоте 2 метров от поверхности земли. Влияние солнечной радиации на показания термометров исключаются применением жалюзной защиты будки. Метод измерения температуры воздуха таков, что устойчивые значения показаний термометров определяются как средние, примерно за 3-5 минут. Такое осреднение постоянно, оно обусловлено за счет инерционности самих термометров.

Наблюдения за температурой воздуха являются основным видом наблюдений и носят регулярный характер. Наблюдения проводятся во все сроки метеорологических наблюдений (8 раз в сутки, через каждые 3 часа). Кроме этого, определяют минимальную и максимальную температуру воздуха за период между сроками наблюдений (за интервал последних 3 часов).

Отчет (измерение) по шкалам всем термометров производится с точностью до 0,1 °С. Шкалы всех термометров проградуированы в градусах по Цельсию (°С). Результаты наблюдений по термометрам заносятся наблюдателем каждый срок в книжку для записи метеорологических наблюдений КМ-1.

На метеостанциях М Кодинск и М Богучаны, температура воздуха измеряется при помощи высокоточных датчиков температуры воздуха на базе автоматического метеорологического комплекса (АМК). Датчик измерения

температуры воздуха установлен на метеорологической площадке, размещен на высоте 2 м от поверхности земли в специальном защитном кожухе, который защищает датчик от проникновения прямых солнечных лучей и влияния солнечной радиации. Точность измерений температуры воздуха, при помощи датчиков АМК не хуже, чем $\pm 0,2$ °С по диапазону измерений от +50 до -50 °С.

Наблюдения за температурой воздуха проводятся в соответствие с разделом 6 Наставления гидрометеорологическим станциям и постам, выпуск 3, часть I [10, с.36].

Наблюдения за атмосферным давлением на метеостанции производится во все сроки метеорологических наблюдений (8 раз в сутки, каждые 3 часа). Наблюдения ведутся по единым методикам и приборам с одинаковым классом точности. Измерение атмосферного давления производится по стационарным средствам измерений – барометрам. Барометры расположены в помещении метеостанции вблизи рабочего места метеоролога-наблюдателя. Атмосферное давление на метеорологической станции измеряется в гектопаскалях (гПа).

Для измерения атмосферного давления на метеорологических станциях М Чемдальск и М Червянка применяются барометры стационарные чашечные ртутные, типа СР-А. На метеорологических станциях М Кординск и М Богучаны для измерений атмосферного давления применяется электронный барометр рабочий сетевой БРС-1М (резервное средство измерений) и датчик атмосферного давления РТВ-220 в составе АМК (основное средство измерений). Предел максимальной допускаемой погрешности измерений у датчиков АМК и БРС-1М, не превышает $\pm 0,25$ гПа и $\pm 0,33$ гПа, соответственно.

На метеостанции атмосферное давление первично измеряют на «уровне станции», затем по специальной методике приводят результаты измерений к уровню моря («давление на уровне моря»).

Атмосферное давление на станциях измеряется с точностью до 0,1 гПа, шкалы барометров проградуированы в гектопаскалях (гПа).

Для определения значений и характеристик барометрической тенденции

атмосферного давления (оценки давления за промежутки времени) на метеорологической станции проводятся наблюдения с помощью недельного барографа М-22, который обеспечивает фиксацию атмосферного давления на ленте графика за период, равный одной неделе.

Результаты отсчетов по барометру и барографу (величина и вид кривой) заносятся наблюдателем каждый срок в книжку наблюдений КМ-1.

Наблюдения за атмосферным давлением на метеостанции проводятся по методике раздела 4 Наставления гидрометеорологическим станциям и постам, выпуск 3, часть I. [10, с.20].

Наблюдения за количеством атмосферных осадков (жидких, твердых и смешанных) на всех метеостанциях в районе исследования проводятся при помощи стационарно установленного прибора – осадкомера.

Для измерения количества осадков на метеостанциях широкое применение получил – «Осадкомер Третьякова» (осадкомер О-1). Осадкомер Третьякова имеет сосуд (ведро), с приемной площадью осадков, равной 200 см². Приемная поверхность ведра осадкомера установлена на высоте 2 метров от поверхности земли строго горизонтально поверхности метеоплощадке. Количество выпавших осадков определяется объемом жидкой воды, который получается при сборе осадков стационарным приемным сосудом (ведром) с фиксированной площадью приемной поверхности.

Измерения количества осадков (при их наличии), производится два раза в сутки в утренний срок 00 ВСВ (в 07 ч. местного времени) и вечерний срок наблюдений 12 ВСВ (в 19 ч. местного времени).

Результаты наблюдений за количеством выпавших осадков, заносятся наблюдателем в утренний и вечерний сроки наблюдений в книжку метеонаблюдений КМ-1. Наблюдения за количеством выпавших осадков проводятся в строгом соответствии с методикой раздела 12 Наставления гидрометеорологическим станциям и постам, выпуск 3, часть I [10, с.81].

2 Теоретическая форма основных методов для расчета климатических показателей метеорологической станции с коротким периодом наблюдений

Пусть имеется некоторая метеостанция с коротким периодом наблюдений («Y») и на ближайших расстояниях к ней, расположены три метеостанции с длительным периодом наблюдений 30 и более лет («A», «B» и «C»). Если в результате сопоставления данных, некоторой однородной метеовеличины на нескольких станциях, обнаруживается её пространственная взаимосвязь, то можно построить регрессионные модели с учетом пространственных эффектов, которые позволят определить факторы, влияющие на исследуемый показатель и оценить степень такого влияния [3, с. 7].

Для решения задачи по получению значений расчетного климатического показателя (расчетной климатической нормы) некоторой метеовеличины для исследуемой метеостанции с коротким рядом наблюдений («Y»), определим теоретическую форму основных возможных методов расчета [3, с.13]:

- 1) метод пространственной интерполяции фактической климатической нормы метеоэлементов от ближайших метеостанций (метод I);
- 2) метод парной линейной регрессии параллельных рядов данных двух ближайших метеостанций (метод II);
- 3) метод множественной линейной регрессии параллельных рядов данных группы ближайших метеостанций (метод III).

2.1 Определение расчетных климатических показателей методом пространственной интерполяции от ближайших метеостанций

Метод интерполяции заключается в следующем. В качестве влияющих факторов для метеостанции «Y» выступают фактические климатические нормы метеоэлемента, линейно интерполированные от ближайших метеостанций с длительным периодом наблюдений («A», «B» и «C»). Интерполяция проводится

с учетом линейных весовых коэффициентов, определенных по расстояниям от станции «Y» до станций «А», «В» и «С».

Значение «расчетной климатической нормы» для метеостанции «Y» определяется как сумма произведений весового линейного коэффициента на значение климатической нормы каждой ближайшей станции (формула 2.1).

В общем виде, значение «расчетной климатической нормы» для станции «Y» определяется, как:

$$Y = \alpha_{YA} \cdot A + \alpha_{YB} \cdot B + \alpha_{YC} \cdot C, \quad (2.1)$$

где, A, B, C – значение фактической климатической нормы некоторого метеоэлемента на ближайших метеостанциях «А», «В» и «С», соответственно;

$\alpha_{YA}, \alpha_{YB}, \alpha_{YC}$ – линейные весовые коэффициенты до ближайших метеостанций «А», «В», «С», соответственно.

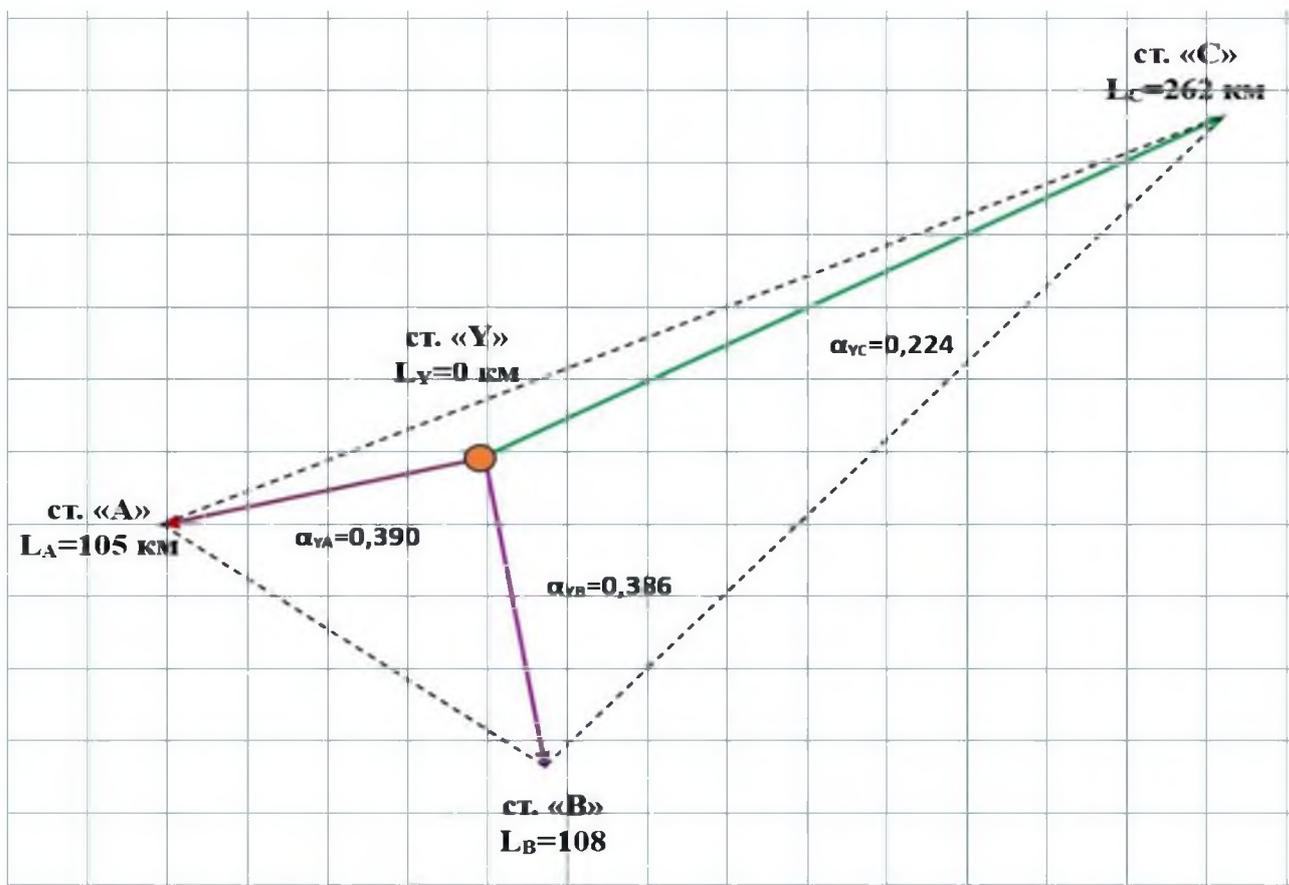


Рисунок 2.1 – Расположение метеорологических станций в пространстве

Для определения расчетных линейных весовых коэффициентов, примем, что вокруг метеостанции «Y» на некотором расстоянии от неё L_A , L_B и L_C , расположены метеостанции «A», «B» и «C». Взаимное расположение станции «Y» и ближайших станций «A», «B» и «C» приведено на рисунке 2.1.

Физический смысл линейных весовых коэффициентов α_{YA} , α_{YB} , α_{YC} для станции «Y», состоит в оценке доли влияния в пространстве метеовеличин (климатических норм) ближайших станций «A», «B» и «C». Определим, что весовые коэффициенты α_{YA} , α_{YB} и α_{YC} обратно пропорциональны расстояниям L_A , L_B и L_C от станции «Y» до станций «A», «B» и «C», а сумма всех весовых линейных коэффициентов равна единице, тогда запишем: $\alpha_{YA} + \alpha_{YB} + \alpha_{YC} = 1$.

Таким образом, весовые линейные коэффициенты α_{YA} , α_{YB} , α_{YC} для станции «Y» относительно станций «A», «B» и «C», можно определить как:

$$\alpha_{YA} = \frac{1}{N-1} \cdot \left(1 - \left(\frac{L_A}{L_A + L_B + L_C} \right) \right), \quad (2.2)$$

$$\alpha_{YB} = \frac{1}{N-1} \cdot \left(1 - \left(\frac{L_B}{L_A + L_B + L_C} \right) \right), \quad (2.3)$$

$$\alpha_{YC} = \frac{1}{N-1} \cdot \left(1 - \left(\frac{L_C}{L_A + L_B + L_C} \right) \right), \quad (2.4)$$

где: N – общее число ближайших станций, участвующих в расчете;

L_A, L_B, L_C – расстояние (в км) от станции «Y» до станций «A», «B» и «C», соответственно.

Используя уравнение (2.2) и данные о расстояниях (рисунок 1), определим расчетный весовой коэффициент между станцией «Y» и станцией «A», как: $\alpha_{YA} = 1/(3-1) \cdot (1 - (105/(105 + 108 + 262))) = 0,390$.

Используя уравнение (2.3) и данные о расстояниях (рисунок 1), определим расчетный весовой коэффициент между станцией «Y» и станцией «B», как: $\alpha_{YB} = 1/(3-1) \cdot (1 - (108/(105 + 108 + 262))) = 0,386$.

Используя уравнение (2.4) и данные о расстояниях (рисунок 1), определим расчетный весовой коэффициент между станцией «Y» и станцией «C», как: $\alpha_{YC} = 1/(3 - 1) \cdot (1 - (262/(105 + 108 + 262))) = 0,224$.

Основным преимуществом метода интерполяции метеоэлемента (климатических норм) от ближайшей станции является быстрота проведения расчетов ранее неизвестной величины – климатической нормы станции «Y».

Главным недостатком метода, является то, что «интерполированные» от ближайших метеостанций значения фактических климатических норм, в силу различия влияющих местных условий этих станций (высоты над УМ, рельефа, физико-географических условий), будут, недостаточно репрезентативными для местности, где расположена станция «Y». Метод может быть применён только для предварительной и приближенной оценки климатической нормы ст. «Y».

Рассмотрим способы определение «расчетной» климатической нормы для станции с коротким периодом наблюдений методом интерполяции фактических климатических норм от ближайших метеостанций для некоторых основных метеорологических величин: атмосферного давления на уровне моря, температуры воздуха и количества осадков.

А) Определение расчетной климатической нормы атмосферного давления на уровне моря $P_{Y(\text{расч.})}$ для метеостанции «Y» производится по данным фактических климатических норм атмосферного давления на уровне моря трех ближайших метеостанций «А», «В» и «С», с учетом линейных весовых коэффициентов, определенных по формулам 2.2-2.4.

Формула величины расчетной климатической нормы атмосферного давления на уровне моря $P_{Y(\text{расч.})}$ для станции «Y» имеет вид:

$$P_{Y(\text{расч.})} = \alpha_{YA} \cdot P_A + \alpha_{YB} \cdot P_B + \alpha_{YC} \cdot P_C, \quad (2.5)$$

где, P_A, P_B, P_C – фактическая климатическая норма атмосферного давления на уровне моря на ближайших станциях «А», «В» и «С», соответственно, в гектопаскалях (гПа).

Б) Определение расчетной климатической нормы температуры воздуха $T_{Y(\text{расч.})}$ для станции «Y» производится по данным фактических климатических норм температуры воздуха трех ближайших станций «А», «В» и «С», с учетом весовых коэффициентов, определенных по формулам 2.2-2.4 и поправок к температуре воздуха на высоту станций ΔTh_{YA} , ΔTh_{YB} и ΔTh_{YC} , рассчитанных по (2.7).

Итоговая формула расчетной климатической нормы температуры воздуха $T_{Y(\text{расч.})}$ для станции «Y» определяется как:

$$T_{Y(\text{расч.})} = \alpha_{YA} \cdot T_A + \alpha_{YB} \cdot T_B + \alpha_{YC} \cdot T_C + \Delta Th_{YA} + \Delta Th_{YB} + \Delta Th_{YC}, \quad (2.6)$$

где, T_A , T_B , T_C – фактическая климатическая норма температуры воздуха на ближайших метеостанциях «А», «В» и «С», соответственно, в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$).

ΔTh_{YA} , ΔTh_{YB} , ΔTh_{YC} – поправка на разность температур, учитывает разницу высот расположения метеостанции «Y» и метеостанций «А», «В» и «С», соответственно. Поправка рассчитывается исходя из условия, что в нижней части тропосферы среднее падение температуры с высотой происходит на величину $0,65 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ м}$ высоты (вертикальный градиент температуры). Вертикальный градиент температуры может быть принят по таблицам стандартной атмосферы, в соответствии с ГОСТ 4401-81.

Вычисление температурной поправки на высоту ΔTh_{YN} между станцией «Y» и некоторой станцией «N», в общем случае, производится по формуле:

$$\Delta Th_{YN} = \frac{h_N - h_Y}{100} \cdot 0,65, \quad (2.7)$$

где, h_Y – высота станции «Y» над уровнем моря, в метрах (м);

h_N – высота станции «N» над уровнем моря, в метрах (м).

В) Определение расчетной климатической нормы количества осадков $Q_{\text{расч.}}$ для станции «У» производится по данным фактических климатических норм количества осадков трех ближайших станций «А», «В» и «С», с учетом весовых коэффициентов, определенных по формулам 2.2-2.4.

Формула для определения расчетной величины климатической нормы количества осадков $Q_{Y(\text{расч.})}$ для станции «У» имеет вид:

$$Q_{Y(\text{расч.})} = \alpha_{YA} \cdot Q_A + \alpha_{YB} \cdot Q_B + \alpha_{YC} \cdot Q_C, \quad (2.8)$$

где, Q_A , Q_B , Q_C – фактическая климатическая норма количества осадков на ближайших станциях «А», «В» и «С», соответственно, в миллиметрах (мм).

2.2 Определение расчетных климатических показателей методами парной и множественной линейной регрессии с ближайшими метеостанциями

На всех метеостанциях производятся параллельные метеонаблюдения, которые строго синхронны во времени и стационарно распределены в географическом пространстве. Наблюдения на станциях производятся по одной и той же методике в соответствии с «Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам. Метеорологические наблюдения на станциях» [10, с. 16-18].

Такая синхронная методика наблюдений, позволяет сравнивать полученные результаты наблюдений на разных метеостанциях между собой и считать их однородными (с точки зрения статистической связи). Однородность данных наблюдений различных метеостанций дает возможность предположить наличие линейной математической связи между метеоэлементами разных метеостанций.

Статистическая связь между отдельными метеоэлементами различных метеостанций может быть установлена расчетным способом при помощи известных методов линейной корреляции и регрессии. К таким, относятся два

основных метода: метод парной линейной регрессии и метод множественной линейной регрессии [12, с.57-64].

Методы парной и множественной линейной регрессии позволяют получить статистические уравнения связи (уравнения регрессии, «модель») определенной надежности, которые можно использовать как «прогнозные» для восстановления отдельных пропущенных значений из многолетнего ряда метеонаблюдений. При помощи математической «модели» на основе уравнений парной или множественной регрессии отдельно для нужного метеоэлемента, с достаточно высокой степенью точности, можно воспроизвести, или как бы «спрогнозировать» отсутствующее (пропущенное) значение метеоэлемента.

Методы регрессии можно применить для восполнения пропусков метеонаблюдений и восстановлении значений климатической нормы таких метеоэлементов, как: температура и влажность воздуха, атмосферное давление на уровне моря, количество осадков, высота снежного покрова, ветер и т.д.

Используя методы парной и множественной регрессии для метеостанций с коротким рядом наблюдений, особый практический интерес представляет получение «расчетных» средних многолетних значений отдельных или группы метеоэлементов – «расчетных климатических норм», распределенных по месяцам года.

Основным преимуществом методов парной и множественной линейной регрессии является повышенная точность и наличие, полученного в ходе регрессии, расчетного оценочного коэффициента (коэффициента корреляции).

Недостатком является некоторая трудоемкость вычислений и проверки множества данных параллельных наблюдений станций. К недостаткам, можно отнести также и то, что при проведении расчетов имеется некоторая неопределенность в том, какое число лет параллельных наблюдений необходимо, чтобы оценочный критерий регрессии (коэффициент корреляции) в расчетной модели, достиг величины - не менее 0,70. На этапе расчетов этот фактор строго не определен, и во многом зависит от качества регрессионной связи и количества исходных данных наблюдений, а также других случайных

факторов, влияющих на построение регрессионной модели. Минимальное число лет параллельных наблюдений, для установления климатической нормы станции «У», должно быть таким, чтобы коэффициент линейной корреляции был бы равен 0,70 и выше.

Рассмотрим способы определения «расчетной» климатической нормы для станции с коротким периодом наблюдений методом парной линейной регрессии.

Метод парной линейной регрессии заключается в установлении парной статистической связи метеовеличины на станции «У» с метеовеличинами на станциях «А», «В» и «С». Статистическая связь устанавливается на базе рядов конечного числа данных (числа наблюдений) отдельно (попарно) между станциями: «У» и «А», «У» и «В», «У» и «С».

В результате статистической обработки параллельных наблюдений каждой пары станций («У» и «А», «У» и «В», «У» и «С») необходимо получить три независимых уравнения парной линейной регрессии (уравнения связи) достаточной плотности и хорошего качества с величиной оценочного критерия (коэффициента корреляции $-r$) – не менее 0,70.

В общем случае, математическое уравнение парной линейной регрессии метеовеличин двух станций имеет вид: $y = a \cdot x + b$, где: a и b – линейные коэффициенты регрессии; y и x – значения метеовеличины на станциях с длительным (x) и с коротким периодами наблюдений (y).

Полученное уравнение парной линейной регрессии является «расчетной моделью» для определения расчетной метеовеличины климатической нормы для станции «У».

Далее, для каждой пары станций («У» и «А», «У» и «В», «У» и «С») в полученные уравнения регрессии, вместо « x » необходимо подставить значение климатической нормы и решить каждое уравнение.

В рамках данной работы, где независимо друг от друга рассматривается три влияющих фактора (фактические климатические нормы станций «А», «В» и

«С») получится три независимых значения расчетных климатических норм для станции «Y», по следующим уравнениям:

$$Y_{\text{расч.А}} = a_1 \cdot A + b_1, \quad (2.9)$$

$$Y_{\text{расч.В}} = a_2 \cdot B + b_2, \quad (2.10)$$

$$Y_{\text{расч.С}} = a_3 \cdot C + b_3, \quad (2.11)$$

где, $Y_{\text{расч.А}}, Y_{\text{расч.В}}, Y_{\text{расч.С}}$ – значения расчетной климатической нормы некоторого метеоэлемента для станции «Y», полученное при парной линейной регрессии станций «Y» и «А», «Y» и «В», «Y» и «С», соответственно;

$a_1, b_1, a_2, b_2, a_3, b_3$, – коэффициенты парной линейной регрессии каждой пары станций «Y» и «А», «Y» и «В», «Y» и «С», соответственно;

A, B, C – значения фактической климатической нормы некоторого метеоэлемента на трех ближайших станциях «А», «В» и «С», соответственно.

В итоге учитывая, что коэффициенты корреляции r_{YA}, r_{YB}, r_{YC} является основными качественным показателем результата парной линейной регрессии, значение климатической нормы для станции «Y» в среднем, наиболее логично определить, как «средневзвешенное» значение между расчетными величинами $Y_{\text{расч.А}}, Y_{\text{расч.В}}, Y_{\text{расч.С}}$ с учетом показателей оценки регрессии (коэффициентов корреляции r_{YA}, r_{YB}, r_{YC}) по выражению:

$$Y = \frac{r_{YA} \cdot Y_{\text{расч.А}} + r_{YB} \cdot Y_{\text{расч.В}} + r_{YC} \cdot Y_{\text{расч.С}}}{r_{YA} + r_{YB} + r_{YC}}, \quad (2.12)$$

где, r_{YA}, r_{YB}, r_{YC} – коэффициенты корреляции, полученные в результате регрессии данных станций: «Y» и «А», «Y» и «В», «Y» и «С», соответственно.

Рассмотрим способы определение «расчетной» климатической нормы для станции с коротким периодом наблюдений методом множественной линейной регрессии.

Метод множественной линейной регрессии заключается в установлении совокупной статистической связи метеовеличины ст. «Y» с метеовеличинами ст. «A», «B» и «C». Связь устанавливается на базе параллельных рядов данных в одной общей совокупности между ст. «Y» и ст. «A», «B» и «C».

В результате статистической обработки параллельных наблюдений всех станций необходимо получить уравнение множественной линейной регрессии достаточной плотности и хорошего качества с величиной оценочного критерия (коэффициента корреляции $-r$) – не менее 0,700.

Математическая модель множественной регрессии, полученная при 9 годах параллельных наблюдений и 3 влияющих станциях, должна также оцениваться по показателю «адекватности расчетной модели»- «F-критерию Фишера» с его (критическим) значением – не менее 5,410.

Уравнение множественной линейной регрессии с учетом трех влияющих (факторных) станций, имеет вид: $y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$, где: a, b_1, b_2, b_3 – свободный член уравнения и коэффициенты уравнения между станцией «Y» и станциями «A», «B» и «C», соответственно; x_1, x_2, x_3 – значения метеовеличин на трех (факторных) станциях «A», «B» и «C», соответственно. Полученное уравнение множественной линейной регрессии является «расчетной моделью» для определения расчетной климатической нормы ст. «Y». Далее, в полученное уравнение регрессии, вместо x_1, x_2, x_3 необходимо подставить значения фактической климатической нормы и решить уравнение.

В рамках данной работы, где совокупно рассматриваются три влияющих фактора (климатические нормы станций «A», «B» и «C»), расчетное уравнение множественной регрессии для определения значения расчетной климатической нормы некоторого метеоэлемента на станции «Y», определяется по выражению:

$$Y_{\text{расч.}} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3, \quad (2.13)$$

где, a, b_1, b_2, b_3 – коэффициенты множественной регрессии станций «A», «B» и «C», соответственно;

X_1, X_2, X_3 – фактическое значение климатической нормы некоторого метеоэлемента на ближайших станциях «А», «В» и «С», соответственно.

Рассмотрим способы определения качества (плотности) связи линейной регрессии и адекватности метеопатической расчетной модели.

Оценку плотности и качества уравнения линейной регрессии принято проводить отдельно для каждого полученного уравнения регрессии при помощи линейного коэффициента корреляции Пирсона (коэффициент корреляции) - r .

Коэффициент корреляции, можно использовать для оценки линейной взаимосвязи между показателями, характеризующими признаки наблюдений одной и той же выборки [3, с.35, с.40].

Коэффициент корреляции служит и мерой тесноты связи, и показателем, характеризующим степень приближения корреляционной зависимости к линейной между исследуемыми значениями x и y . Близость значений r к 0 (нулю), может говорить об отсутствии связи между исследуемыми величинами или о том, что зависимость нелинейная.

Коэффициент корреляции представляет собой среднюю величину произведений отклонений признаков x и y и выражен:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n \sigma_x \sigma_y}, \quad (2.14)$$

где, σ_x и σ_y – среднее квадратичное отклонение, найденное по признакам (рядам) x и y , соответственно.

В общем случае r , может принимать значения от «-1» (строгая отрицательная корреляция) до «+1» (строгая положительная корреляция). Значение r , равное «0» (или около), свидетельствует об отсутствии корреляции.

Степень тесноты связи, полученной в результате регрессии, оценивают по шкале Чеддока (таблица 2.1). Полученные связи, могут быть «слабыми», «умеренными», «сильными» и «очень сильными». Необходимо учитывать, что успешным уравнением регрессии считается то уравнение, при оценке которого

коэффициент корреляции равен 0,7 и более, что по шкале Чеддока соответствует «сильной» и «очень сильной» [21, с. 78].

Таблица 2.1 – Шкала Чеддока для оценки коэффициента корреляции

Шкала оценки корреляции Чеддока	
Значение r	Оценка тесноты связи
0,10 – 0,19	очень слабая
0,20 – 0,29	слабая
0,30 – 0,49	умеренная
0,50 – 0,69	средняя
0,70 – 0,90	сильная
0,90 – 1,00	очень сильная

При оценке значения r , следует иметь в виду, что он рассчитан для ограниченного числа параллельных наблюдений и подвержен случайным колебаниям, как и сами значения статистических рядов x и y . Учитывая это, следует понимать, что как любой другой показатель оценки, он содержит случайную ошибку и не всегда может однозначно отражать реальную связь.

В настоящей работе при построении моделей парной и множественной регрессии, в качестве исходных данных используются средние месячные метеовеличины станции «У» и станций «А», «В», «С» с числом параллельных лет наблюдений, равным 9 годам ($n=9$). В дальнейших расчетах всех оценочных критериев, принят уровень статистической значимости $\alpha=0,05$, уровень статистической надежности $\beta=0,95$.

Критическое наименьшее значение, коэффициента корреляции $r_{кр}$. (при числе наблюдений, $n < 30$) для оценки «значимости», определим по t -критерию Стьюдента в соответствии с рекомендациями [21, с. 168] по формуле:

$$t_{расч.} = \frac{|r|}{\sigma_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}, \quad (2.15)$$

где, σ_r – среднее квадратичное отклонение коэффициента корреляции r .

Расчетное значение $t_{\text{расч.}}$ сопоставляется с табличным значением $t_{\text{табл.}}$, которое находят по таблицам распределения t -критерия Стьюдента при заданном уровне значимости $\alpha=0,05$ и числе степеней свободы, равном $df = n-2$.

Если в результате расчетов получается $t_{\text{расч.}} > t_{\text{табл.}}$, то коэффициент корреляции r считается - «значимым», а связь между x и y - «реальной».

Если в результате расчетов получается $t_{\text{расч.}} < t_{\text{табл.}}$, то коэффициент корреляции r является «случайным», считается - «не значим», а связь между x и y - «отсутствует». t -статистика Стьюдента определяет статистическую значимость отдельного коэффициента регрессии [21, с. 169].

Для условий настоящей работы, вычислим критический показатель $r_{\text{кр.}}$ в интервале r от 0,50 до 0,95 с шагом 0,05. Число наблюдений $n=9$, степень свободы $m=7$ ($9-2$), заданные $\alpha=0,05$ и $\beta=0,95$, рекомендованы в [1, с.57].

Результаты расчета критического показателя коэффициента корреляции представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Расчетное ($t_{\text{расч.}}$) и критическое ($t_{\text{табл.}}$) t -распределение Стьюдента при $n=9$, $m=7$, $\alpha=0,05$, $\beta=0,95$ по показателю коэффициента корреляции r

r	0,500	0,550	0,600	0,650	0,700	0,750	0,800	0,850	0,900	0,950
$t_{\text{расч.}}$	1,528	1,742	1984	2,369	2,593	3,000	3,528	4,269	5,463	8,050
$t_{\text{табл.}}$	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365	2,365

В соответствие с таблицей 2.2, условие $t_{\text{расч.}} > t_{\text{табл.}}$ выполняется только при $r = 0,667 \approx 0,700$ и более. Следовательно, при $r \geq 0,667$, регрессионная модель может считаться - «значимой», а связь между x и y - «реальной».

Кроме коэффициента корреляции, общим показателем оценки исходной модели регрессии, может быть и критерий Фишера (F-критерий). **F-критерий проверяет совместную значимость всех коэффициентов регрессии, кроме свободного и называется совместной F-статистикой [3, с.52-53].**

Критерий Фишера (F-критерий) – используется для проверки гипотезы о статистической значимости уравнения множественной регрессии.

Расчетное значение F-критерия для всей совокупности оценки уравнения множественной регрессии по методу Фишера определяется как:

$$F_{\text{расч.}} = \frac{\sum(Y_{i,\text{расч.}} - \overline{Y_{\text{расч.}}})^2}{m} * \frac{n - m - 1}{\sum(Y_i - Y_{i,\text{расч.}})^2}, \quad (2.16)$$

где, $Y_{i,\text{расч.}}$ – расчетное значение метеовеличины Y_i , полученное по уравнению регрессии для i -го года из ряда наблюдений;

$\overline{Y_{\text{расч.}}}$ – среднее значение величин Y_i по всем наблюдениям за n - лет;

n – число лет параллельных наблюдений за величиной;

m – количество предикторов (станций) в уравнении регрессии;

Y_i – фактическая i -я величина в ряде данных метеостанции «Y».

Если в результате расчетов получается, что $F_{\text{расч.}} > F_{\text{табл.}}$, то уравнение множественной регрессии (расчетная модель) хорошо отражает исходные данные, модель корректна, уравнение регрессии можно применять для расчетов.

Для расчетов в данной работе табличный (критический) F-критерий Фишера равен $F_{\text{табл.}} = 5,410$ при числе наблюдений $n=9$, заданном уровне надежности $\beta=0,95$ (значимость $\alpha=0,05$), числе степеней свободы $k1=m=3$ и $k2=(n-m-1)=(9-3-1)=5$, где: m – количество факторных переменных, в данной работе $m=3$ (метеостанции «А», «В», «С»).

3 Расчет климатических показателей для метеорологической станции с коротким периодом наблюдений

В настоящем разделе представлены результаты расчетов значений «расчетных климатических норм» (показателей) за тридцатилетний расчетный период с 1991 по 2020 годы для метеорологической станции М Кодинск («У») с коротким периодом наблюдений.

Все математические расчеты и операции производятся в автоматическом режиме при помощи пакета статистической обработки данных «Анализ данных» на базе программы Microsoft Excel, версия 2019 г. с учетом методов, представленных в разделе 2.

Для построения уравнений парной и множественной регрессии, построения итоговой расчетной математической модели в пакете «Анализ данных» используются функционал «Корреляция» и «Регрессия». Этот функционал по исходным рядам данных за 9 лет (2016-2024 гг.) рассчитывает коэффициенты уравнений парной и множественной линейной регрессии.

Оценка успешности уравнений регрессии и адекватности расчетной модели выполняется также посредством функций «Корреляция» и «Регрессия», которые автоматически рассчитывают оценочные показатели: коэффициент корреляции (критерий Пирсона), нормированный коэффициент корреляции, коэффициент детерминации, число наблюдений и степени свободы, t-критерий Стьюдента, F-критерий Фишера, средние значения ряда, стандартное отклонение ряда и другие статистические характеристики.

По полученным расчетным характеристикам строится математическая модель, путем составления уравнений парной и множественной регрессии за каждый календарный месяц года. Подставляя значения фактических климатических норм станций {«А» «В» «С»} в эти уравнения, производится расчет климатической нормы для станции с коротким рядом наблюдений «У».

Все исходные данные и расчеты группируются отдельно по месяцам, таким образом, чтобы получить независимую для каждого метеоэлемента и

каждого месяца года расчетную практическую математическую модель для расчета показателя «расчетной климатической нормы» для станции с коротким рядом наблюдений «У».

3.1 Расчет климатического показателя среднего месячного атмосферного давления на уровне моря для метеостанции Козинск

А) Расчет по Методу I (интерполяция норм от ближайших станций).

Выполним расчет показателя расчетной климатической нормы среднего за месяц атмосферного давления на уровне моря ($P_{(Y)} \text{ расч. I}$) по формуле (2.5), с учетом полученных линейных весовых коэффициентов по формулам (2.2-2.4). Исходные данные фактических климатических норм атмосферного давления на уровне моря станций «А», «В» и «С» для расчета приведены в приложении 1, таблица ИД1.1 и ИД1.2. Результаты расчетов $P_{(Y)} \text{ расч. I}$, приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты расчета показателя расчетной климатической нормы среднего за месяц атмосферного давления на уровне моря для метеостанции «У» (по методу I)

Месяц	$P_{(A)}$, гПа	$P_{(B)}$, гПа	$P_{(C)}$, гПа	$\alpha_{(YA)}$, о.е.	$\alpha_{(YB)}$, о.е.	$\alpha_{(YC)}$, о.е.	$P_{(Y)} \text{ расч. I}$, гПа
Янв.	1029,80	1031,00	1030,70	0,390	0,386	0,224	1030,46
Фев.	1027,10	1028,20	1027,70	0,390	0,386	0,224	1027,66
Мар.	1022,30	1023,30	1022,40	0,390	0,386	0,224	1022,71
Апр.	1016,50	1017,20	1016,00	0,390	0,386	0,224	1016,66
Май	1012,40	1012,90	1011,90	0,390	0,386	0,224	1012,48
Июн.	1008,20	1008,50	1008,00	0,390	0,386	0,224	1008,27
Июл.	1006,90	1007,00	1007,00	0,390	0,386	0,224	1006,96
Авг.	1010,00	1010,40	1010,20	0,390	0,386	0,224	1010,20
Сен.	1015,90	1016,50	1015,80	0,390	0,386	0,224	1016,11
Окт.	1019,70	1020,90	1019,60	0,390	0,386	0,224	1020,14
Ноя.	1023,70	1024,90	1024,40	0,390	0,386	0,224	1024,32
Дек.	1028,20	1029,40	1029,50	0,390	0,386	0,224	1028,95
Год	1018,39	1019,18	1018,60	0,390	0,386	0,224	1018,74

Б) Расчет по Методу II (парная линейная регрессия). Для расчета показателя расчетной климатической нормы среднего за месяц атмосферного давления на уровне моря ($P_{(Y)}_{\text{расч. II}}$) для станции «Y» необходимо построить математическую модель парной линейной регрессии. Получение расчетной модели для станции «Y» выполняется по исходным данным наблюдений трех станций «А», «В» и «С» за параллельные годы наблюдений (2016-2024 гг.), и заключается в составлении трех независимых уравнений парной линейной регрессии с определением их коэффициентов и оценочных критериев этих уравнений - коэффициента корреляции и F-критерия Фишера.

Расчеты выполняются между станциями «Y»-«А», «Y»-«В» и «Y»-«С», при помощи функции «Регрессия» в пакете «Анализ данных» MS Excel.

Для построения расчетных моделей, воспользуемся исходными данными среднего за месяц атмосферного давления на уровне моря (приложение 2, таблица ИД4).

Результаты расчета показателей корреляции, оценочных критериев, полученные уравнения регрессии для построения математических моделей парной линейной регрессии для каждого месяца года по методу II, приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Показатели математической модели парной линейной регрессии для расчета значений расчетной климатической нормы среднего за месяц атмосферного давления на уровне моря (по методу II)

Месяц	Модель для пары станций	Расчетное уравнение модели парной линейной регрессии	Коэффициент корреляции – (R)*, о.е.	F-критерий Фишера - (F)**, у.е.	Итоговая оценка модели
Янв.	«Y»-«А»	$P_{Y_{\text{расч.А}}}=0,952 \cdot A + 50,03$	0,998	1575	+ / +
	«Y»-«В»	$P_{Y_{\text{расч.В}}}=1,009 \cdot B - 9,72$	0,996	990	+ / +
	«Y»-«С»	$P_{Y_{\text{расч.С}}}=1,045 \cdot C - 47,25$	0,982	187	+ / +
Фев.	«Y»-«А»	$P_{Y_{\text{расч.А}}}=0,942 \cdot A + 59,88$	0,997	1017	+ / +
	«Y»-«В»	$P_{Y_{\text{расч.В}}}=0,967 \cdot B + 33,22$	0,998	1977	+ / +
	«Y»-«С»	$P_{Y_{\text{расч.С}}}=1,104 \cdot C - 107,8$	0,973	126	+ / +
Мар.	«Y»-«А»	$P_{Y_{\text{расч.А}}}=0,999 \cdot A + 1,52$	0,997	1174	+ / +
	«Y»-«В»	$P_{Y_{\text{расч.В}}}=1,041 \cdot B - 42,58$	0,996	823	+ / +
	«Y»-«С»	$P_{Y_{\text{расч.С}}}=0,924 \cdot C + 77,48$	0,984	219	+ / +

Продолжение таблицы 3.2

Месяц	Модель для пары станций	Расчетное уравнение модели парной линейной регрессии	Коэффициент корреляции – (R)*, о.е.	F-критерий Фишера - (F)**, у.е.	Итоговая оценка модели
Апр.	«Y»-«A»	$P_{Y_{расч.А}}=1,032 \cdot A - 32,81$	0,998	1842	+ / +
	«Y»-«B»	$P_{Y_{расч.В}}=1,078 \cdot B - 79,86$	0,997	1047	+ / +
	«Y»-«C»	$P_{Y_{расч.С}}=0,894 \cdot C + 108,4$	0,995	752	+ / +
Май	«Y»-«A»	$P_{Y_{расч.А}}=0,944 \cdot A + 56,66$	0,997	1132	+ / +
	«Y»-«B»	$P_{Y_{расч.В}}=1,069 \cdot B - 70,72$	0,995	674	+ / +
	«Y»-«C»	$P_{Y_{расч.С}}=1,092 \cdot C - 92,49$	0,967	100	+ / +
Июн.	«Y»-«A»	$P_{Y_{расч.А}}=1,050 \cdot A - 50,16$	0,995	643	+ / +
	«Y»-«B»	$P_{Y_{расч.В}}=1,056 \cdot B - 56,74$	0,994	626	+ / +
	«Y»-«C»	$P_{Y_{расч.С}}=0,861 \cdot C + 140,0$	0,977	148	+ / +
Июл.	«Y»-«A»	$P_{Y_{расч.А}}=0,999 \cdot A + 0,64$	0,993	495	+ / +
	«Y»-«B»	$P_{Y_{расч.В}}=1,045 \cdot B - 45,14$	0,992	458	+ / +
	«Y»-«C»	$P_{Y_{расч.С}}=0,943 \cdot C + 56,57$	0,978	151	+ / +
Авг.	«Y»-«A»	$P_{Y_{расч.А}}=0,932 \cdot A + 69,13$	0,981	179	+ / +
	«Y»-«B»	$P_{Y_{расч.В}}=1,029 \cdot B - 30,43$	0,974	129	+ / +
	«Y»-«C»	$P_{Y_{расч.С}}=0,759 \cdot C + 243,2$	0,921	39	+ / +
Сен.	«Y»-«A»	$P_{Y_{расч.А}}=1,020 \cdot A - 19,71$	0,997	1064	+ / +
	«Y»-«B»	$P_{Y_{расч.В}}=1,089 \cdot B - 90,42$	0,989	326	+ / +
	«Y»-«C»	$P_{Y_{расч.С}}=0,842 \cdot C + 160,8$	0,976	142	+ / +
Окт.	«Y»-«A»	$P_{Y_{расч.А}}=0,987 \cdot A + 13,30$	0,999	5546	+ / +
	«Y»-«B»	$P_{Y_{расч.В}}=1,051 \cdot B - 52,62$	0,997	1348	+ / +
	«Y»-«C»	$P_{Y_{расч.С}}=0,873 \cdot C + 129,8$	0,995	720	+ / +
Ноя.	«Y»-«A»	$P_{Y_{расч.А}}=1,003 \cdot A - 2,08$	0,998	1660	+ / +
	«Y»-«B»	$P_{Y_{расч.В}}=1,048 \cdot B - 50,44$	0,999	3390	+ / +
	«Y»-«C»	$P_{Y_{расч.С}}=0,919 \cdot C + 82,57$	0,984	218	+ / +
Дек.	«Y»-«A»	$P_{Y_{расч.А}}=0,969 \cdot A + 32,27$	0,995	658	+ / +
	«Y»-«B»	$P_{Y_{расч.В}}=1,058 \cdot B - 60,69$	0,996	924	+ / +
	«Y»-«C»	$P_{Y_{расч.С}}=1,017 \cdot C - 18,18$	0,980	166	+ / +

Примечание:

* - если, приведенное значение $R \geq 0,667$, тогда расчетная модель адекватна и имеет сильную или очень сильную (тесную) корреляционную связь (обозначается знаком «+», иначе – знаком «-»);

** - если, приведенное значение $F \geq 5,591$, тогда расчетная модель адекватна, полученное уравнение регрессии статистически значимо (обозначается знаком «+», иначе – знаком «-»);

A, B, C – переменные в уравнениях регрессии, обозначают величины фактических климатических норм расчетного метеозлемента на станциях «A», «B» и «C».

На основании полученных уравнений, представленных в таблице 3.2, для станции «Y» рассчитаем три значения расчетной климатической нормы атмосферного давления на уровне моря (по формулам 2.9-2.11). Значение

расчетной климатической нормы атмосферного давления на уровне моря ($P_{Y(\text{расч. II})}$), средневзвешенное по трем моделям, получим с использованием формулы (2.12).

Расчетные климатические нормы атмосферного давления в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Результаты расчета «расчетной климатической нормы» среднего за месяц атмосферного давления на уровне моря для метеостанции «Y»

Месяц	$P_{(YA)}$, гПа	$R_{(YA)}$, о.е.	$P_{(YB)}$, гПа	$R_{(YB)}$, о.е.	$P_{(YC)}$, гПа	$R_{(YC)}$, о.е.	$P_{(Y)}$ расч. II, гПа	$R_{(Y)}$ расч. II, о.е.
Янв.	1030,29	0,998	1030,24	0,996	1030,15	0,982	1030,23	0,992
Фев.	1027,67	0,997	1027,60	0,998	1027,10	0,973	1027,46	0,989
Мар.	1022,55	0,997	1022,45	0,996	1022,27	0,984	1022,42	0,992
Апр.	1016,54	0,998	1016,40	0,997	1016,36	0,995	1016,43	0,997
Май	1012,36	0,997	1012,45	0,995	1012,19	0,967	1012,33	0,986
Июн.	1008,29	0,995	1008,26	0,994	1007,86	0,977	1008,14	0,989
Июл.	1006,81	0,993	1006,88	0,992	1006,58	0,978	1006,76	0,988
Авг.	1009,97	0,981	1010,11	0,974	1010,11	0,921	1010,06	0,959
Сен.	1016,00	0,997	1016,11	0,989	1015,78	0,976	1015,96	0,987
Окт.	1020,08	0,999	1019,96	0,997	1020,10	0,995	1020,05	0,997
Ноя.	1024,21	0,998	1023,99	0,999	1023,77	0,984	1023,99	0,994
Дек.	1028,86	0,995	1028,72	0,996	1028,91	0,980	1028,83	0,990
Год	1018,64	0,995	1018,60	0,994	1018,43	0,976	1018,56	0,988

В) Расчет по Методу III (множественная линейная регрессия). Для определения показателя расчетной климатической нормы среднего за месяц атмосферного давления на уровне моря $P_{(Y)}$ расч. III для станции «Y» необходимо построить математическую модель множественной линейной регрессии. Получение расчетной модели для станции «Y» выполняется по исходным данным совокупных наблюдений трех станций {«А» «В» «С»} за параллельные годы (2016-2024 гг.), и заключается в составлении общих для трех станций уравнений множественной линейной регрессии с определением их коэффициентов и оценочных критериев модели в целом - коэффициента корреляции и F-критерия Фишера. Расчеты для построения модели, выполним при помощи функций «Регрессия» и «Анализ данных» на базе пакета программы MSExcel.

Для построения расчетных моделей, воспользуемся исходными данными среднего за месяц атмосферного давления на уровне моря (приложение 2, таблицы ИД4).

Результаты расчетов показателей корреляции, оценочных критериев для построения математических уравнений (моделей) множественной регрессии для каждого месяца года по методу III, приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Показатели математической модели множественной линейной регрессии для расчета значения «расчетной климатической нормы» среднего за месяц атмосферного давления на уровне моря (по методу III)

Мес.	Расчетное уравнение модели множественной линейной регрессии	Коэффициент корреляции – (R)*, о.е.	F-критерий Фишера – (F)**, у.е.	Итоговая оценка модели
Янв.	$P_{расч.} = 14,28 + 0,531 \cdot A + 0,341 \cdot B + 0,115 \cdot C$	0,998	435	+ / +
Фев.	$P_{расч.} = 18,13 + 0,280 \cdot A + 0,586 \cdot B + 0,116 \cdot C$	0,999	1089	+ / +
Мар.	$P_{расч.} = 7,18 + 0,692 \cdot A + 0,077 \cdot B + 0,224 \cdot C$	0,999	568	+ / +
Апр.	$P_{расч.} = -3,28 + 0,251 \cdot A + 0,409 \cdot B + 0,343 \cdot C$	1,000	3875	+ / +
Май	$P_{расч.} = -52,19 + 0,324 \cdot A + 0,503 \cdot B + 0,225 \cdot C$	0,999	1207	+ / +
Июн.	$P_{расч.} = -28,59 + 0,351 \cdot A + 0,482 \cdot B + 0,195 \cdot C$	0,999	1270	+ / +
Июл.	$P_{расч.} = -19,05 + 0,441 \cdot A + 0,325 \cdot B + 0,252 \cdot C$	0,997	508	+ / +
Авг.	$P_{расч.} = -3,74 + 0,148 \cdot A + 0,559 \cdot B + 0,297 \cdot C$	0,999	2897	+ / +
Сен.	$P_{расч.} = -16,68 + 0,257 \cdot A + 0,477 \cdot B + 0,283 \cdot C$	0,999	1602	+ / +
Окт.	$P_{расч.} = 22,55 + 0,399 \cdot A + 0,322 \cdot B + 0,257 \cdot C$	1,000	10847	+ / +
Ноя.	$P_{расч.} = -36,49 - 0,033 \cdot A + 0,918 \cdot B + 0,149 \cdot C$	0,999	1576	+ / +
Дек.	$P_{расч.} = -32,07 + 0,358 \cdot A + 0,373 \cdot B + 0,300 \cdot C$	0,998	1009	+ / +
Примечание:				
* – если, приведенное значение $R \geq 0,667$, тогда расчетная модель адекватна и имеет сильную или очень сильную (тесную) корреляционную связь (обозначается знаком «+»), иначе – знаком «-»);				
** – если, приведенное значение $F \geq 5,410$, тогда расчетная модель адекватна, полученное уравнение регрессии статистически значимо (обозначается знаком «+»), иначе – знаком «-»);				
A, B, C – переменные в уравнениях регрессии, обозначают величины фактических климатических норм расчетного метеозлемента на станциях «А», «В» и «С».				

На основании уравнений регрессии, представленных в таблице 3.4, для станции «У» рассчитаем значения расчетной климатической нормы среднего за месяц атмосферного давления на уровне моря. Результаты расчетов приведены в итоговой таблице 3.5. Таблица 3.5 является сводной, содержит итоговые результаты расчетов нормы атмосферного давления на уровне моря $P_{(Y)}$ и критерии их оценки $R_{(Y)}$ по каждому месяцу года, в том числе: по Методу I (« $P_{(Y)}$ »)

расч. I»), по Методу II (« $P_{(Y) \text{ расч. II}}$ », « $R_{(Y) \text{ расч. II}}$ ») и по Методу III (« $P_{(Y) \text{ расч. III}}$ », « $R_{(Y) \text{ расч. III}}$ »), итоговую расчетную величину нормы атмосферного давления на уровне моря, полученную в среднем, с учетом всех представленных методов ($P_{(Y) \text{ расч.}}$). Величина $\Delta P_{(Y) \text{ расч.}}$, указывает на разность результатов, полученных при расчете по методу I и совокупно по методам регрессии II и III, разница определяется по формуле: $\Delta P_{(Y) \text{ расч.}} = P_{(Y) \text{ расч.}} - P_{(Y) \text{ расч. I}}$.

Таблица 3.5 – Итоговые результаты расчета «расчетной климатической нормы» среднего за месяц атмосферного давления на уровне моря для станции «Y»

Месяц	$P_{(Y) \text{ расч. I}}$, гПа	$P_{(Y) \text{ расч. II}}$, гПа	$R_{(Y) \text{ расч. II}}$, о.е.	$P_{(Y) \text{ расч. III}}$, гПа	$R_{(Y) \text{ расч. III}}$, о.е.	$P_{(Y) \text{ расч.}}$, гПа	$\Delta P_{(Y) \text{ расч.}}$, гПа
Янв.	1030,46	1030,23	0,992	1030,26	0,998	1030,24	-0,22
Фев.	1027,66	1027,46	0,989	1027,56	0,999	1027,51	-0,15
Мар.	1022,71	1022,42	0,992	1022,51	0,999	1022,47	-0,24
Апр.	1016,66	1016,43	0,997	1016,42	1,000	1016,43	-0,23
Май	1012,48	1012,33	0,986	1012,36	0,999	1012,35	-0,13
Июн.	1008,27	1008,14	0,989	1008,18	0,999	1008,16	-0,11
Июл.	1006,96	1006,76	0,988	1006,78	0,998	1006,77	-0,19
Авг.	1010,20	1010,06	0,959	1010,08	1,000	1010,07	-0,13
Сен.	1016,11	1015,96	0,987	1016,01	0,999	1015,99	-0,12
Окт.	1020,14	1020,05	0,997	1020,02	1,000	1020,03	-0,11
Ноя.	1024,32	1023,99	0,994	1023,95	0,999	1023,97	-0,35
Дек.	1028,95	1028,83	0,990	1028,83	0,999	1028,83	-0,12
Год	1018,74	1018,56	0,988	1018,58	0,999	1018,57	-0,18

3.2 Расчет климатического показателя средней месячной температуры воздуха для метеостанции Кодинск

А) Расчет по Методу I (интерполяция норм от ближайших станций). Выполним расчет величины расчетной климатической нормы средней месячной температуры воздуха ($T_{(Y) \text{ расч. I}}$) по формуле (2.6), с учетом линейных весовых коэффициентов, определенным по выражениям (2.2-2.4) и поправок на высоту станции, рассчитанных по формуле (2.7). Воспользуемся исходными данными фактических климатических норм температуры воздуха трех

ближайших метеостанций «А», «В» и «С» (приложение 1, таблицы ИД2.1 и ИД2.2).

В соответствии с формулой (2.7), выполним расчет температурных поправок «на разность высот» станций $\Delta Th_{YA}, \Delta Th_{YB}, \Delta Th_{YC}$, между станцией «Y» ($h_Y=256$ м) и станциями «А» ($h_A=133$ м), «В» ($h_B=221$ м) и «С» ($h_C=282$ м):

$$\Delta Th_{YA} = (133 - 256) \frac{0,65}{100} = -0,79 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.1)$$

$$\Delta Th_{YB} = (221 - 256) \frac{0,65}{100} = -0,23 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.2)$$

$$\Delta Th_{YC} = (282 - 256) \frac{0,65}{100} = +0,17 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.3)$$

Полученные поправки необходимо вводить в расчетную формулу (2.6) учитывая знак.

Результаты расчета величин «расчетной климатической нормы» температуры воздуха по месяцам для метеостанции «Y» (по методу I) с учетом линейных весовых коэффициентов и температурных поправок на разность высот представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Результаты расчета показателя «расчетной климатической нормы» средней месячной температуры воздуха для метеостанции «Y» (по методу I)

Месяц	$T_{(A)},$ °C	$T_{(B)},$ °C	$T_{(C)},$ °C	$\alpha_{(YA)},$ о.е.	$\alpha_{(YB)},$ о.е.	$\alpha_{(YC)},$ о.е.	$\Delta Th_{YA},$ °C	$\Delta Th_{YB},$ °C	$\Delta Th_{YC},$ °C	$T_{(Y)}$ расч. I, °C
Янв.	-22,5	-22,6	-27,5	0,390	0,386	0,224	-0,79	-0,23	0,17	-24,02
Фев.	-18,6	-18,7	-23,1	0,390	0,386	0,224	-0,79	-0,23	0,17	-20,01
Мар.	-8,5	-9,2	-12,8	0,390	0,386	0,224	-0,79	-0,23	0,17	-10,09
Апр.	1,4	0,9	-2,1	0,390	0,386	0,224	-0,79	-0,23	0,17	0,06
Май	8,7	8,6	6,5	0,390	0,386	0,224	-0,79	-0,23	0,17	7,81
Июн.	16,8	16,0	15,0	0,390	0,386	0,224	-0,79	-0,23	0,17	15,73
Июл.	19,2	18,4	17,7	0,390	0,386	0,224	-0,79	-0,23	0,17	18,20
Авг.	15,9	15,0	14,0	0,390	0,386	0,224	-0,79	-0,23	0,17	14,77
Сен.	8,2	7,2	5,6	0,390	0,386	0,224	-0,79	-0,23	0,17	6,87
Окт.	0,3	-0,7	-3,4	0,390	0,386	0,224	-0,79	-0,23	0,17	-1,27
Ноя.	-11,5	-12,7	-18,0	0,390	0,386	0,224	-0,79	-0,23	0,17	-13,78
Дек.	-20,4	-20,9	-26,9	0,390	0,386	0,224	-0,79	-0,23	0,17	-22,41

Год	-0,92	-1,56	-4,58	0,390	0,386	0,224	-0,79	-0,23	0,17	-2,34
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------

Б) Расчет по Методу II (парная линейная регрессия). Для получения значений показателя расчетной климатической нормы средней месячной температуры воздуха по методу II ($T_{(Y)}_{расч. II}$) для станции «Y» необходимо построить математическую модель парной линейной регрессии. Получение расчетной модели для станции «Y» выполняется по исходным данным наблюдений трех станций «А», «В» и «С» за параллельные годы наблюдений (2016-2024 гг.), и заключается в составлении трех независимых уравнений парной линейной регрессии с определением их коэффициентов, оценочных критериев этих уравнений (моделей) - коэффициента корреляции и F-критерия Фишера. Расчеты выполняются между станциями «Y»-«А», «Y»-«В» и «Y»-«С», при помощи функции «Регрессия» в пакете «Анализ данных» MS Excel.

Для построения расчетных моделей, воспользуемся исходными данными - рядами средней месячной температуры воздуха (приложение 2, таблица ИД5).

Результаты расчетов показателей для построения математических моделей (уравнений регрессии) парной линейной корреляции для каждого месяца года приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Показатели математической модели парной линейной регрессии для расчета значений «расчетной климатической нормы» средней месячной температуры воздуха (по методу II)

Месяц	Модель для пары станций	Расчетное уравнение модели парной линейной регрессии	Коэффициент корреляции – (R)*, о.е.	F-критерий Фишера - (F)**, у.е.	Итоговая оценка модели
Янв.	«Y»-«А»	$T_{Yрасч.А} = 0,844 \cdot А - 5,086$	0,969	106	+ / +
	«Y»-«В»	$T_{Yрасч.В} = 0,871 \cdot В - 4,053$	0,958	79	+ / +
	«Y»-«С»	$T_{Yрасч.С} = 0,699 \cdot С - 4,849$	0,959	80	+ / +
Фев.	«Y»-«А»	$T_{Yрасч.А} = 1,040 \cdot А - 0,497$	0,957	77	+ / +
	«Y»-«В»	$T_{Yрасч.В} = 0,991 \cdot В - 0,776$	0,971	117	+ / +
	«Y»-«С»	$T_{Yрасч.С} = 0,724 \cdot С - 3,088$	0,904	31	+ / +
Мар.	«Y»-«А»	$T_{Yрасч.А} = 0,868 \cdot А - 2,849$	0,956	75	+ / +
	«Y»-«В»	$T_{Yрасч.В} = 1,021 \cdot В - 1,080$	0,965	96	+ / +
	«Y»-«С»	$T_{Yрасч.С} = 1,001 \cdot С + 2,229$	0,960	81	+ / +
Апр.	«Y»-«А»	$T_{Yрасч.А} = 1,059 \cdot А - 2,308$	0,978	156	+ / +

	«Y»-«B»	$T_{Y_{расч.В}} = 1,021 \cdot B - 1,375$	0,981	181	+ / +
	«Y»-«C»	$T_{Y_{расч.С}} = 0,949 \cdot C + 1,522$	0,960	82	+ / +

Продолжение таблицы 3.7

Месяц	Модель для пары станций	Расчетное уравнение модели парной линейной регрессии	Коэффициент корреляции – (R)*, о.е.	F-критерий Фишера - (F)**, у.е.	Итоговая оценка модели
Май	«Y»-«A»	$T_{Y_{расч.А}} = 1,088 \cdot A - 2,205$	0,980	169	+ / +
	«Y»-«B»	$T_{Y_{расч.В}} = 0,945 \cdot B - 0,805$	0,972	121	+ / +
	«Y»-«C»	$T_{Y_{расч.С}} = 0,847 \cdot C + 1,593$	0,936	49	+ / +
Июн.	«Y»-«A»	$T_{Y_{расч.А}} = 0,917 \cdot A + 0,178$	0,964	91	+ / +
	«Y»-«B»	$T_{Y_{расч.В}} = 1,048 \cdot B - 1,813$	0,951	66	+ / +
	«Y»-«C»	$T_{Y_{расч.С}} = 0,986 \cdot C - 0,198$	0,903	31	+ / +
Июл.	«Y»-«A»	$T_{Y_{расч.А}} = 1,336 \cdot A - 6,352$	0,962	88	+ / +
	«Y»-«B»	$T_{Y_{расч.В}} = 1,135 \cdot B - 3,234$	0,963	88	+ / +
	«Y»-«C»	$T_{Y_{расч.С}} = 0,883 \cdot C + 1,691$	0,949	63	+ / +
Авг.	«Y»-«A»	$T_{Y_{расч.А}} = 0,883 \cdot A + 1,059$	0,877	23	+ / +
	«Y»-«B»	$T_{Y_{расч.В}} = 1,021 \cdot B - 0,980$	0,975	132	+ / +
	«Y»-«C»	$T_{Y_{расч.С}} = 0,975 \cdot C + 0,617$	0,964	93	+ / +
Сен.	«Y»-«A»	$T_{Y_{расч.А}} = 1,092 \cdot A - 2,662$	0,946	60	+ / +
	«Y»-«B»	$T_{Y_{расч.В}} = 0,998 \cdot B - 0,755$	0,937	51	+ / +
	«Y»-«C»	$T_{Y_{расч.С}} = 0,949 \cdot C + 0,901$	0,946	60	+ / +
Окт.	«Y»-«A»	$T_{Y_{расч.А}} = 0,887 \cdot A - 2,308$	0,997	1179	+ / +
	«Y»-«B»	$T_{Y_{расч.В}} = 0,848 \cdot B - 1,010$	0,988	298	+ / +
	«Y»-«C»	$T_{Y_{расч.С}} = 0,706 \cdot C + 0,343$	0,987	260	+ / +
Ноя.	«Y»-«A»	$T_{Y_{расч.А}} = 0,851 \cdot A - 4,484$	0,995	627	+ / +
	«Y»-«B»	$T_{Y_{расч.В}} = 0,859 \cdot B - 3,047$	0,994	547	+ / +
	«Y»-«C»	$T_{Y_{расч.С}} = 0,658 \cdot C - 2,196$	0,974	127	+ / +
Дек.	«Y»-«A»	$T_{Y_{расч.А}} = 1,108 \cdot A - 1,155$	0,971	117	+ / +
	«Y»-«B»	$T_{Y_{расч.В}} = 1,045 \cdot B - 0,856$	0,985	234	+ / +
	«Y»-«C»	$T_{Y_{расч.С}} = 0,867 \cdot C + 0,812$	0,955	73	+ / +

Примечание:

* - если, приведенное значение $R \geq 0,667$, тогда расчетная модель адекватна и имеет сильную или очень сильную (тесную) корреляционную связь (обозначается знаком «+»), иначе – знаком «-»);

** - если, приведенное значение $F \geq 5,591$, тогда расчетная модель адекватна, полученное уравнение регрессии статистически значимо (обозначается знаком «+»), иначе – знаком «-»);

A, B, C – переменные в уравнениях регрессии, обозначают величины фактических климатических норм расчетного метеозлемента на станциях «A», «B» и «C».

На основании полученной математической модели (уравнений регрессии и оценочных критериев), представленных в таблице 3.7, для станции «Y»

рассчитаем три независимые значения расчетной климатической нормы средней месячной температуры воздуха (по формулам 2.9-2.11).

Итоговое «средневзвешенное» расчетное значение климатической нормы средней месячной температуры воздуха ($T_{(Y)} \text{ расч. II}$), по трем моделям «в целом», получим с использованием формулы (2.12). Результаты расчетов приведены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Результаты расчета «расчетной климатической нормы» средней месячной температуры воздуха для метеостанции «Y» по месяцам года (по методу II)

Месяц	$T_{(YA)}$, °C	$R_{(YA)}$, о.е.	$T_{(YB)}$, °C	$R_{(YB)}$, о.е.	$T_{(YC)}$, °C	$R_{(YC)}$, о.е.	$T_{(Y)} \text{ расч. II}$, °C	$R_{(Y)} \text{ расч. II}$, о.е.
Янв.	-24,07	0,969	-23,72	0,958	-24,12	0,959	-23,97	0,962
Фев.	-19,87	0,957	-19,32	0,971	-19,83	0,904	-19,67	0,944
Мар.	-10,24	0,956	-10,47	0,965	-10,54	0,960	-10,42	0,960
Апр.	-0,81	0,978	-0,48	0,981	-0,44	0,960	-0,58	0,974
Май	7,26	0,980	7,33	0,972	7,10	0,936	7,23	0,963
Июн.	15,54	0,964	14,95	0,951	14,62	0,903	15,05	0,940
Июл.	19,27	0,962	17,64	0,963	17,35	0,949	18,09	0,958
Авг.	15,06	0,877	14,37	0,975	14,26	0,964	14,55	0,938
Сен.	6,32	0,946	6,39	0,937	6,20	0,946	6,30	0,943
Окт.	-2,03	0,997	-1,59	0,988	-2,04	0,987	-1,89	0,991
Ноя.	-14,27	0,994	-13,99	0,994	-14,06	0,974	-14,11	0,987
Дек.	-23,80	0,971	-22,70	0,985	-22,46	0,955	-22,99	0,970
Год	-2,64	0,963	-2,63	0,970	-2,83	0,950	-2,70	0,961

В) Расчет по Методу III (множественная линейная регрессия). Для определения показателя расчетной климатической нормы средней месячной температуры воздуха по методу III ($T_{(Y)} \text{ расч. III}$) для станции «Y» необходимо построить математическую модель множественной линейной регрессии. Получение расчетной модели для станции «Y» выполняется по исходным данным совокупных наблюдений трех станций {«А» «В» «С»} за параллельные годы (2016-2024 гг.), и заключается в составлении совокупного для трех станций уравнения множественной линейной регрессии с определением

коэффициентов и оценочных критериев - коэффициента корреляции и F-критерия Фишера.

Расчеты для построения модели множественной регрессии, выполним при помощи функций «Корреляция» и «Регрессия», встроенных в пакет «Анализ данных» программы MS Excel.

Для построения расчетных моделей, воспользуемся исходными данными средней месячной температуры воздуха (приложение 2, таблица ИД5).

Результаты расчетов показателей для построения математических моделей множественной регрессии для каждого месяца года приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Показатели математической модели множественной регрессии для расчета значения «расчетной климатической нормы» средней месячной температуры воздуха (по методу III)

Мес.	Расчетное уравнение модели множественной линейной регрессии	Коэффиц. корреляции – (R)*, о.е.	F-критерий Фишера – (F)**, у.е.	Итоговая оценка модели
Янв.	$T_{Урасч.} = -3,791 + 0,332 \cdot A + 0,171 \cdot B + 0,325 \cdot C$	0,988	68	+ / +
Фев.	$T_{Урасч.} = -0,335 + 0,179 \cdot A + 0,687 \cdot B + 0,130 \cdot C$	0,979	39	+ / +
Мар.	$T_{Урасч.} = -0,235 + 0,119 \cdot A + 0,576 \cdot B + 0,309 \cdot C$	0,967	24	+ / +
Апр.	$T_{Урасч.} = -4,352 + 0,469 \cdot A + 1,468 \cdot B - 0,849 \cdot C$	0,992	98	+ / +
Май	$T_{Урасч.} = -1,974 + 0,660 \cdot A + 0,458 \cdot B - 0,062 \cdot C$	0,988	67	+ / +
Июн.	$T_{Урасч.} = -0,679 + 0,630 \cdot A + 0,286 \cdot B + 0,058 \cdot C$	0,966	23	+ / +
Июл.	$T_{Урасч.} = -3,647 + 0,666 \cdot A + 0,193 \cdot B + 0,319 \cdot C$	0,972	29	+ / +
Авг.	$T_{Урасч.} = -0,950 + 0,075 \cdot A + 0,497 \cdot B + 0,473 \cdot C$	0,989	76	+ / +
Сен.	$T_{Урасч.} = -1,032 + 0,952 \cdot A - 0,871 \cdot B + 0,995 \cdot C$	0,976	34	+ / +
Окт.	$T_{Урасч.} = -1,912 + 0,713 \cdot A + 0,083 \cdot B + 0,073 \cdot C$	0,998	347	+ / +
Ноя.	$T_{Урасч.} = -3,766 + 0,522 \cdot A + 0,244 \cdot B + 0,072 \cdot C$	0,995	181	+ / +
Дек.	$T_{Урасч.} = 0,648 + 0,439 \cdot A + 0,304 \cdot B + 0,315 \cdot C$	0,994	127	+ / +
Примечание: * - если, приведенное значение $R \geq 0,667$, тогда расчетная модель адекватна и имеет сильную или очень сильную (тесную) корреляционную связь (обозначается знаком «+», иначе – знаком «-»); ** - если, приведенное значение $F \geq 5,410$, тогда расчетная модель адекватна, полученное уравнение регрессии статистически значимо (обозначается знаком «+», иначе – знаком «-»); А, В, С – переменные в уравнениях регрессии, обозначают величины фактических климатических норм расчетного метеоэлемента на станциях «А», «В» и «С».				

На основании полученной математической модели по уравнениям регрессии, представленных в таблице 3.9, для станции «У» рассчитаем значения

расчетной климатической нормы средней месячной температуры воздуха. Результаты расчетов приведены в итоговой таблице 3.10.

Таблица 3.10 содержит итоговые результаты расчетов нормы средней месячной температуры воздуха $T_{(Y)}$ и критерии их оценки $R_{(Y)}$ по каждому месяцу года: по Методу I (графа – « $T_{(Y)}$ расч. I»»), по Методу II (графы – « $T_{(Y)}$ расч. II», « $R_{(Y)}$ расч. II») и по Методу III (графы – « $T_{(Y)}$ расч. III», « $R_{(Y)}$ расч. III»), итоговую расчетную величину нормы температуры воздуха, полученную в среднем по методам расчета I и II (графа - $T_{(Y)}$ расч.). Величина $\Delta T_{(Y)}$ расч., указывает на разность результатов, полученных при расчете по методу I и по методам II и III в совокупности и определяется по формуле: $\Delta T_{(Y)}$ расч. = $T_{(Y)}$ расч. – $T_{(Y)}$ расч. I.

Таблица 3.10 – Итоговые результаты расчета климатической нормы средней месячной температуры воздуха для метеостанции «Y» по месяцам года

Месяц	$T_{(Y)}$ расч. I, °C	$T_{(Y)}$ расч. II, °C	$R_{(Y)}$ расч. II, о.е.	$T_{(Y)}$ расч. III, °C	$R_{(Y)}$ расч. III, о.е.	$T_{(Y)}$ расч., °C	$\Delta T_{(Y)}$ расч., °C
Янв.	-24,02	-23,97	0,962	-24,06	0,988	-24,02	0,00
Фев.	-20,01	-19,67	0,944	-19,53	0,979	-19,60	0,41
Мар.	-10,09	-10,42	0,960	-10,49	0,967	-10,45	-0,36
Апр.	0,06	-0,58	0,974	-0,65	0,992	-0,61	-0,67
Май	7,81	7,23	0,963	7,30	0,988	7,27	-0,54
Июн.	15,73	15,05	0,940	15,32	0,966	15,18	-0,55
Июл.	18,20	18,09	0,958	18,34	0,972	18,22	0,02
Авг.	14,77	14,55	0,938	14,32	0,989	14,43	-0,34
Сен.	6,87	6,30	0,943	6,11	0,976	6,20	-0,67
Окт.	-1,27	-1,89	0,991	-1,99	0,998	-1,94	-0,67
Ноя.	-13,78	-14,11	0,987	-14,18	0,995	-14,14	-0,36
Дек.	-22,41	-22,99	0,970	-23,12	0,994	-23,05	-0,64
Год	-2,34	-2,70	0,961	-2,72	0,984	-2,71	-0,36

3.3 Расчет климатического показателя количества осадков за месяц для метеостанции Кодинск

А) Расчет по Методу I (интерполяция норм от ближайших станций).

Расчет показателя расчетной климатической нормы количества осадков за месяц ($Q_{(Y)}$ расч. I) выполняется по формуле (2.8), с учетом ранее полученных

линейных весовых коэффициентов, определенных по выражениям (2.2-2.4). Для этого, воспользуемся исходными данными фактических климатических норм количества осадков за месяц трех ближайших метеостанций «А», «В» и «С»(приложение 1, таблицы ИД3.1 и ИД3.2). Результаты расчетов значений показателя расчетной климатической нормы» количества осадков приведены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Результаты расчета показателя «расчетной климатической нормы» количества осадков за месяц для метеорологической станции «У» (по методу I)

Месяц	$Q_{(A)}$, мм	$Q_{(B)}$, мм	$Q_{(C)}$, мм	$\alpha_{(YA)}$, о.е.	$\alpha_{(YB)}$, о.е.	$\alpha_{(YC)}$, о.е.	$Q_{(Y)}$ расч. I, мм
Янв.	16,8	13,9	19,6	0,390	0,386	0,224	16,31
Фев.	13,6	10,5	15,1	0,390	0,386	0,224	12,74
Мар.	12,0	9,8	15,6	0,390	0,386	0,224	11,96
Апр.	19,0	18,3	21,6	0,390	0,386	0,224	19,31
Май	30,7	27,2	34,3	0,390	0,386	0,224	30,16
Июн.	41,1	47,9	52,5	0,390	0,386	0,224	46,28
Июл.	53,8	62,3	52,8	0,390	0,386	0,224	56,86
Авг.	48,0	51,2	51,5	0,390	0,386	0,224	50,02
Сен.	45,4	38,7	42,9	0,390	0,386	0,224	42,25
Окт.	31,0	27,0	39,4	0,390	0,386	0,224	31,34
Ноя.	27,3	22,1	30,3	0,390	0,386	0,224	25,96
Дек.	23,4	18,7	23,2	0,390	0,386	0,224	21,54
Год	362,1	347,6	398,8	0,390	0,386	0,224	364,72

Б) Расчет по Методу II (парная линейная регрессия). Для расчета климатической нормы количества осадков за месяц по методу II ($Q_{(Y)}$ расч. II) для станции «У» необходимо построить математическую модель парной линейной регрессии. Получение расчетной модели для станции «У» выполняется по исходным данным наблюдений трех станций «А», «В» и «С» за параллельные годы наблюдений (2016-2024 гг.), и заключается в составлении трех независимых уравнений линейной регрессии с определением их коэффициентов и оценочных критериев этих уравнений (модели) - коэффициента корреляции и F-критерия Фишера. Расчеты выполняются между станциями «У»-«А», «У»-

«В» и «У»-«С», при помощи функции «Регрессия» и «Корреляция» в пакете «Анализ данных» расчетной программы MS Excel.

Для построения расчетных моделей, воспользуемся исходными данными количества осадков за месяц (приложение 2, таблицы ИД6).

Результаты расчетов показателей для построения математических моделей парной линейной регрессии для каждого месяца года приведены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Показатели модели парной линейной регрессии для определения величины расчетной климатической нормы количества осадков (по методу II)

Месяц	Модель для пары станций	Расчетное уравнение модели парной линейной регрессии	Коэффициент корреляции – (R)*, о.е.	F-критерий Фишера - (F)**, у.е.	Итоговая оценка модели
Янв.	«У»-«А»	$Q_{Урасч.А}=0,866 \cdot A + 11,487^1$	0,860	20	+ / +
	«У»-«В»	$Q_{Урасч.В}=1,276 \cdot B + 12,613$	0,732	8	+ / +
	«У»-«С»	$Q_{Урасч.С}=1,193 \cdot C + 5,201^1$	0,790	12	+ / +
Фев.	«У»-«А»	$Q_{Урасч.А}=0,983 \cdot A + 3,730$	0,811	13	+ / +
	«У»-«В»	$Q_{Урасч.В}=1,035 \cdot B + 7,775$	0,793	12	+ / +
	«У»-«С»	$Q_{Урасч.С}=1,162 \cdot C + 1,359$	0,746	9	+ / +
Мар.	«У»-«А»	$Q_{Урасч.А}=1,592 \cdot A + 2,744$	0,858	20	+ / +
	«У»-«В»	$Q_{Урасч.В}=2,774 \cdot B - 1,220$	0,778	11	+ / +
	«У»-«С»	$Q_{Урасч.С}=1,115 \cdot C + 0,711$	0,922	40	+ / +
Апр.	«У»-«А»	$Q_{Урасч.А}=0,652 \cdot A + 9,001^1$	0,825	15	+ / +
	«У»-«В»	$Q_{Урасч.В}=0,072 \cdot B + 22,605^2$	0,08	0,04	- / -
	«У»-«С»	$Q_{Урасч.С}=0,494 \cdot C + 11,865^1$	0,746	9	+ / +
Май	«У»-«А»	$Q_{Урасч.А}=0,342 \cdot A + 26,902^3$	0,322	0,81	- / -
	«У»-«В»	$Q_{Урасч.В}=0,465 \cdot B + 25,402^3$	0,398	1,32	- / -
	«У»-«С»	$Q_{Урасч.С}=0,220 \cdot C + 31,716^2$	0,197	0,28	- / -
Июн.	«У»-«А»	$Q_{Урасч.А}=0,332 \cdot A + 26,381^1$	0,419	1,49	- / -
	«У»-«В»	$Q_{Урасч.В}=0,368 \cdot B + 21,186^1$	0,433	1,62	- / -
	«У»-«С»	$Q_{Урасч.С}=0,117 \cdot C + 33,87^1$	0,254	0,48	- / -
Июл.	«У»-«А»	$Q_{Урасч.А}=0,430 \cdot A + 29,028^1$	0,444	1,72	- / -
	«У»-«В»	$Q_{Урасч.В}=0,513 \cdot B + 29,285^1$	0,407	1,39	- / -
	«У»-«С»	$Q_{Урасч.С}=0,480 \cdot C + 29,344^1$	0,526	2,67	- / -
Авг.	«У»-«А»	$Q_{Урасч.А}=1,105 \cdot A + 4,335^1$	0,901	30	+ / +
	«У»-«В»	$Q_{Урасч.В}=0,573 \cdot B + 33,949^1$	0,364	1,07	- / -
	«У»-«С»	$Q_{Урасч.С}=0,388 \cdot C + 35,091^1$	0,485	2,15	- / -
Сен.	«У»-«А»	$Q_{Урасч.А}=0,792 \cdot A + 10,408^1$	0,812	14	+ / +
	«У»-«В»	$Q_{Урасч.В}=0,516 \cdot B + 24,336^3$	0,496	2,28	- / -
	«У»-«С»	$Q_{Урасч.С}=0,930 \cdot C + 13,095^1$	0,686	6,24	+ / +

Окт.	«Y»-«A»	$Q_{Yрасч.А}=1,937 \cdot A - 12,228$	0,910	34	+ / +
	«Y»-«B»	$Q_{Yрасч.В}=2,178 \cdot B - 2,661^1$	0,841	17	+ / +
	«Y»-«C»	$Q_{Yрасч.С}=1,184 \cdot C - 1,263$	0,851	18	+ / +

Продолжение таблицы 3.12

Ноя.	«Y»-«A»	$Q_{Yрасч.А}=1,068 \cdot A + 12,741^3$	0,648	5,08	- / -
	«Y»-«B»	$Q_{Yрасч.В}=1,454 \cdot B - 12,920^1$	0,840	17	+ / +
	«Y»-«C»	$Q_{Yрасч.С}=0,608 \cdot C + 22,382^3$	0,441	1,69	- / -
Дек.	«Y»-«A»	$Q_{Yрасч.А}=0,570 \cdot A + 25,219^1$	0,385	1,23	- / -
	«Y»-«B»	$Q_{Yрасч.В}=0,954 \cdot B + 20,077$	0,703	6,83	+ / +
	«Y»-«C»	$Q_{Yрасч.С}=0,430 \cdot C + 26,879^3$	0,382	1,19	- / -

Примечание:

¹⁾ – уравнение модели, получено с учетом коррекции «наибольшего выброса» в рядах исходных данных X или Y, значение которой, отклонилось за пределы доверительного интервала, равного $\pm 2\sigma$. Коррекция уравнения проведена по признаку X_i , до величины $|X - X_i| \leq 2\sigma$ для повышения устойчивости математической модели;

²⁾ – полученные уравнения регрессии исключены из модели, в связи с малыми корреляционными связями;

³⁾ – уравнение модели, получено без учета коррекции, так как «выброса» в рядах исходных данных X (или Y), значение которой, отклонилось бы за пределы доверительного интервала, равного $\pm 2\sigma$ – нет. Коррекция расчетной модели и исходных данных не требуется (невозможна).

* – если, приведенное значение корреляции $R \geq 0,667$, тогда расчетная модель адекватна и имеет сильную или очень сильную (тесную) корреляционную связь (обозначается знаком «+», иначе – знаком «-»);

** – если, приведенное значение корреляции $F \geq 5,591$, тогда расчетная модель адекватна, полученное уравнение регрессии статистически значимо (обозначается знаком «+», иначе – знаком «-»);

A, B, C – переменные расчетной модели в уравнениях регрессии, обозначают величины фактических климатических норм расчетного метеозлемента на станциях «A», «B» и «C».

На основании полученных уравнений парной регрессии, в таблице 3.12, рассчитаем три независимые значения показателей расчетной климатической нормы количества осадков за месяц (по формулам 2.9-2.11). Итоговое «средневзвешенное» значение расчетной климатической нормы количества осадков за месяц ($Q_{Y(расч. II)}$), по трем моделям «в целом», получим с использованием формулы (2.12). Результаты расчетов приведены в таблице 3.13. Таблица 3.13 – Результаты расчета климатической нормы количества осадков за месяц для метеостанции «Y» (по методу II)

Месяц	$Q_{(YA)}$, мм	$R_{(YA)}$, о.е.	$Q_{(YB)}$, мм	$R_{(YB)}$, о.е.	$Q_{(YC)}$, мм	$R_{(YC)}$, о.е.	$Q_{(Y)}$ расч. II, мм	$R_{(Y)}$ расч. II, о.е.
Янв.	26,00 ¹	0,860 ¹	30,34	0,732	28,60 ¹	0,790 ¹	28,20	0,791
Фев.	17,08	0,811	18,67	0,793	18,85	0,746	18,18	0,782
Мар.	21,82	0,858	26,03	0,778	18,11	0,922	21,76	0,844
Апр.	21,37 ¹	0,825 ¹	- ²	- ²	22,56 ¹	0,746 ¹	21,94	0,784

Май	<i>37,43³</i>	<i>0,322³</i>	<i>38,06³</i>	<i>0,398³</i>	<i>-²</i>	<i>-²</i>	37,78	0,360
Июн.	<i>40,04¹</i>	<i>0,419¹</i>	<i>38,80¹</i>	<i>0,433¹</i>	<i>40,00¹</i>	<i>0,255¹</i>	39,54	0,368

Продолжение таблицы 3.13

Июл.	<i>52,18¹</i>	<i>0,444¹</i>	<i>63,12³</i>	<i>0,409³</i>	<i>54,72¹</i>	<i>0,526¹</i>	56,39	0,457
Авг.	<i>57,36¹</i>	<i>0,901¹</i>	<i>63,32¹</i>	<i>0,364¹</i>	<i>55,05¹</i>	<i>0,485¹</i>	57,96	0,577
Сен.	<i>46,36¹</i>	<i>0,812¹</i>	<i>44,34³</i>	<i>0,496³</i>	<i>47,62³</i>	<i>0,597³</i>	46,23	0,637
Окт.	<i>47,73³</i>	<i>0,910³</i>	<i>56,07¹</i>	<i>0,841¹</i>	<i>45,44³</i>	<i>0,851³</i>	49,68	0,866
Ноя.	<i>41,87³</i>	<i>0,648³</i>	<i>45,05¹</i>	<i>0,840¹</i>	<i>40,78³</i>	<i>0,441³</i>	43,01	0,650
Дек.	<i>38,55¹</i>	<i>0,385¹</i>	<i>37,93³</i>	<i>0,703³</i>	<i>36,87³</i>	<i>0,382³</i>	37,82	0,490
Год	447,79	0,683	461,73	0,566	408,56	0,562	458,47	0,634

Примечание:

¹⁾ – значение величины, получено с учетом коррекции «наибольшего выброса» в рядах исходных данных X (или Y), значение которой, отклонилось за пределы доверительного интервала, равного $\pm 2\sigma$. Для повышения устойчивости математической модели, произведена коррекция исходного уравнения регрессии по исходной величине с наибольшим выбросом X_i , до величины $|X - X_i| \leq 2\sigma$;

²⁾ – значения результатов регрессии исключены из общей модели, в связи с малыми или отсутствующими корреляционными связями;

³⁾ – значение величины, получено без учета коррекции, так как «выброса» рядах исходных данных X (или Y), значение которой, отклонилось бы за пределы доверительного интервала, равного $\pm 2\sigma$ - нет. Коррекция расчетной модели и исходных данных не требуется (невозможна);

Курсивом отмечены полученные расчетные значения в результате регрессии, не соответствующие оценочным критериям минимально допустимой надежности модели (ниже и не достигают их).

В) Расчет по Методу III (множественная линейная регрессия). Расчет показателя климатической нормы количества осадков за месяц ($Q_{(Y)}$ расч. III) для станции «Y» начинают с построения математической модели множественной линейной регрессии. Получение расчетной модели для станции «Y» выполняется по исходным данным совокупных наблюдений трех станций {«А» «В» «С»} за параллельные годы (2016-2024 гг.), и заключается в составлении общего для трех станций уравнения регрессии с определением его коэффициентов и оценочных критериев модели в целом - коэффициента корреляции и F-критерия Фишера. Расчеты для построения модели, выполним при помощи функций «Регрессия» и «Корреляция» раздела «Анализ данных» программы MSExcel.

Для построения расчетных моделей, воспользуемся исходными данными количества осадков за месяц (приложение 2, таблицы ИД6).

Результаты расчетов показателей для построения математических моделей множественной регрессии для каждого месяца года приведены в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Показатели математической модели множественной линейной регрессии для расчета величины расчетной климатической нормы количества осадков (по методу III)

Месяц	Расчетное уравнение модели множественной линейной регрессии	Коэффициент корреляции – (R)*, о.е.	F-критерий Фишера – (F)**, у.е.	Итоговая оценка модели
Янв.	$Q_{расч.} = 3,994 + 1,116 \cdot A - 0,752 \cdot B + 0,647 \cdot C$	0,926	10	+ / +
Фев.	$Q_{расч.} = -0,931 + 0,418 \cdot A + 0,345 \cdot B + 0,633 \cdot C$	0,890	6,32	+ / +
Мар.	$Q_{расч.} = -2,082 + 0,333 \cdot A + 0,578 \cdot B + 0,783 \cdot C$	0,936	12	+ / +
Апр.	$Q_{расч.} = 11,470 + 0,423 \cdot A - 0,152 \cdot B + 0,225 \cdot C$	0,856	4,57	+ / -
	$Q_{расч.} = 9,307 + 0,387 \cdot A + 0,229 \cdot C^1$	0,838	7,05	+ / +
Май	$Q_{расч.} = -19,518 + 0,026 \cdot A + 1,045 \cdot B + 0,841 \cdot C$	0,709	1,68	+ / -
	$Q_{расч.} = -19,415 + 1,062 \cdot B + 0,851 \cdot C^1$	0,708	3,02	+ / -
Июн.	$Q_{расч.} = 17,667 + 0,239 \cdot A + 0,261 \cdot B - 0,017 \cdot C$	0,503	0,57	- / -
	$Q_{расч.} = 17,470 + 0,216 \cdot A + 0,266 \cdot B^1$	0,503	1,01	- / -
Июл.	$Q_{расч.} = 12,978 - 0,163 \cdot A + 0,518 \cdot B + 0,446 \cdot C$	0,539	0,68	- / -
	$Q_{расч.} = 17,837 + 0,271 \cdot B + 0,392 \cdot C^1$	0,560	1,37	- / -
Авг.	$Q_{расч.} = 11,495 + 1,410 \cdot A - 0,803 \cdot B + 0,225 \cdot C$	0,973	30	+ / +
Сен.	$Q_{расч.} = 7,189 + 1,004 \cdot A - 0,554 \cdot B + 0,386 \cdot C$	0,846	4,20	+ / -
	$Q_{расч.} = 8,006 + 1,141 \cdot A - 0,597 \cdot B + 0,297 \cdot C^1$	0,918	8,98	+ / +
Окт.	$Q_{расч.} = -13,815 + 1,173 \cdot A + 0,214 \cdot B + 0,527 \cdot C$	0,940	13	+ / +
Ноя.	$Q_{расч.} = -9,881 + 0,565 \cdot A + 0,920 \cdot B + 0,552 \cdot C$	0,884	5,97	+ / -
	$Q_{расч.} = -5,538 + 0,336 \cdot A - 1,160 \cdot B + 0,454 \cdot C^1$	0,914	8,45	+ / +
Дек.	$Q_{расч.} = 12,952 - 0,353 \cdot A + 1,100 \cdot B + 0,434 \cdot C^2$	0,791	2,78	+ / -

Примечание:

* – если, приведенное значение $R \geq 0,667$, тогда расчетная модель адекватна и имеет сильную или очень сильную (тесную) корреляционную связь (обозначается знаком «+», иначе – знаком «-»);

** – если, приведенное значение $F \geq 5,410$ (при числе влияющих станций - 3) или $F \geq 5,143$ (при числе влияющих станций - 2), тогда расчетная модель адекватна, полученное уравнение регрессии статистически значимо (обозначается знаком «+», иначе – знаком «-»);

A, B, C – переменные в уравнениях регрессии, обозначают величины фактических климатических норм расчетного метеозлемента на станциях «А», «В» и «С»;

¹⁾ – параметры математической модели, полученные после ее корректировки путем исключения незначимых (мешающих) исходных факторов (из модели исключена 1 станция со значительным «выбросом» из 3 станций);

²⁾ – параметры математической модели невозможно скорректировать (при корректировке показатели оценочных критериев ухудшаются).

На основании полученных математических моделей и по уравнениям регрессии, представленных в таблице 3.14, для станции «У» рассчитаем значения расчетной климатической нормы количества осадков.

Таблица 3.15 содержит итоговые результаты расчетов показателя расчетной нормы количества осадков $Q_{(Y)}$ и критерии их оценки $R_{(Y)}$ по каждому месяцу года: по Методу I (« $Q_{(Y)}$ расч. I»), по Методу II (« $Q_{(Y)}$ расч. II», « $R_{(Y)}$ расч. II») и по Методу III (« $Q_{(Y)}$ расч. III», « $R_{(Y)}$ расч. III»), итоговую расчетную величину нормы количества осадков, полученную в среднем по методам I и II ($Q_{(Y)}$ расч.).

Величина $\Delta Q_{(Y)}$ расч., указывает на разность результатов, полученных при расчете по методу I и по методам II и III в совокупности, определяется по формуле: $\Delta Q_{(Y)}$ расч. = $Q_{(Y)}$ расч. – $Q_{(Y)}$ расч. I.

Таблица 3.15 – Итоговые результаты расчета климатической нормы количества осадков для метеостанции «Y» по месяцам года

Месяц	$Q_{(Y)}$ расч. I, мм	$Q_{(Y)}$ расч. II, мм	$R_{(Y)}$ расч. II, о.е.	$Q_{(Y)}$ расч. III, мм	$R_{(Y)}$ расч. III, о.е.	$Q_{(Y)}$ расч., мм	$R_{(Y)}$ расч., о.е.	$\Delta Q_{(Y)}$ расч., мм
Янв.	16,31	28,20	0,791	24,94	0,926	26,44	0,854	10,13
Фев.	12,74	18,18	0,782	17,90	0,890	18,03	0,836	5,29
Мар.	11,96	21,76	0,844	19,80	0,936	20,73	0,888	8,77
Апр.	19,31	21,94	0,784	21,58	0,838	21,75	0,811	2,44
Май.	30,16	37,78	0,360	38,67	0,708	38,37	0,536	8,21
Июн.	46,28	39,54	0,368	39,08	0,503	39,27	0,435	-7,01
Июл.	56,86	56,39	0,457	55,47	0,560	55,89	0,508	-0,97
Авг.	50,02	57,96	0,577	49,63	0,973	52,73	0,760	2,71
Сен.	42,25	46,23	0,637	49,40	0,918	48,10	0,782	5,85
Окт.	31,34	49,68	0,866	49,09	0,940	49,37	0,903	18,03
Ноя.	25,96	43,01	0,650	42,98	0,914	42,99	0,782	17,03
Дек.	21,54	37,82	0,490	35,35	0,791	36,29	0,636	14,75
Год	364,73	458,47	0,634	443,89	0,825	449,97	0,728	85,24

3.4 Анализ результатов расчета, выводы, итоговое определение расчетных климатических показателей (расчетной климатической нормы) метеостанции Кординск

В данном разделе по предлагаемым методикам расчета, изложенным в разделах 2-3 настоящей работы, проведены расчеты и представлены результаты.

Расчетным путем определены «расчетные» климатические показатели средних месячных значений метеовеличин («расчетные климатические

нормы»), полученные за тридцатилетний период 1991-2020 гг. для: атмосферного давления на уровне моря, температуры воздуха, количества осадков. Полученные расчетные значения, могут быть использованы для установления наиболее вероятной «расчетной климатической нормы» для метеостанции с коротким рядом наблюдений (М Кодинск).

В качестве исходных данных для построения расчетных математических моделей определения расчетных климатических норм за период с 1991-2020 гг. были использованы данные параллельных метеонаблюдений в период с 2016 по 2024 год за атмосферным давлением, температурой воздуха и количеством осадков, проводимые на метеостанции М Кодинск и трех ближайших станциях в районе исследований: М Богучаны, М Червянка и М Чемдальск.

Атмосферное давление на уровне моря, выводы. В результате проведенных расчетов определения показателя «расчетной климатической нормы» атмосферного давления на уровне моря, получены следующие выводы:

1) расчеты, проведенные по методу I (интерполяция норм от ближайших станций) подтверждают, что полученные значения «расчетной климатической нормы» атмосферного давления можно использовать в качестве наиболее достоверной, при оценке климатической нормы для станции с коротким рядом наблюдений. Средняя разница между результатами расчетов, проведенными по методу I и расчетами, проведенными совокупно по методам II и III, составляет - 0,18 (от -0,11 до -0,35) гПа, что не превышает по модулю $\pm 0,2$ гПа;

2) расчеты, проведенные по уравнениям линейной регрессии методов II и III подтверждают, что полученные значения «расчетной климатической нормы» атмосферного давления можно использовать для достоверной оценки величины его климатической нормы. В ходе расчетов, получено среднее годовое значение показателя корреляционной связи по методу II - 0,988 (от 0,959 до 0,999), по методу III - 0,999 (от 0,998 до 1,000), что свидетельствует об очень высокой и тесной связи между величинами атмосферного давления всех станций, участвующих в регрессии. Расчетные значения оценочного показателя F-критерия Фишера, значительны и кратно превышали его минимально

допустимое значение, что говорит о хорошем качестве и высокой адекватности расчетной модели.

В соответствие с расчетами, приведенными в таблице 3.5, наиболее вероятное значение «расчетной климатической нормы» атмосферного давления на уровне моря для метеостанции М Козинск поместим в таблицу 3.16.

Таблица 3.16 – Расчетное значение климатической нормы атмосферного давления на уровне моря для метеостанции Козинск («У»)

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	-
$P_{ум}$, гПа	1030,3	1027,5	1022,5	1016,4	1012,4	1008,2	-
Месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
$P_{ум}$, гПа	1006,8	1010,1	1016,0	1020,0	1024,0	1028,9	1018,6

Для визуальной оценки полученного результата расчетов по данным таблицы 3.16 и таблиц ИД1.1 и ИД1.2 приложения 1, построим совмещенную диаграмму климатических норм атмосферного давления на уровне моря (рисунок 3.1) для станции М Козинск (ст. «У») и трех ближайших станций: М Богучаны(ст. «А»), М Червянка(ст. «В») и М Чемдальск (ст. «С»).

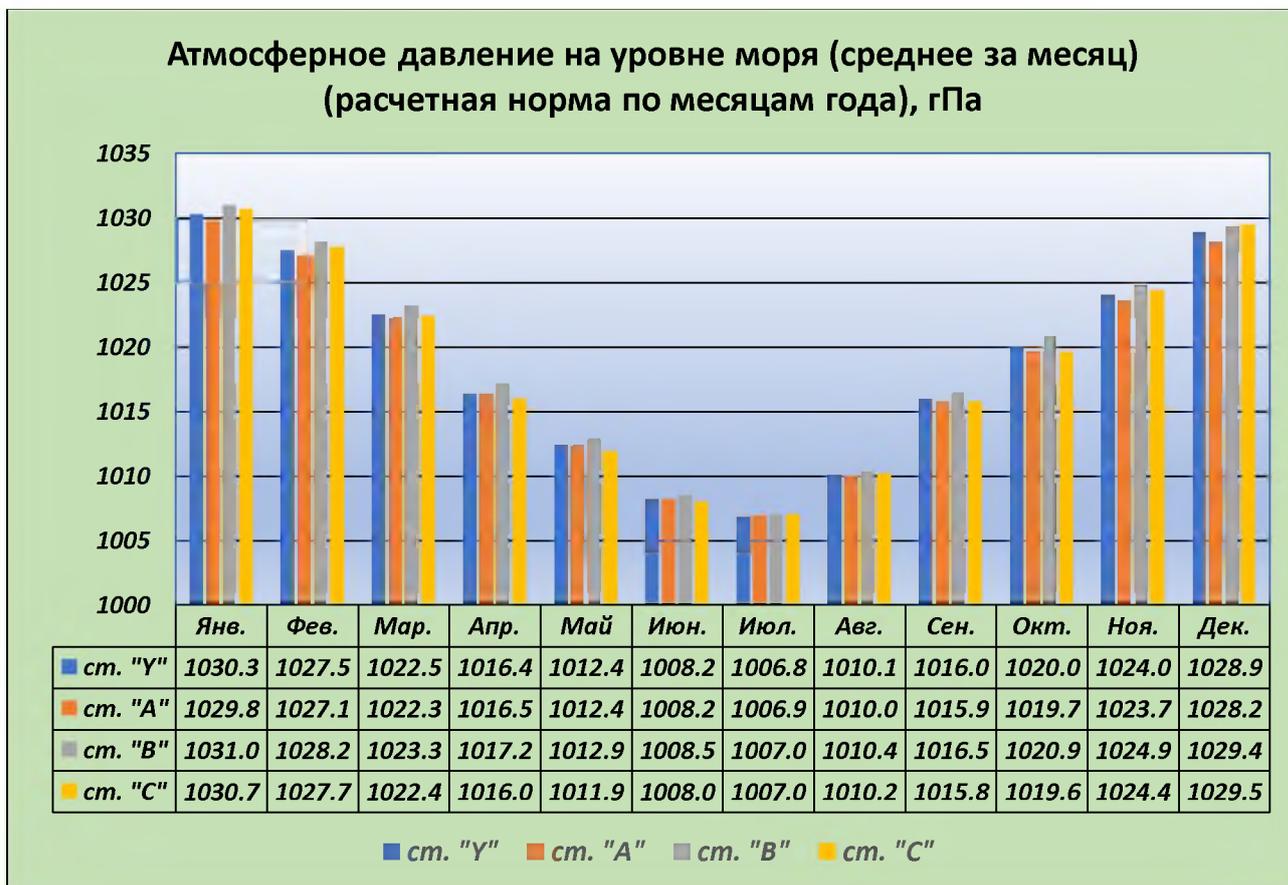


Рисунок 3.1 – Диаграмма климатических норм атмосферного давления на уровне моря за период 1991-2020 гг. для ст. «А», ст. «В», ст. «С» и ст. «У»

Температура воздуха, выводы. В результате проведенных расчетов для определения «расчетной климатической нормы» средней температуры воздуха за месяц, получены следующие выводы:

1) практические расчеты, проведенные по методу I (интерполяция нормы от ближайших станций) подтверждают, что полученные значения «расчетной климатической нормы» температуры воздуха можно использовать только в качестве приближенной оценки климатической нормы. Разница между расчетами, проведенными по методу I и методам II, III – значительна, и в среднем по модулю за год составляет 0,36 °С, абсолютная разница в отдельные месяцы от -0,67 до +0,41 °С, что несколько значительно;

2) расчеты, проведенные по уравнениям парной и линейной регрессии (методы II и III) наиболее удачны. и подтверждают, что полученные значения «расчетной климатической нормы» температуры воздуха можно использовать для достоверной оценки климатической нормы для станции М Козинск. Среднее годовое значение коэффициента корреляции по методу II - 0,961 (от 0,938 до 0,991), по методу III - 0,984 (от 0,966 до 0,998), что свидетельствует об очень высокой и тесной связи между исходными рядами данных температуры воздуха всех метеостанций, участвующих в регрессии. Значения оценочного F-критерия Фишера, значительно и кратно превышали его минимально допустимое значение, что также говорит о хорошем качестве и адекватности расчетной модели.

В соответствие с расчетными данными, наиболее вероятное значение «расчетной климатической нормы» средней температуры воздуха по месяцам года для метеостанции М Козинск поместим в итоговую таблицу 3.17.

Таблица 3.17 – Расчетное значение климатической нормы средней температуры воздуха за месяц (период 1991-2020 гг.) для метеостанции Козинск («У»)

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	-
$T_{мес., °C}$	-24,1	-19,7	-10,5	-0,6	7,3	15,3	-

Месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
T _{мес.} , °C	18,3	14,5	6,3	-1,9	-14,1	-23,0	-2,7

Для визуальной оценки полученного результата расчетной климатической нормы температуры воздуха по данным таблицы 3.17 и таблиц ИД2.1 и ИД2.2 Приложения 1, построим совмещенную диаграмму климатических норм температуры воздуха (рисунок 3.2) для метеостанции М Кодинск (ст. «У») и трех ближайших метеостанций: М Богучаны (ст. «А»), М Червянка (ст. «В») и М Чемдальск (ст. «С»).

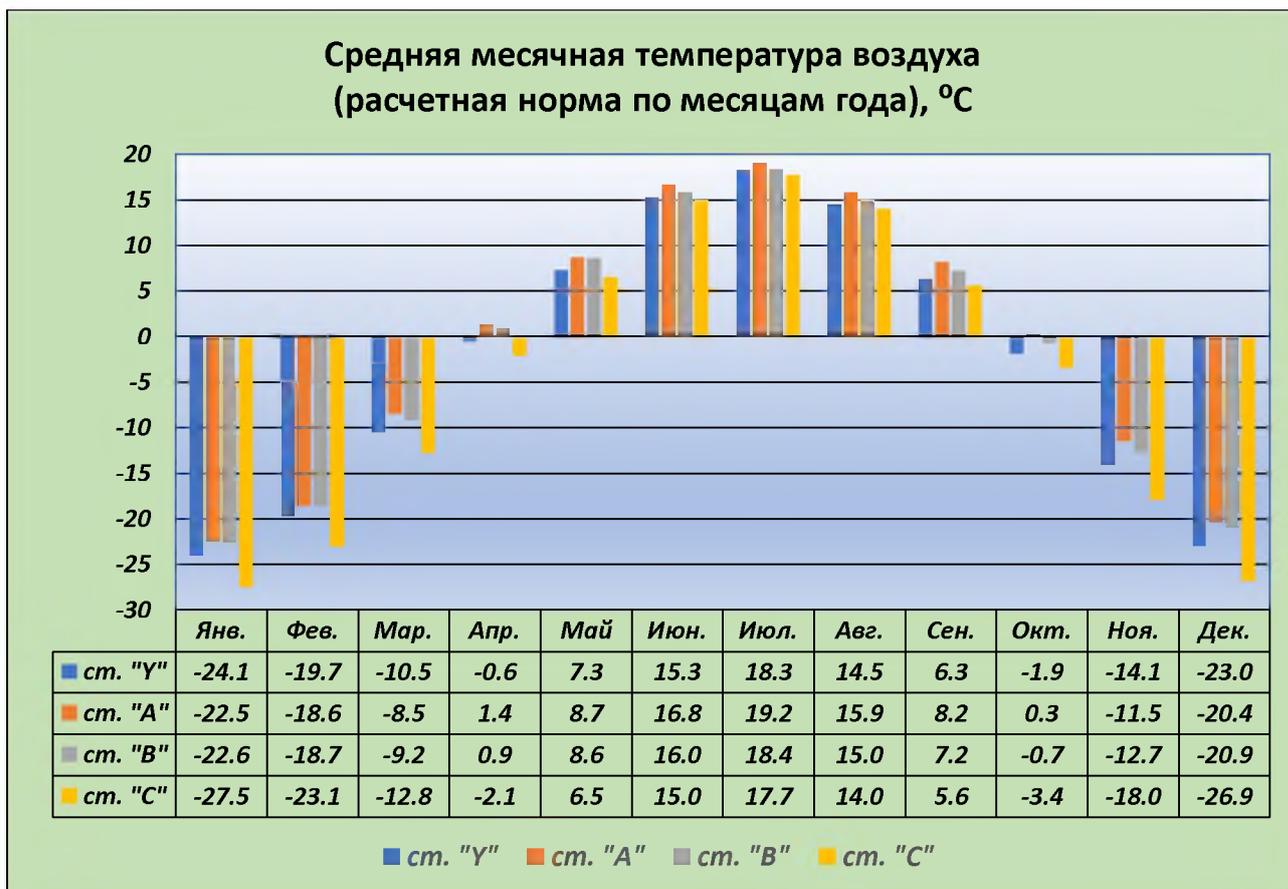


Рисунок 3.2 – Совмещенная диаграмма расчетных норм температуры воздуха за период 1991-2020 гг. для метеостанций: ст. «А», ст. «В», ст. «С» и ст. «У»

Количество осадков, выводы. В результате проведенных расчетов для определения «расчетной климатической нормы» количества осадков за месяц, получены следующие выводы:

1) расчеты, проведенные по методу I (интерполяция норм от ближайших станций) указывают на то, что полученные значения «расчетной климатической нормы» количества осадков, можно использовать только для приближенной оценки климатических нормы станции с коротким рядом наблюдений (в связи со значительной разницей по разным методам расчета). Разница значений расчетных норм осадков по методу I и методам II и III – значительна, и в отдельные месяцы года составляет в пределах от -7,0 до +18,0 мм;

2) расчеты, проведенные по методам парной и множественной линейной регрессии (методы II и III), подтверждают, что полученные значения «расчетной климатической нормы» количества осадков за месяц можно использовать только в отдельные месяцы года (8 месяцев из 12). В эти месяцы, коэффициент корреляции показывает «хорошую и достаточно плотную связь» (равен и выше 0,70), а значение F-критерия Фишера, превышают его минимально допустимое значение, что указывает на адекватность и успешность расчетной модели;

3) в результате проведенных расчетов и анализа исходных данных, расчетную климатическую норму количества осадков можно установить для следующих месяцев года: январь, февраль, март, апрель, август, сентябрь, октябрь и декабрь. Среднее значение показателя корреляционной связи для этих месяцев более 0,70. Коэффициенты корреляции по методу II - 0,813 (от 0,782 до 0,866), по методу III - 0,883 (от 0,708 до 0,973), что по шкале Чеддока в среднем говорит о сильной (или высокой) степени связи между исходными рядами данных всех станций, участвующих в регрессии. Значения F-критерия Фишера, находятся около или незначительно превышают его допустимое значение, что указывает на адекватность расчетной модели;

4) по результатам расчетов и их анализа, расчетную климатическую норму количества осадков нельзя установить для следующих месяцев года: май, июнь, июль и декабрь, что прежде всего связано со значительно низкой степенью статистической связи исходных рядов данных или её отсутствием и неадекватностью расчетной модели. Среднее значение показателя корреляции для этих месяцев мало: по методу II - 0,506 (от 0,360 до 0,650), по методу III -

0,532 (от 0,503 до 0,560), что по шкале Чеддока свидетельствует от низкой, (слабой) до средней степени связи между величинами количества осадков станций. Расчетные значения F-критерия Фишера, даже не достигают его минимально допустимого значения, что также говорит о плохом качестве и неадекватности расчетной модели. Наличие очень сильных ливней для летних месяцев и конвективных твердых осадков привели к образованию «статистических выбросов» в исходных рядах данных за пределы отклонений от среднего количества осадков на величину, близкую и выходящую за пределы $\pm 2\sigma$.

В соответствие с расчетными данными, приведенными в таблице 3.15 настоящего раздела, наиболее вероятное значение «расчетной климатической нормы» количества осадков по месяцам года для метеорологической станции с коротким рядом наблюдений М Кодинск поместим в таблицу 3.18.

Итоговая, наиболее вероятная, расчетная норма количества осадков ($Q_{\text{мес.}}$), приведена в таблице 3.18, и учитывает результаты всех возможных методов расчета (I, II и III) с некоторыми, вынужденно введенными весовыми коэффициентами, и определяется по формуле:

$$Q_{\text{мес.}} = A \cdot Q_{(Y)\text{расч.I}} + B \cdot Q_{(Y)\text{расч.II-III}} \quad (3.4)$$

где: А – весовой коэффициент, учитывающий степень влияния метода I на итоговое значение расчетной нормы количества осадков. Коэффициент А, примерно равен остатку от коэффициента В и определяется как, $A \approx 1-B$;

В – весовой коэффициент, учитывающий степень влияния методов II и III на итоговое значение расчетной величины нормы количества осадков. Коэффициент В, примерно пропорционален средневзвешенному коэффициенту корреляции, для методов II и III, выражается как, $B \approx R_{(Y)\text{расч.II-III}}$.

Итоговые весовые коэффициенты введены в расчетную итоговую модель вынужденно, с целью учета всех возможных методов расчета и повышением общей устойчивости расчетной модели в связи с недостаточными и низкими

показателями корреляционной связи в отдельных расчетных месяцах, и приближенно определяют степень значимости всех трех методов расчета для общей «оценки» величины количества осадков.

Итоговое уравнение расчетной нормы количества осадков, для месяцев с коэффициентом корреляции равным или более 0,70, имеет следующий вид:
 $Q_{\text{мес.}} = 0,15 \cdot Q_{(Y)\text{расч. I}} + 0,85 \cdot Q_{(Y)\text{расч. II-III}}$. Итоговое уравнение, для месяцев с корреляцией менее 0,70, имеет вид: $Q_{\text{мес.}} = 0,48 \cdot Q_{(Y)\text{расч. I}} + 0,52 \cdot Q_{(Y)\text{расч. II-III}}$.

Таблица 3.18 – Расчетное значение климатической нормы количества осадков за месяц, год (период 1991-2020 гг.) для станции Козинск («Y»)

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	-
$Q_{\text{мес.}}, ^\circ\text{C}$	24,9	17,2	19,4	21,4	34,4	42,6	-
Месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
$Q_{\text{мес.}}, ^\circ\text{C}$	56,4	52,3	47,2	46,7	40,4	29,2	432

На рисунке 3.3 приведена совмещенная диаграмма климатических норм количества осадков по данным таблицы 3.18 и таблиц ИД3.1 и ИД3.2 приложения 1, для станции М Козинск (ст. «Y») и трех ближайших станций М Богучаны (ст. «А»), М Червянка (ст. «В») и М Чемдальск (ст. «С»).



Рисунок 3.3 – Диаграмма расчетных норм количества осадков за период 1991-2020 гг. для станций: ст. «А», ст. «В», ст. «С» и расчетной нормы количества осадков на ст. «У»

Заключение

В ходе выполнения работы произведено вычисление основных значений «расчетных климатических норм» (атмосферного давления на уровне моря, температуры воздуха и количества осадков) для метеорологической станции М Кодинск с коротким периодом наблюдений за расчетный период 1991-2020 гг.

В работе выполнены поставленные цели и задачи исследования: выбрана метеостанция с коротким рядом наблюдений, для дальнейшего применения результатов расчета (М Кодинск, период работы – 9 лет); выполнен сбор и обработка исходных данных наблюдений (см. приложения 1, 2) по исследуемой и трем ближайшим метеостанциям; приведены теоретические основы расчетных методов и моделей в соответствии с целью и задачами исследования; выполнены практические вычисления при помощи разделов «корреляция» и «регрессия» пакета Microsoft Excel; результаты расчетов сгруппированы по методам расчета с разбивкой по месяцам года, выполнено их сопоставление и анализ; определены итоговые значения «расчетных климатических норм» для станции М Кодинск с коротким рядом наблюдений за период 1991-2020 гг. После проведения расчетов, установления «расчетных климатических норм» все поставленные задачи решены и цели достигнуты.

При определении «расчетных климатических норм» метеостанции М Кодинск были использованы климатические нормы атмосферного давления на уровне моря, температуры воздуха и количества осадков трех ближайших метеостанций, рассчитанных за период наблюдений 1991-2020 гг.

В первом разделе работы дана климатическая характеристика и описание района исследований, отмечена практическая значимость проводимых расчетов, приведена основная характеристика Богучанской и каскада ГЭС на р. Ангара; представлено описание метеостанций, расположенных в ближайшем окружении района Богучанской ГЭС, приведена методика метеорологических наблюдений.

Во втором разделе рассмотрены теоретические основы аналитических и статистических методов расчета и оценки рядов метеоданных, для определения «расчетной климатической нормы», разработаны способы математического решения поставленной задачи, приведены формулы и способы проведения практических расчетов. Разработан подход к определению «расчетных климатических норм» с помощью трех выбранных теоретических методов исследования, таких как:

- метод линейной интерполяции «нормы» с учетом пространственного «весового» территориального коэффициента;
- методом парной линейной регрессии с установлением необходимой степени корреляции (качества связи), оценки адекватности расчетной модели;
- методом множественной линейной регрессии с установлением необходимой степени корреляции, оценки адекватности расчетной модели.

В третьем разделе произведены практические расчеты с использованием пакетов статистической обработки рядов данных «корреляция» и «регрессия» программы Microsoft Excel. Вычислены значения «расчетных климатических норм» по месяцам года для метеорологической станции с коротким периодом метеонаблюдений М Кординск. Результаты расчетов помещены в таблицы.

По результатам проделанной работы и выполненных расчетов, сделаны основные выводы и даны оценки качества применяемых способов расчета:

1. Для вычисления «расчетной климатической нормы» атмосферного давления на уровне моря М Кординск, исходных данных, за 9 лет наблюдений оказалось достаточно. Оценка качества всех методов расчета имеет «отличный» результат. Методы линейной регрессии оцениваются по критерию Пирсона, коэффициент корреляции в целом за расчетный год, составил - 0,994, с внутригодовой вариацией от 0,959 до 0,999, что говорит об очень сильной статистической связи исходных данных и адекватности расчетной модели. Расчетная климатическая норма атмосферного давления на уровне моря за год для М Кординск, составляет 1018,6 гПа, что отлично согласуется с нормами давления трех ближайших станций. Метод интерполяции норм давления от

ближайших метеостанций имеет высокую сопоставимость с методами линейной регрессии, разница в них не превышает $\pm 0,2$ гПа. Все методы расчетов рекомендованы для определения «расчетной климатической нормы» атмосферного давления на уровне моря.

2. Для определения «расчетной климатической нормы» температуры воздуха М Кординск, исходных данных, за 9 лет наблюдений оказалось достаточно. Качество методов линейной регрессии при расчетах показывает «отличный» результат. Методы линейной регрессии оцениваются по критерию Пирсона, коэффициент корреляции в среднем расчетный год, составил 0,973 (очень сильная статистическая связь), с вариацией за отдельные месяцы от 0,938 до 0,998, что говорит об адекватности расчетной. Расчетная климатическая норма годовой температуры воздуха М Кординск $-2,7$ °С, что достаточно хорошо коррелируется с годовыми нормами температуры воздуха трех ближайших метеостанций, входит в их интервал (от $-0,9$ до $-4,6$ °С). Метод интерполяции норм температуры воздуха от ближайших станций имеет «удовлетворительную» сопоставимость с методами линейной регрессии, разница в которых в среднем за год $0,36$ °С, а в отдельные месяцы варьируется от $-0,67$ до $+0,41$ °С, что значительно. В результате оценки качества расчетных методов, для определения «расчетной климатической нормы» температуры воздуха, могут быть рекомендованы только методы линейной регрессии, которые в совокупности дают отличный оценочный результат. Метод интерполяции норм температуры воздуха от ближайших станций не рекомендован для определения «расчетной климатической нормы» из-за значимых расхождений результатов расчета с методами линейной регрессии.

3. Для вычисления «расчетной климатической нормы» количества осадков М Кординск исходных данных, за 9 лет наблюдений оказалось недостаточно. Расчетами установлено, что только для 8 из 12 месяцев года, статистическая связь исходных рядов данных удовлетворительна, когда коэффициент корреляции составляет 0,700 или более. В остальные 4 расчетных месяца (май, июнь, июль, декабрь) статистическая связь исходных рядов данных

неудовлетворительна (по критерию Пирсона), расчетная модель по оценивается как неадекватная (по F-критерию Фишера). Вычисление значений «расчетных климатических норм» количества осадков за май, июнь, июль и декабрь месяцы методом линейной регрессии не представляется возможным даже после проведения мероприятий по коррекции исходных рядов данных. В остальные 8 расчетных месяцев года оценка методов линейной регрессии дает в целом за год «удовлетворительный», «хороший» и даже «отличный» оценочный результат. Коэффициенту корреляции в среднем за 8 месяцев оцениваются на уровне - 0,848, с вариацией за отдельные месяцы от 0,708 до 0,973, что говорит о достаточно сильной (тесной) статистической связи и достаточной адекватности расчетной модели. Метод интерполяции величин количества осадков от ближайших станций имеет «слабую» сопоставимость с методами линейной регрессии, разница в которых в пределах от 7,0 до +18,0 мм за месяц, что значительно. По результатам оценок методов, для определения «расчетной климатической нормы» количества осадков наиболее лучшим результатом обладает метод линейной регрессии (только для 8 месяцев года). Для остальных 4 месяцев года, адекватная «расчетная норма количества осадков» в связи с отсутствием или низкой статистической связью – установлена быть не может.

Список использованной литературы

1. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В. и др. Климатология. Учебник для ВУЗов. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
2. История метеорологических наблюдений в России. Справка - РИА Новости, 13.01.2009 / <https://ria.ru/20090113/159088547.html?ysclid=m4q6raikqs405983633>
3. Кадочникова Е.И. Статистический анализ пространственных данных: учебное пособие. – Казань: изд-во Казанского университета, 2023. – 140 с.
4. Капустин, А.В., Сторожук, Н.Л. Технические средства гидрометеорологической службы. – СПб.: КОМЕТЕХ, 2005. – 283 с.
5. Кобышева Н.В. Климат России (монография). – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2001. - 654 с.
6. Код для оперативной передачи данных приземных метеорологических наблюдений с сети станций Росгидромета (код КН-01 SYNOP). - М.: Росгидромет, 2012. – 78 с.
7. Методические указания по автоматизированной обработке гидрометеорологической информации. Метеорологическая информация неавтоматизированных гидрометеорологических станций и постов. Часть 1. Метеорологическая информация станций. Раздел 1. Занесение информации на технический носитель (изд. 2-е, перераб. и доп.). - Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2000. – 68 с.
8. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-4. Выпуск 21. Красноярский край, Тувинская АССР. Книга 1. Л.: Гидрометеиздат, 1990, 624 с.
9. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 21. Красноярский край, Тувинская АССР. Книга 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 624 с.
10. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 3. Часть I. Метеорологические наблюдения на станциях. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 300 с.

11. Обзор деятельности Росгидромета за 2023 год. Подготовлено к печати ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». / Под ред. И.А. Шумакова, В.В. Соколова, Обнинск: 14.03.2024. – 83 с.
12. Плохотников К.Э. Статистика: учебное пособие. – М.: изд-во «Флинта», 2006. – 288 с.
13. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь / Под. ред. А.И. Бедрицкого. - СПб.: Летний Сад, 2009. – Том 1: А-И. – 336 с.
14. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь / Под. ред. А.И. Бедрицкого. - СПб.: Летний Сад, 2009. – Том 2: К-П. – 312 с.
15. Руководящий документ РД 52.04.614-2000. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 3. Часть II. Обработка материалов метеорологических наблюдений. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2001. – 119 с.
16. Руководящий документ Росгидромета РД 52.04.563-2013. Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательным подразделениям. - СПб.: Моби Дик, 2013. – 49 с.
17. Сарапулова, Т.В. Метеорологические наблюдения. Учебное пособие для студентов Екатеринбургского колледжа транспортного строительства. – Екатеринбург: ЕКТС – 2020. – 41 с.
18. Справочник по климату СССР. Выпуск 21. Красноярский край, Тувинская АССР. Часть II. Температура воздуха и почвы. - Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1969, 504 с.
19. Справочник по климату СССР. Выпуск 21. Красноярский край, Тувинская АССР. Часть IV. Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров. - Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1969, 403 с.
20. Стернзат, М.С. «Метеорологические приборы и измерения». Л.: Гидрометеоиздат, 1978. – 388 с.
21. Шорохова И.С. Статистические методы анализа: учебное пособие. – Екатеринбург: изд-во Уральского университета, 2015. – 300 с.

22. Электронный портал «Муниципальное образование Кежемский район Красноярского края» <https://adm-kr24.ru/wp-content/uploads/2020/09/Материалы-по-обоснованию-.pdf>. // Е.В. Юденич, И. Е. Гришечкина, О.Б. Тряпицина. Схема территориального планирования Кежемского района Красноярского края. – СПб.: ФГУП «РосНИПИУрбанистики», 2011. – 318 с.

23. Электронный портал сборников топографических карт «RETROMAP» https://retromap.ru/14199033_58.636845,99.145204&w=sm&p=69

24. Электронный портал энциклопедии «Википедия» // раздел «Богучанская ГЭС» https://ru.wikipedia.org/wiki/Богучанская_ГЭС

25. Электронный портал энциклопедии «Википедия» // раздел «Братская ГЭС» https://ru.wikipedia.org/wiki/Братская_ГЭС

26. Электронный портал энциклопедии «Википедия» // раздел «Иркутская ГЭС» https://ru.wikipedia.org/wiki/Иркутская_ГЭС

27. Электронный портал энциклопедии «Википедия» // раздел «Река Ангара» <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ангара>

28. Электронный портал энциклопедии «Википедия» // раздел «Усть-Илимская ГЭС» https://ru.wikipedia.org/wiki/Усть-Илимская_ГЭС

Приложение 1

Климатические нормы по метеостанциям за период с 1991 по 2020 гг.

Таблица ИД1.1 – Средние многолетние значения атмосферного давления на уровне моря по месяцам года за период 1991-2020 гг.(январь-июнь), гПа

Станция	Янв.	Фев.	Мар.	Апр.	Май	Июн.	-
ст. «А»	1029,8	1027,1	1022,3	1016,5	1012,4	1008,2	-
ст. «В»	1031,0	1028,2	1023,3	1017,2	1012,9	1008,5	-
ст. «С»	1030,7	1027,7	1022,4	1016,0	1011,9	1008,0	-

Таблица ИД1.2 – Средние многолетние значения атмосферного давления на уровне моря по месяцам года за период 1991-2020 гг.(июль-декабрь), гПа

Станция	Июл.	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.	Год
ст. «А»	1006,9	1010,0	1015,9	1019,7	1023,7	1028,2	1018,4
ст. «В»	1007,0	1010,4	1016,5	1020,9	1024,9	1029,4	1019,2
ст. «С»	1007,0	1010,2	1015,8	1019,6	1024,4	1029,5	1018,6

Таблица ИД2.1 – Средние многолетние значения температуры воздуха по месяцам года за период 1991-2020 гг.(январь-июнь), °С

Станция	Янв.	Фев.	Мар.	Апр.	Май	Июн.	-
ст. «А»	-22,5	-18,6	-8,5	1,4	8,7	16,8	-
ст. «В»	-22,6	-18,7	-9,2	0,9	8,6	16,0	-
ст. «С»	-27,5	-23,1	-12,8	-2,1	6,5	15,0	-

Таблица ИД2.2 – Средние многолетние значения температуры воздуха по месяцам года за период 1991-2020 гг.(июль-декабрь), °С

Станция	Июл.	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.	Год
ст. «А»	19,2	15,9	8,2	0,3	-11,5	-20,4	-0,9
ст. «В»	18,4	15,0	7,2	-0,7	-12,7	-20,9	-1,6
ст. «С»	17,7	14,0	5,6	-3,4	-18,0	-26,9	-4,6

Таблица ИДЗ.1 – Средние многолетние значения суммарного количества осадков по месяцам года за период 1991-2020 гг.(январь-июнь), мм

Станция	Янв.	Фев.	Мар.	Апр.	Май	Июн.	-
ст. «А»	16,8	13,6	12,0	19,0	30,7	41,1	-
ст. «В»	13,9	10,5	9,8	18,3	27,2	47,9	-
ст. «С»	19,6	15,1	15,6	21,6	34,3	52,5	-

Таблица ИДЗ.2 – Средние многолетние значения суммарного количества осадков по месяцам года за период 1991-2020 гг. (июль-декабрь), мм

Станция	Июл.	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.	Год
ст. «А»	53,8	48,0	45,4	31,0	27,3	23,4	361,9
ст. «В»	62,3	51,2	38,7	27,0	22,1	18,7	347,6
ст. «С»	52,8	51,5	42,9	39,4	30,3	23,2	398,8

Приложение 2

Данные параллельных метеонаблюдений за период с2016 по 2024 гг.

Таблица ИД4 – Результаты наблюдений за атмосферным давлением на уровне моря (средние значения за месяц) за период 2016-2024 гг., гПа

Месяц	Год	ст. «У»	ст. «А»	ст. «В»	ст. «С»
Январь	2016	1043,32	1043,53	1044,03	1042,38
Январь	2017	1027,79	1027,77	1029,56	1029,61
Январь	2018	1034,70	1034,38	1035,75	1033,32
Январь	2019	1026,97	1026,59	1028,21	1026,96
Январь	2020	1021,38	1020,50	1022,36	1021,24
Январь	2021	1032,16	1032,21	1032,52	1033,85
Январь	2022	1030,40	1029,54	1030,97	1031,88
Январь	2023	1027,58	1026,87	1027,78	1028,99
Январь	2024	1029,96	1028,64	1030,25	1030,48
Февраль	2016	1030,33	1030,24	1031,08	1030,35
Февраль	2017	1028,15	1027,54	1029,10	1028,58
Февраль	2018	1031,14	1030,94	1031,85	1031,34
Февраль	2019	1030,86	1030,39	1031,80	1030,82
Февраль	2020	1026,61	1025,91	1027,13	1027,27
Февраль	2021	1024,76	1024,15	1025,26	1026,38
Февраль	2022	1031,91	1031,60	1032,56	1032,89
Февраль	2023	1029,09	1028,88	1029,74	1028,86
Февраль	2024	1030,40	1029,66	1031,02	1030,61
Март	2016	1021,38	1021,34	1022,34	1021,40
Март	2017	1024,96	1024,71	1026,04	1024,89
Март	2018	1017,67	1017,34	1018,67	1018,52
Март	2019	1021,45	1021,10	1021,87	1021,15
Март	2020	1014,85	1015,00	1016,48	1013,68
Март	2021	1017,00	1016,67	1018,24	1017,48
Март	2022	1018,07	1018,07	1019,15	1017,76
Март	2023	1016,32	1016,03	1017,29	1015,45
Март	2024	1017,06	1016,37	1017,95	1017,05
Апрель	2016	1016,64	1016,64	1017,02	1016,97
Апрель	2017	1013,43	1013,41	1014,66	1012,47
Апрель	2018	1016,45	1016,09	1017,48	1016,13
Апрель	2019	1013,28	1013,41	1014,40	1012,70
Апрель	2020	1023,66	1023,12	1023,68	1024,40
Апрель	2021	1021,45	1021,39	1022,22	1021,23
Апрель	2022	1016,93	1017,16	1017,81	1016,10
Апрель	2023	1016,22	1016,15	1017,09	1015,93
Апрель	2024	1014,49	1014,23	1015,12	1014,13

Продолжение таблицы ИД4

Месяц	Год	ст. «У»	ст. «А»	ст. «В»	ст. «С»
Май	2016	1011,75	1011,95	1012,44	1011,29
Май	2017	1011,33	1011,22	1012,10	1011,07
Май	2018	1008,59	1008,48	1009,26	1008,71
Май	2019	1013,83	1014,01	1014,49	1012,69
Май	2020	1013,40	1013,52	1013,53	1013,87
Май	2021	1012,44	1012,45	1012,71	1012,29
Май	2022	1013,69	1013,84	1014,05	1012,75
Май	2023	1015,81	1016,05	1016,00	1014,93
Май	2024	1012,51	1012,15	1012,92	1012,57
Июнь	2016	1011,92	1011,70	1011,75	1012,73
Июнь	2017	1008,91	1008,81	1009,15	1009,30
Июнь	2018	1008,70	1008,42	1009,07	1009,10
Июнь	2019	1007,61	1007,28	1007,58	1008,23
Июнь	2020	1005,47	1005,79	1005,72	1005,33
Июнь	2021	1008,41	1008,47	1008,72	1007,90
Июнь	2022	1006,12	1005,99	1006,56	1006,37
Июнь	2023	1008,24	1007,99	1008,75	1007,63
Июнь	2024	1008,83	1008,53	1009,06	1009,11
Июль	2016	1007,32	1007,14	1007,30	1008,22
Июль	2017	1005,27	1005,37	1005,68	1005,91
Июль	2018	1008,28	1008,41	1008,25	1008,32
Июль	2019	1006,64	1006,84	1006,62	1007,35
Июль	2020	1006,14	1006,23	1006,10	1006,56
Июль	2021	1006,66	1006,91	1006,90	1006,74
Июль	2022	1004,48	1004,79	1004,87	1004,44
Июль	2023	1007,01	1006,86	1007,35	1007,29
Июль	2024	1003,53	1003,45	1003,65	1003,93
Август	2016	1012,68	1012,95	1013,01	1012,55
Август	2017	1011,15	1011,39	1011,55	1010,95
Август	2018	1009,53	1009,35	1009,75	1010,15
Август	2019	1011,53	1011,35	1011,41	1012,61
Август	2020	1009,05	1009,00	1008,67	1010,48
Август	2021	1011,06	1011,46	1011,35	1010,95
Август	2022	1007,51	1008,18	1008,58	1005,99
Август	2023	1008,96	1008,73	1009,18	1009,09
Август	2024	1007,98	1007,52	1008,43	1008,06

Продолжение таблицы ИД4

Месяц	Год	ст. «У»	ст. «А»	ст. «В»	ст. «С»
Сентябрь	2016	1020,86	1020,58	1020,67	1021,60
Сентябрь	2017	1012,32	1012,06	1012,90	1012,53
Сентябрь	2018	1017,36	1017,23	1017,66	1017,63
Сентябрь	2019	1013,93	1013,83	1014,41	1013,47
Сентябрь	2020	1016,04	1015,98	1016,05	1016,77
Сентябрь	2021	1017,34	1017,00	1017,58	1017,73
Сентябрь	2022	1014,49	1014,71	1015,13	1013,83
Сентябрь	2023	1016,12	1015,67	1016,32	1016,13
Сентябрь	2024	1015,57	1015,58	1016,77	1014,21
Октябрь	2016	1027,43	1027,07	1027,89	1028,42
Октябрь	2017	1023,23	1022,95	1023,82	1023,21
Октябрь	2018	1020,59	1020,02	1021,18	1020,73
Октябрь	2019	1018,59	1018,33	1019,40	1018,04
Октябрь	2020	1019,15	1018,74	1019,90	1019,19
Октябрь	2021	1021,70	1021,43	1022,90	1020,92
Октябрь	2022	1022,61	1022,38	1023,69	1022,12
Октябрь	2023	1016,39	1015,81	1017,68	1015,50
Октябрь	2024	1016,65	1016,35	1017,77	1015,82
Ноябрь	2016	1026,06	1025,68	1026,74	1027,57
Ноябрь	2017	1024,09	1023,52	1024,94	1025,43
Ноябрь	2018	1020,44	1019,89	1021,28	1021,10
Ноябрь	2019	1026,54	1026,03	1027,19	1027,87
Ноябрь	2020	1026,17	1025,95	1027,25	1026,13
Ноябрь	2021	1018,53	1018,04	1019,79	1018,67
Ноябрь	2022	1022,07	1021,86	1023,02	1022,17
Ноябрь	2023	1029,10	1028,25	1029,68	1029,20
Ноябрь	2024	1021,40	1020,60	1022,42	1021,20
Декабрь	2015	1021,61	1020,56	1022,79	1022,21
Декабрь	2016	1021,41	1020,83	1022,91	1022,28
Декабрь	2017	1029,72	1029,31	1030,42	1030,34
Декабрь	2018	1033,81	1033,51	1034,49	1033,20
Декабрь	2019	1026,34	1025,50	1026,53	1027,27
Декабрь	2020	1030,71	1030,25	1031,34	1031,57
Декабрь	2021	1028,65	1027,94	1029,37	1030,13
Декабрь	2022	1031,53	1031,62	1032,54	1030,37
Декабрь	2023	1032,72	1031,11	1032,71	1034,36

Таблица ИД5 – Результаты метеорологических наблюдений за температурой воздуха (средние значения за месяц) за период 2016-2024 гг., °С

Месяц	Год	ст. «У»	ст. «А»	ст. «В»	ст. «С»
Январь	2016	-26,61	-27,90	-27,89	-28,42
Январь	2017	-21,18	-19,94	-20,68	-25,33
Январь	2018	-25,65	-23,32	-24,36	-27,56
Январь	2019	-21,11	-18,37	-20,51	-23,30
Январь	2020	-15,62	-13,35	-13,37	-15,75
Январь	2021	-29,00	-27,17	-27,58	-35,68
Январь	2022	-21,47	-19,34	-20,65	-25,14
Январь	2023	-25,81	-24,05	-22,74	-30,80
Январь	2024	-23,10	-20,56	-20,84	-25,11
Февраль	2016	-16,73	-16,42	-15,77	-21,48
Февраль	2017	-16,18	-15,96	-16,38	-19,11
Февраль	2018	-20,98	-19,45	-20,85	-25,46
Февраль	2019	-20,20	-17,84	-19,85	-21,73
Февраль	2020	-15,02	-13,10	-14,03	-16,27
Февраль	2021	-22,68	-21,09	-21,00	-27,24
Февраль	2022	-18,74	-18,34	-18,89	-21,89
Февраль	2023	-17,50	-16,45	-16,56	-19,84
Февраль	2024	-21,16	-19,68	-20,42	-22,39
Март	2016	-6,38	-5,35	-5,96	-9,89
Март	2017	-4,85	-3,64	-4,33	-7,20
Март	2018	-10,48	-8,79	-9,61	-13,00
Март	2019	-4,75	-1,68	-3,81	-7,35
Март	2020	-6,26	-3,73	-4,87	-7,90
Март	2021	-9,53	-7,74	-8,47	-12,19
Март	2022	-11,46	-9,76	-9,99	-12,94
Март	2023	-7,43	-4,07	-5,10	-8,82
Март	2024	-9,24	-6,80	-7,25	-11,09
Апрель	2016	1,47	2,90	1,77	-1,63
Апрель	2017	1,31	3,40	2,85	-0,50
Апрель	2018	0,36	3,26	2,13	-0,43
Апрель	2019	-0,26	2,56	0,96	-1,97
Апрель	2020	4,99	6,86	6,17	3,70
Апрель	2021	-0,65	1,60	0,46	-2,47
Апрель	2022	0,88	2,54	2,52	-0,37
Апрель	2023	-3,97	-1,52	-2,33	-5,27
Апрель	2024	0,39	2,28	2,01	-0,73

Продолжение таблицы ИД5

Месяц	Год	ст. «У»	ст. «А»	ст. «В»	ст. «С»
Май	2016	5,65	7,13	6,57	3,78
Май	2017	7,40	8,50	9,07	6,62
Май	2018	6,03	7,67	7,71	6,27
Май	2019	7,18	9,15	8,27	6,72
Май	2020	10,39	11,70	11,33	9,31
Май	2021	5,45	7,33	6,64	5,27
Май	2022	9,49	10,43	10,74	9,53
Май	2023	7,43	8,45	8,26	6,77
Май	2024	8,53	9,96	10,54	8,59
Июнь	2016	16,66	17,43	16,95	16,53
Июнь	2017	17,20	18,16	18,32	17,17
Июнь	2018	16,99	18,64	17,91	18,37
Июнь	2019	16,62	18,29	17,92	16,60
Июнь	2020	15,51	17,09	16,63	15,87
Июнь	2021	13,32	14,59	14,91	14,53
Июнь	2022	14,87	16,22	16,05	15,37
Июнь	2023	15,11	16,14	16,20	15,57
Июнь	2024	15,21	16,03	15,74	15,34
Июль	2016	17,42	17,51	18,03	17,13
Июль	2017	17,72	17,61	18,20	17,71
Июль	2018	15,52	16,58	16,28	15,72
Июль	2019	19,38	19,08	19,56	19,93
Июль	2020	16,80	18,02	18,51	17,30
Июль	2021	18,23	18,55	19,23	19,67
Июль	2022	16,47	16,93	17,48	17,60
Июль	2023	18,81	18,94	19,31	18,95
Июль	2024	20,79	20,25	21,03	21,32
Август	2016	15,32	16,04	15,85	14,78
Август	2017	15,25	15,96	15,61	15,43
Август	2018	15,09	17,05	16,29	14,51
Август	2019	15,21	16,27	15,92	14,44
Август	2020	16,64	17,87	17,01	16,29
Август	2021	15,42	15,19	15,75	15,14
Август	2022	12,13	13,31	12,96	12,20
Август	2023	16,17	16,39	16,87	16,30
Август	2024	16,03	16,55	16,88	15,94

Продолжение таблицы ИД5

Месяц	Год	ст. «У»	ст. «А»	ст. «В»	ст. «С»
Сентябрь	2016	7,06	8,21	6,93	5,83
Сентябрь	2017	4,96	7,77	5,90	4,03
Сентябрь	2018	7,34	9,22	8,17	6,57
Сентябрь	2019	7,07	9,10	8,53	7,27
Сентябрь	2020	8,79	10,39	9,08	8,10
Сентябрь	2021	5,26	7,04	5,98	4,80
Сентябрь	2022	5,29	7,29	6,32	5,03
Сентябрь	2023	7,87	9,68	8,71	7,00
Сентябрь	2024	6,24	8,05	7,19	5,92
Октябрь	2016	-7,12	-5,34	-7,46	-10,75
Октябрь	2017	-1,18	1,19	-0,11	-2,63
Октябрь	2018	1,48	4,45	2,13	0,75
Октябрь	2019	-1,06	1,52	0,25	-2,04
Октябрь	2020	-1,31	0,96	0,05	-1,50
Октябрь	2021	-0,80	1,83	0,13	-1,56
Октябрь	2022	0,07	2,18	0,96	-0,67
Октябрь	2023	1,53	4,40	2,94	1,67
Октябрь	2024	-1,39	1,19	0,29	-1,50
Ноябрь	2016	-17,39	-15,82	-17,16	-22,30
Ноябрь	2017	-13,52	-10,74	-12,67	-19,57
Ноябрь	2018	-14,89	-11,79	-13,26	-18,10
Ноябрь	2019	-16,47	-13,46	-15,14	-21,90
Ноябрь	2020	-9,38	-5,81	-7,63	-11,10
Ноябрь	2021	-9,65	-6,33	-7,65	-11,53
Ноябрь	2022	-12,75	-9,89	-10,85	-15,97
Ноябрь	2023	-13,20	-10,14	-12,06	-15,60
Ноябрь	2024	-9,08	-5,33	-7,04	-10,63
Декабрь	2015	-13,26	-11,16	-12,16	-15,61
Декабрь	2016	-17,87	-15,47	-15,95	-22,61
Декабрь	2017	-18,39	-15,48	-16,44	-24,07
Декабрь	2018	-26,08	-23,57	-24,76	-28,89
Декабрь	2019	-21,85	-19,55	-20,13	-25,01
Декабрь	2020	-24,05	-20,48	-21,97	-29,34
Декабрь	2021	-22,01	-17,82	-21,22	-28,19
Декабрь	2022	-21,46	-18,79	-20,07	-24,55
Декабрь	2023	-26,23	-20,87	-22,90	-30,76

Таблица ИД6 – Результаты метеорологических наблюдений за количеством осадков (сумма за месяц) за период 2016-2024 гг., мм

Месяц	Год	ст. «У»	ст. «А»	ст. «В»	ст. «С»
Январь	2016	14,3	5,0	5,9	10,9
Январь	2017	27,5	13,4	7,5	17,6
Январь	2018	26,5	21,7	13,9	18,4
Январь	2019	25,5	16,4	11,2	26,3
Январь	2020	30,7	14,6	8,7	20,3
Январь	2021	27,7	24,8	19,2	17,8
Январь	2022	25,9	20,1	9,6	15,3
Январь	2023	49,2	34,7	21,4	28,4
Январь	2024	25,5	18,6	11,8	15,2
Февраль	2016	27,7	24,1	16,9	18,0
Февраль	2017	13,1	11,1	4,0	8,7
Февраль	2018	15,1	14,4	10,8	13,4
Февраль	2019	6,9	7,8	4,4	12,4
Февраль	2020	22,4	15,1	12,3	11,4
Февраль	2021	21,4	25,2	18,4	16,4
Февраль	2022	28,1	18,8	18,5	21,6
Февраль	2023	13,0	8,5	6,1	13,7
Февраль	2024	26,1	17,6	8,9	23,5
Март	2016	25,5	14,7	9,6	21,9
Март	2017	14,7	7,1	9,4	8,4
Март	2018	17,1	7,3	5,2	10,6
Март	2019	6,3	1,9	4,7	10,4
Март	2020	34,4	16,2	12,3	34,6
Март	2021	20,4	15,4	5,2	21,2
Март	2022	19,7	18,1	12,0	20,7
Март	2023	47,0	21,9	14,1	36,3
Март	2024	33,6	19,3	10,3	26,3
Апрель	2016	10,3	8,3	12,5	16,4
Апрель	2017	29,2	20,5	15,7	26,5
Апрель	2018	13,2	16,0	13,0	8,5
Апрель	2019	24,7	20,3	20,3	32,5
Апрель	2020	23,0	20,2	14,0	3,9
Апрель	2021	29,1	25,9	11,9	38,6
Апрель	2022	18,7	21,3	44,2	21,2
Апрель	2023	31,3	25,7	15,9	27,8
Апрель	2024	36,0	53,1	25,0	43,3

Продолжение таблицы ИД6

Месяц	Год	ст. «У»	ст. «А»	ст. «В»	ст. «С»
Май	2016	43,0	37,6	34,1	36,7
Май	2017	49,4	45,6	29,9	39,7
Май	2018	45,0	52,4	20,0	43,8
Май	2019	44,4	22,6	22,4	34,2
Май	2020	32,9	44,9	42,8	22,3
Май	2021	53,3	35,1	43,7	16,2
Май	2022	29,8	18,8	13,9	47,7
Май	2023	13,5	31,1	21,4	19,4
Май	2024	38,4	26,1	32,1	31,5
Июнь	2016	18,1	20,1	25,9	4,0
Июнь	2017	66,6	37,5	91,4	21,8
Июнь	2018	33,0	33,5	40,7	27,3
Июнь	2019	18,0	13,2	30,3	44,2
Июнь	2020	64,1	32,8	28,3	73,5
Июнь	2021	47,8	47,8	47,6	19,2
Июнь	2022	50,7	102,0	54,0	135,6
Июнь	2023	30,7	32,0	67,5	48,0
Июнь	2024	30,4	53,2	67,1	84,3
Июль	2016	58,0	60,9	49,5	7,6
Июль	2017	33,0	88,6	84,9	89,4
Июль	2018	47,5	10,0	7,3	68,4
Июль	2019	44,9	62,3	65,1	12,4
Июль	2020	37,3	56,9	53,8	39,2
Июль	2021	78,1	67,3	59,0	92,8
Июль	2022	167,6	108,4	93,9	97,7
Июль	2023	73,4	108,2	63,7	103,0
Июль	2024	63,8	137,5	105,9	111,1
Август	2016	24,5	15,7	8,1	29,3
Август	2017	53,9	48,1	25,2	9,9
Август	2018	59,2	36,6	58,1	121,7
Август	2019	45,9	32,1	29,4	91,8
Август	2020	28,5	48,6	66,5	0,8
Август	2021	38,9	38,8	48,1	13,0
Август	2022	102,7	107,3	96,9	140,5
Август	2023	33,6	19,1	31,6	86,4
Август	2024	163,3	105,5	33,4	79,9

Продолжение таблицы ИД6

Месяц	Год	ст. «У»	ст. «А»	ст. «В»	ст. «С»
Сентябрь	2016	11,2	14,4	8,1	0,2
Сентябрь	2017	94,4	104,8	80,2	48,9
Сентябрь	2018	50,5	46,1	38,5	18,8
Сентябрь	2019	48,0	26,5	20,2	50,4
Сентябрь	2020	51,5	58,2	77,9	60,1
Сентябрь	2021	30,9	22,5	32,6	31,9
Сентябрь	2022	62,4	44,6	36,7	48,3
Сентябрь	2023	13,4	58,4	60,5	23,9
Сентябрь	2024	57,6	50,1	34,4	89,2
Октябрь	2016	20,7	22,3	12,5	13,5
Октябрь	2017	19,3	19,7	15,7	26,1
Октябрь	2018	24,7	16,7	8,5	22,0
Октябрь	2019	52,3	31,5	23,1	53,2
Октябрь	2020	52,8	27,1	25,4	30,4
Октябрь	2021	21,9	17,5	11,1	33,9
Октябрь	2022	25,4	17,2	13,1	24,7
Октябрь	2023	43,3	36,2	29,4	32,9
Октябрь	2024	81,0	44,9	25,2	61,2
Ноябрь	2016	43,3	33,7	23,7	22,7
Ноябрь	2017	36,5	29,8	21,5	31,1
Ноябрь	2018	51,0	36,8	27,7	31,7
Ноябрь	2019	43,2	24,5	21,2	21,5
Ноябрь	2020	33,7	23,4	15,9	35,9
Ноябрь	2021	61,6	34,7	21,0	44,7
Ноябрь	2022	47,1	24,5	23,5	42,0
Ноябрь	2023	24,2	22,3	7,1	28,8
Ноябрь	2024	38,4	17,7	15,8	33,8
Декабрь	2015	39,8	26,1	15,9	39,9
Декабрь	2016	50,0	25,8	23,7	38,0
Декабрь	2017	53,1	28,7	30,1	29,0
Декабрь	2018	32,8	19,9	13,3	28,3
Декабрь	2019	40,1	28,7	23,0	23,2
Декабрь	2020	32,5	21,0	15,2	20,2
Декабрь	2021	37,2	36,5	24,2	34,8
Декабрь	2022	41,0	25,6	19,4	32,6
Декабрь	2023	33,8	22,0	23,4	29,1

Приложение 3

Результаты расчета норм количества осадков по методу линейной парной
регрессии для метеостанции «У»
(до и после коррекции исходных данных)

Таблица 1 – Показатели математической модели парной линейной регрессии для расчета климатической нормы количества осадков (по методу II)

Месяц	Модель для пары станций	Расчетное уравнение модели парной линейной регрессии	Коэффициент корреляции – (R)*, о.е.	F-критерий Фишера - (F)**, у.е.	Итоговая оценка модели*
Янв.	«У»-«А»	$Q_{Урасч.А}=0,951 \cdot A + 10,209$ $Q_{Урасч.А}=0,866 \cdot A + 11,487^1$	0,859 0,860	20 20	+ / + + / +
	«У»-«В»	$Q_{Урасч.В}=1,276 \cdot B + 12,613$	0,732	8	+ / +
	«У»-«С»	$Q_{Урасч.С}=1,308 \cdot C + 3,362$ $Q_{Урасч.С}=1,193 \cdot C + 5,201^1$	0,787 0,790	11 12	+ / + + / +
Фев.	«У»-«А»	$Q_{Урасч.А}=0,983 \cdot A + 3,730$	0,811	13	+ / +
	«У»-«В»	$Q_{Урасч.В}=1,035 \cdot B + 7,775$	0,793	12	+ / +
	«У»-«С»	$Q_{Урасч.С}=1,162 \cdot C + 1,359$	0,746	9	+ / +
Мар.	«У»-«А»	$Q_{Урасч.А}=1,592 \cdot A + 2,744$	0,858	20	+ / +
	«У»-«В»	$Q_{Урасч.В}=2,774 \cdot B - 1,220$	0,778	11	+ / +
	«У»-«С»	$Q_{Урасч.С}=1,115 \cdot C + 0,711$	0,922	40	+ / +
Апр.	«У»-«А»	$Q_{Урасч.А}=0,554 \cdot A + 10,937$ $Q_{Урасч.А}=0,652 \cdot A + 9,001^1$	0,797 0,825	12 15	+ / + + / +
	«У»-«В»	$Q_{Урасч.В}=0,026 \cdot B + 23,440$ $Q_{Урасч.В}=0,072 \cdot B + 22,605$	0,03 0,08	0,01 0,04	- / - - / -
	«У»-«С»	$Q_{Урасч.С}=0,475 \cdot C + 12,398$ $Q_{Урасч.С}=0,494 \cdot C + 11,865^1$	0,732 0,746	8 9	+ / + + / +
Май	«У»-«А»	$Q_{Урасч.А}=0,342 \cdot A + 26,902$	0,322	0,81	- / -
	«У»-«В»	$Q_{Урасч.В}=0,465 \cdot B + 25,402$	0,398	1,32	- / -
	«У»-«С»	$Q_{Урасч.С}=0,198 \cdot C + 32,451$ $Q_{Урасч.А}=0,220 \cdot C + 31,716^1$	0,181 0,197	0,24 0,28	- / - - / -
Июн.	«У»-«А»	$Q_{Урасч.А}=0,287 \cdot A + 27,909$ $Q_{Урасч.А}=0,332 \cdot A + 26,381^1$	0,402 0,419	1,35 1,49	- / - - / -
	«У»-«В»	$Q_{Урасч.В}=0,346 \cdot B + 22,362$ $Q_{Урасч.А}=0,368 \cdot B + 21,186^1$	0,413 0,433	1,44 1,62	- / - - / -
	«У»-«С»	$Q_{Урасч.С}=0,115 \cdot C + 33,953$ $Q_{Урасч.С}=0,117 \cdot C + 33,87^1$	0,255 0,254	0,49 0,48	- / - - / -
Июл.	«У»-«А»	$Q_{Урасч.А}=0,482 \cdot A + 27,104$ $Q_{Урасч.А}=0,430 \cdot A + 29,028^1$	0,430 0,444	1,59 1,72	- / - - / -
	«У»-«В»	$Q_{Урасч.В}=0,596 \cdot B + 25,996$ $Q_{Урасч.В}=0,513 \cdot B + 29,285^1$	0,409 0,407	1,40 1,39	- / - - / -
	«У»-«С»	$Q_{Урасч.С}=0,523 \cdot C + 28,472$ $Q_{Урасч.С}=0,480 \cdot C + 29,344^1$	0,495 0,526	2,27 2,67	- / - - / -

Продолжение таблицы 1

Авг.	«Y»-«A»	$Q_{Yрасч.А}=1,180 \cdot A + 1,940$ $Q_{Yрасч.А}=1,105 \cdot A + 4,335^1$	0,888 0,901	27 30	+ / + + / +
	«Y»-«B»	$Q_{Yрасч.В}=0,404 \cdot B + 43,341$ $Q_{Yрасч.С}=0,573 \cdot B + 33,949^1$	0,239 0,364	0,42 1,07	- / - - / -
	«Y»-«C»	$Q_{Yрасч.С}=0,397 \cdot C + 35,872$ $Q_{Yрасч.С}=0,388 \cdot C + 35,091^1$	0,458 0,485	1,86 2,15	- / - - / -
Сен.	«Y»-«A»	$Q_{Yрасч.А}=0,692 \cdot A + 13,925$ $Q_{Yрасч.А}=0,792 \cdot A + 10,408^1$	0,718 0,812	7,43 14	+ / + + / +
	«Y»-«B»	$Q_{Yрасч.В}=0,516 \cdot B + 24,336$	0,496	2,28	- / -
	«Y»-«C»	$Q_{Yрасч.С}=0,590 \cdot C + 22,304$ $Q_{Yрасч.С}=0,930 \cdot C + 13,095^1$	0,597 0,686	3,87 6,24	- / - + / +
Окт.	«Y»-«A»	$Q_{Yрасч.А}=1,937 \cdot A - 12,228$	0,910	34	+ / +
	«Y»-«B»	$Q_{Yрасч.В}=2,154 \cdot B - 1,321$ $Q_{Yрасч.В}=2,178 \cdot B - 2,661^1$	0,776 0,841	11 17	+ / + + / +
	«Y»-«C»	$Q_{Yрасч.С}=1,184 \cdot C - 1,263$	0,851	18	+ / +
Ноя.	«Y»-«A»	$Q_{Yрасч.А}=1,068 \cdot A + 12,741$	0,648	5,08	- / -
	«Y»-«B»	$Q_{Yрасч.В}=1,323 \cdot B + 16,027$ $Q_{Yрасч.В}=1,454 \cdot B - 12,920^1$	0,742 0,840	8,56 17	+ / + + / +
	«Y»-«C»	$Q_{Yрасч.С}=0,608 \cdot C + 22,382$	0,441	1,69	- / -
Дек.	«Y»-«A»	$Q_{Yрасч.А}=0,541 \cdot A + 25,939$ $Q_{Yрасч.А}=0,570 \cdot A + 25,219^1$	0,373 0,385	1,13 1,23	- / - - / -
	«Y»-«B»	$Q_{Yрасч.В}=0,954 \cdot B + 20,077$	0,703	6,83	+ / +
	«Y»-«C»	$Q_{Yрасч.С}=0,430 \cdot C + 26,879$	0,382	1,19	- / -
Примечание:					
* - если, приведенное значение $R \geq 0,667$, тогда расчетная модель адекватна и имеет сильную или очень сильную (тесную) корреляционную связь (обозначается знаком «+», иначе – знаком «-»);					
** - если, приведенное значение $F \geq 5,591$, тогда расчетная модель адекватна, полученное уравнение регрессии статистически значимо (обозначается знаком «+», иначе – знаком «-»);					
А, В, С – переменные в уравнениях регрессии, обозначают величины фактических климатических норм расчетного метеозлемента на станциях «А», «В» и «С».					

Таблица 2 – Результаты расчета показателя климатической нормы количества осадков за месяц для метеостанции «Y» (по методу II) до и после коррекции расчетной модели

Месяц	$Q_{(YA)}$, мм	$R_{(YA)}$, о.е.	$Q_{(YB)}$, мм	$R_{(YB)}$, о.е.	$Q_{(YC)}$, мм	$R_{(YC)}$, о.е.	$Q_{(Y)}$ расч. II, мм	$R_{(Y)}$ расч. II, о.е.
Янв.	26,15 26,00 ¹	0,859 0,860 ¹	30,34 - ³	0,732 - ³	29,00 28,60 ¹	0,787 0,790 ¹	28,20	0,791
Фев.	17,08 - ³	0,811 - ³	18,67 - ³	0,793 - ³	18,85 - ³	0,746 - ³	18,18	0,782
Мар.	21,82 - ³	0,858 - ³	26,03 - ³	0,778 - ³	18,11 - ³	0,922 - ³	21,76	0,844
Апр.	21,45 21,37 ¹	0,797 0,825 ¹	23,92 ² 23,92 ²	0,032 ² 0,075 ²	22,66 22,56 ¹	0,732 0,746 ¹	21,94	0,784
Май	37,43 - ³	0,322 - ³	38,06 - ³	0,398 - ³	39,23 ² 39,25 ²	0,181 ² 0,197 ²	37,78	0,360

Продолжение таблицы 2

Июн.	<i>39,71</i> <i>40,04¹</i>	<i>0,402</i> <i>0,419¹</i>	<i>38,94</i> <i>38,80¹</i>	<i>0,413</i> <i>0,433¹</i>	<i>39,96</i> <i>40,00¹</i>	<i>0,255</i> <i>0,254¹</i>	39,54	0,368
Июл.	<i>53,04</i> <i>52,18¹</i>	<i>0,430</i> <i>0,444¹</i>	<i>63,12</i> <i>61,22¹</i>	<i>0,409</i> <i>0,407¹</i>	<i>56,13</i> <i>54,72¹</i>	<i>0,495</i> <i>0,526¹</i>	56,39	0,457
Авг.	<i>58,58</i> <i>57,36¹</i>	<i>0,888</i> <i>0,901¹</i>	<i>64,03</i> <i>63,32¹</i>	<i>0,239</i> <i>0,364¹</i>	<i>56,31</i> <i>55,05¹</i>	<i>0,458</i> <i>0,485¹</i>	57,96	0,577
Сен.	<i>45,33</i> <i>46,36¹</i>	<i>0,718</i> <i>0,812¹</i>	<i>44,34</i> <i>-³</i>	<i>0,496</i> <i>-³</i>	<i>47,62</i> <i>-³</i>	<i>0,597</i> <i>-³</i>	46,23	0,637
Окт.	<i>47,73</i> <i>-³</i>	<i>0,910</i> <i>-³</i>	<i>56,77</i> <i>56,07¹</i>	<i>0,776</i> <i>0,841¹</i>	<i>45,44</i> <i>-³</i>	<i>0,851</i> <i>-³</i>	49,68	0,866
Ноя.	<i>41,87</i> <i>-³</i>	<i>0,648</i> <i>-³</i>	<i>45,27</i> <i>45,05¹</i>	<i>0,742</i> <i>0,840¹</i>	<i>40,78</i> <i>-³</i>	<i>0,441</i> <i>-³</i>	43,01	0,650
Дек.	<i>38,60</i> <i>38,55¹</i>	<i>0,374</i> <i>0,385¹</i>	<i>37,93</i> <i>-³</i>	<i>0,703</i> <i>-³</i>	<i>36,87</i> <i>-³</i>	<i>0,382</i> <i>-³</i>	37,82	0,490

Примечание:

¹⁾ – значение величины, получено с учетом коррекции «наибольшего выброса» в рядах исходных данных X (или Y), значение которой, отклонилось за пределы доверительного интервала, равного $\pm 2\sigma$. Для повышения устойчивости математической модели, произведена коррекция исходного уравнения регрессии по исходной величине с наибольшим выбросом X_i , до величины $|X - X_i| \leq 2\sigma$;

²⁾ – значения результатов регрессии исключены из общей модели, в связи с малыми корреляционными связями;

³⁾ – коррекция первичной расчетной модели не требуется, выбросов величин X_i за пределы доверительного интервала, равные 2σ – нет.

В числителе – значения до коррекции модели, в знаменателе – значения, полученные в ходе коррекции модели (уравнений регрессии).

Курсивом отмечены полученные расчетные значения в результате регрессии, не соответствующие оценочным критериям минимально допустимой надежности модели (ниже и не достигают их).

В качестве коррекции модели использован метод повторного построения этой же модели с ограничением исходных данных (величин количества осадков), входящих в модель, за величину доверительного интервала рядов данных, равную 2σ .