



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

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

**На тему «Анализ рядов метеорологических величин по данным АМК и АМС в
Ярославской области»**

Исполнитель

Веснин Александр Николаевич

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель

кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Восканян Карина Левановна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

доктор физико-математических наук, профессор

(ученая степень, ученое звание)

Кузнецов Анатолий Дмитриевич

(фамилия, имя, отчество)

«__» июня 2020 г.

Санкт-Петербург

2020

Содержание

	Стр.
Список условных обозначений	3
Введение	4
1 Географическая и климатическая характеристика Ярославской области	6
1.1 Географическое описание Ярославской области.	6
1.2 Административное деление области	10
1.3 Климат Ярославской области	15
1.4 Климат Ярославля	19
1.5 Наблюдения за погодой в Ярославской области	20
2 Описание АМК и АМС	23
2.1 Автоматический метеорологический комплекс	23
2.2 Автоматическая метеорологическая станция	25
2.3 Особенности метеорологических комплексов (станций)	28
3 Анализ метеорологических параметров по данным измеренным АМК и АМС	30
3.1 Выбор станций и формирование базы данных	30
3.2 Сравнительный анализ данных ноябрь 2019	32
3.3 Сравнительный анализ данных январь 2020	40
Заключение	48
Список использованных источников	50

Список условных обозначений

АМК – автоматизированный метеорологический комплекс

АМС – автоматическая метеостанция

ВМО - Всемирная метеорологическая организация

АРМ – автоматизированное рабочее место

UTC – всемирное координированное время

ГЭС – гидроэлектростанция

РГМО – Рыбинская гидрометеорологическая обсерватория

МЭД – манометр электрический дифференциальный

ЦСД - Центр сбора данных

ТДС - труднодоступные станции

ЦП – центральный процессор

АЦП – аналого-цифровой преобразователь

ПК – персональный компьютер

гПа – Гектопаскаль

WAREP – Код для автоматической передачи сообщений об ОЯ и НГЯ

ОЯ – опасное явление

НГЯ – неблагоприятное явление

ЦГМС – Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

Введение

Выдержка из обзора состояния и функционирования автоматизированных метеорологической и актинометрической сетей во 2 квартале 2019 года.

«По состоянию на конец второго квартала 2019 года на метеорологической сети Росгидромета находились в эксплуатации 1867 АМК и АМС, из них 1508 АМК установлены на станциях с персоналом, 28 АМК функционировали в автоматическом режиме работы (учитываются в составе АМС) и 331 АМС без персонала (табл. 1). На конец отчетного периода в рабочем состоянии находились 1775 АМК и АМС, что составляет 95 % от числа установленных, 90 % от установленных передавали метеорологическую информацию. Таким образом, по состоянию на 2-й кв. 2019 г. метеорологическая сеть с персоналом была автоматизирована на 88 %. В Башкирском, Колымском, Мурманском, Приволжском, Приморском, Центральном и УГМС Р. Татарстан метеорологическая сеть автоматизирована полностью. Количество установленных АМК во втором квартале 2019 г. по сравнению с первым кварталом увеличилось в целом на 2 единицы: - в Иркутском УГМС установлен АМК на труднодоступной станции Заярск, комплекс функционирует, но информацию не передает из-за нарушения в электропитании; - в Среднесибирском УГМС установлен АМК на станции Полигус, комплекс функционирует, но информацию не передает. Количество установленных АМС за второй квартал 2019 г. по сравнению с первым кварталом 2019 года увеличилось на 1 единицу, при этом: - в Дальневосточном УГМС демонтировано оборудование АМС Волочаевка. В сентябре 2018 года данное оборудование было списано из-за неисправности; - в Приволжском УГМС установлены 2 АМС: Вольск и Энгельск, поставленные по проекту Росгидромет-2.»

Как можно видеть из данной выдержки, в метеорологической сети Росгидромета уже имеется большое количество автоматических станций и автоматизированных комплексов. Со временем это количество будет только расти. Станции Ярославского ЦГМС, которые стали объектом моего

исследования, являются частью этой сети. Поэтому необходимо быть уверенными в том, что автоматике можно доверять и станции без персонала могут справляться с задачами не хуже, а иногда и лучше, чем обычные метеостанции.

Целью работы стал анализ данных, полученных с помощью АМК и АМС, их сравнение и выводы, которые можно сделать на основе этих сравнений, можно ли довериться автоматическим станциям или придётся, как и раньше полагаться исключительно на человека.

В качестве оцениваемых параметров, были взяты: температура, т.к. она является одним из самых важных параметров для всех сфер жизни человека. Сельское хозяйство, транспорт, военный сектор, туризм и многие другие области жизнедеятельности тесно взаимосвязаны с погодными условиями, в том числе и с температурой, и давление, параметр, который может оказывать прямое воздействие как на погоду, так и на человека.

1. Географическая и климатическая характеристика Ярославской области

1.1 Географическое описание Ярославской области.

Ярославская область (рис. 1.1) — один из 85-ти субъектов Российской Федерации, находится на 61-м месте по площади и 31-м месте по численности населения, т.е. плотность населения довольно высокая.



Рисунок 1.1 – Карта Ярославской области

Ярославскую область в различных упоминаниях, а также исторической литературе могут называть Ярославским краем, Ярославией, либо Ярославщиной . [1]

Образовалась Ярославская область 11 марта 1936 года, а в том виде, в котором она существует сейчас, с 13 августа 1944 года. Область включает в свой состав семнадцать муниципальных районов и три городских округа.

Область расположена в центре Восточно-Европейской равнины. Граничит с Тверской областью на западе, Вологодской – на севере, Московской – на юго-западе, Ивановской – на юго-востоке, Владимирской – на юге и Костромской – на востоке.

Ярославская область находится в часовом поясе, обозначаемом по международному стандарту как Moscow Time Zone (MSK/MSD). Смещение относительно Всемирного координированного времени UTC составляет +3 часа.

Общая протяжённость области с севера на юг составляет 270 км, а с запада на восток около 220 км. Расстояние от Ярославля до Москвы по прямой — 250 км.

Её самой высокой точкой является возвышенность Тархов холм, который находится на севере Переславского района, с высотой в 294 метра над уровнем моря, а самая низкая точка – дно реки Волги в месте её истечения из Ярославской области в Костромскую 75 м над уровнем моря (отметка уреза воды около 84 м над уровнем моря). Рельеф преимущественно равнинный или слегка холмистый. Возвышенности тянутся в направлении с юго-запада на северо-восток.

Ярославская область занимает территорию площадью примерно 36 тысяч квадратных километров. Из них 17.5 тысяч квадратных километров заняты лесами, 11.2 тыс. км² занимают сельскохозяйственные угодья, 4000 км² приходится на водные объекты, 1 тысяча км² – болота.

Раньше почти вся территория области была занята густыми хвойными и смешанными лесами (ель, сосна), но теперь большая их часть замещена берёзово-осиновыми лесами и пахотными землями. Большие территории области заняты болотами (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Исаковское болото в районе Пошехонья

В Ярославской области множество водоёмов, все относятся к бассейну Волги, которая зарегулирована плотинами и стала практически цепью водохранилищ: Углического (ёмкостью $1,2 \text{ км}^3$), Рыбинского ($25,4 \text{ км}^3$, площадь на территории области — 3246 км^2) и Горьковского ($8,8 \text{ км}^3$).

Всего по территории области протекает 4327 рек общей протяжённостью 19340 км. Их годовой сток составляет $38,8 \text{ км}^3$. Самые длинные реки (в пределах области): Волга — 340 км, Соть (рис. 1.3) — 170 км, Сить — 159 км, Устье — 153 км, Которосль — 132 км, Сара — 93 км, Согожа — 90 км, Обнора — 90 км, Сутка — 84 км.



Рисунок 1.3 – Река Соть

В области насчитывается 83 озера, крупнейшие — Неро — 51,3 км², и Плещеево — 50,9 км². Запасы пресных вод в области — 254 км³.

Полезными ископаемыми Ярославская область сравнительно небогата, добывают в основном строительные материалы (песок, гравий, глина) и торф. Также имеются запасы минеральных вод (источники и скважины) и небольшое количество нефти.

На территории области разведано 30 месторождений пресных подземных вод (запасы — 540 тыс. м³/сут.) и 29 — минеральных и рассольных (2,6 тыс. м³/сут). Пресные воды применяются в хозяйственно-питьевом водоснабжении, в технических целях, минеральные воды — в качестве лечебных, рассольных и в промышленных целях. Значителен потенциал недр в части геотермальных ресурсов. В настоящее время разведанными эксплуатационными запасами подземных вод обеспечены 20 % городов и поселков городского типа.

Забор пресных подземных вод осуществляют 726 водопользователей при эксплуатации около 2500 скважин. Потребителями пресных подземных вод

являются небольшие сельские и промышленные населённые пункты и 7 районных центров. Частично используют для хозяйственно-питьевого водоснабжения подземные воды города Рыбинск (9,5 %) и Углич (26,9).

Вода большинства водных объектов является умеренно загрязнённой. Наибольшее влияние на качество оказывают стоки промышленных предприятий.

Количество крупных животных сильно сократилось, но в лесах всё ещё встречаются медведи, волки, лисы, лоси и кабаны. В области живут и гнездятся многие виды птиц. В городах обычные птицы — это голуби, галки, серые вороны, грачи, домовые воробьи и большие синицы.

На полуострове, отделённом от остальной территории области Рыбинским водохранилищем, расположена часть Дарвинского биосферного заповедника. Вокруг Плещеева озера находится одноимённый национальный парк. На территории области также расположены 1 федеральный («Ярославский») и 41 региональный природный заказник, 70 памятников природы, 17 природных резерватов, 82 охраняемых природно-исторических ландшафтов, 5 лечебно-оздоровительных местностей, 22 охраняемых водных экосистем, 21 туристско-рекреационная местность.

В целях сохранения видового разнообразия флоры и фауны области и улучшения их естественного воспроизводства создана Красная книга Ярославской области.

1.2 Административное деление области

Согласно Закону «Об административно-территориальном устройстве Ярославской области», в состав Ярославской области входят:

- ✓ 6 городов областного значения (Переславль-Залесский, Рыбинск, Ярославль, Ростов, Тутаев, Углич)
- ✓ 17 районов, в которые входят 5 городов районного значения (Гаврилов-Ям, Данилов, Любим, Мышкин, Пошехонье), 12 посёлков городского типа (Борисоглебский, Бурмакино, Ишня,

Константиновский, Красные Ткачи, Красный Профинтерн (рис. 1.4), Лесная Поляна, Некрасовское, Петровское, Поречье-Рыбное, Пречистое, Семибратово), 226 сельских округов.

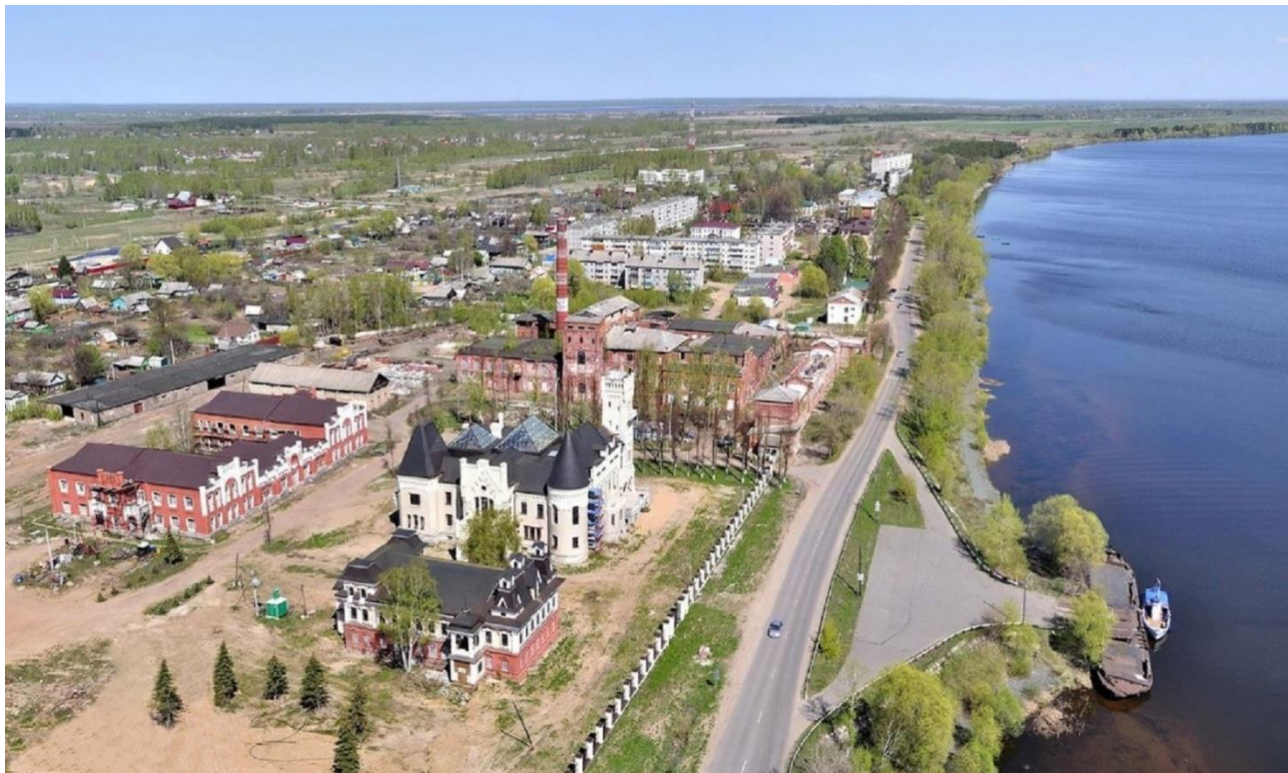


Рисунок 1.4 – Красный Профинтерн, Ярославская область

В рамках муниципального устройства области, в границах административно-территориальных единиц Ярославской области всего образовано 100 муниципальных образований.

Административным центром области является Ярославль (рис. 1.5). Ярославль довольно древний город, ему уже больше тысячи лет. Ещё его называют столицей Золотого кольца.

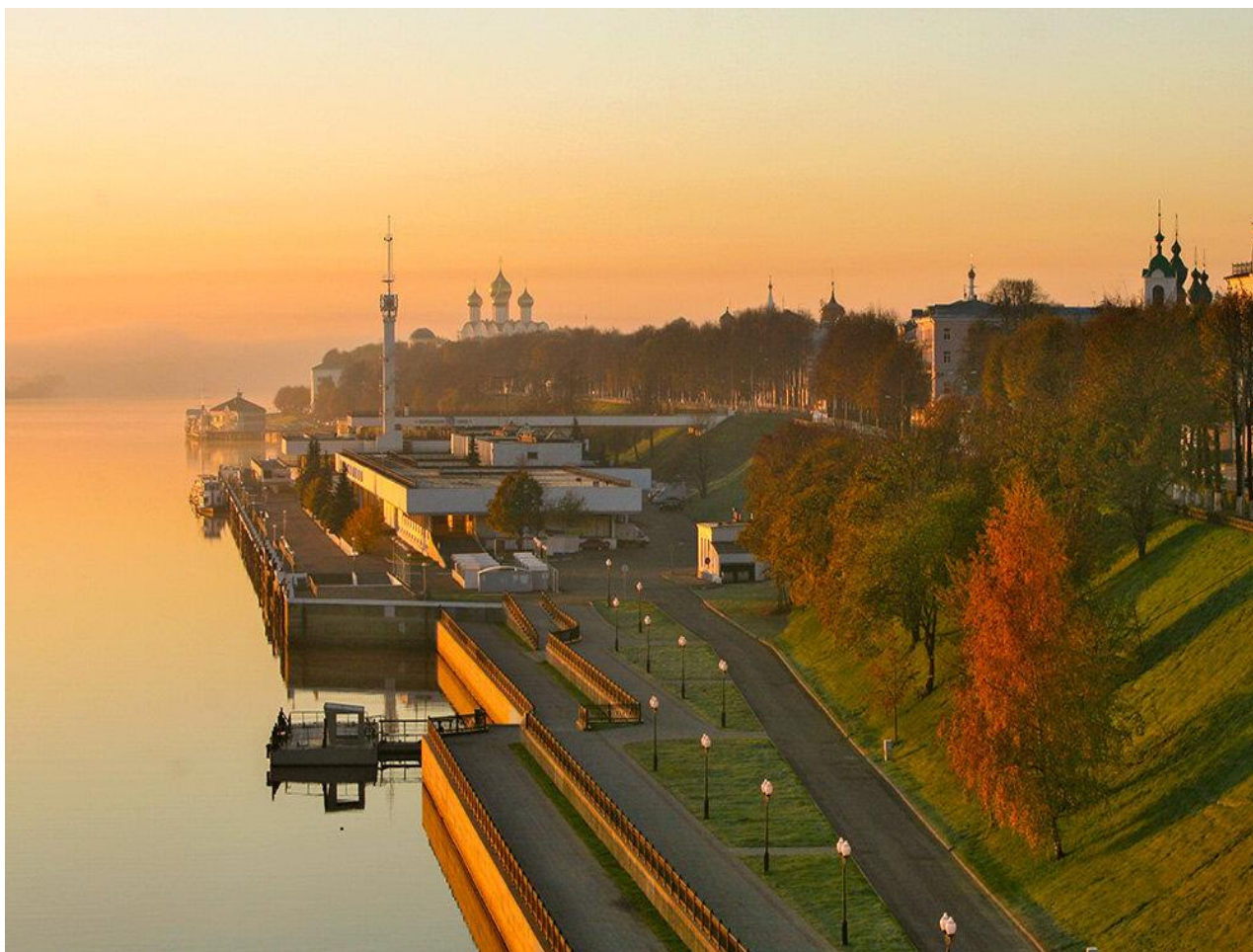


Рисунок 1.5 – Набережная Ярославля

Самые крупные города области: Ярославль, Переславль-Залесский и Рыбинск. Ярославская область граничит с Костромской, Московской, Владимирской, Вологодской, Тверской и Ивановской областями.

Переславль-Залесский (рис. 1.6) находится в 140-ка км от Москвы, на берегу Плещеева озера, так же, как и Ярославль, входит в Золотое кольцо, представляет определённый интерес для туристов. Например, в 2009 году, этот город посетило более трёхсот тысяч человек, при том, что население самого города не превышает и сорока тысяч.

В Переславле-Залесском находится одна из метеостанций ФГБУ «Ярославского ЦГМС», на территории которой располагается и комплекс АМК.



Рисунок 1.6 – Переславль-Залесский.

Рыбинск является вторым по величине городом в Ярославской области, кроме, непосредственно, самого Ярославля, от которого он находится на расстоянии 82 км. Рыбинск (рис. 1.7) расположен у слияния рек Волги, Черемухи и Шексны, и является административным центром Рыбинского района.

Одной из «достопримечательностей» Рыбинска можно назвать Рыбинское водохранилище (рис. 1.8), или как его называют местные жители, Рыбинское море. Это один из крупнейших искусственных водоёмов мира. Образовался после строения Рыбинской ГЭС в тридцатых годах прошлого века. Водохранилище оказывает большое влияние на местный климат и нуждается в постоянном наблюдении. Поэтому в Рыбинске находится один из самых крупных центров наблюдения за погодой Ярославской области, Рыбинская гидрометеорологическая обсерватория (РГМО).



Рисунок 1.7 – Рыбинск



Рисунок 1.8 – Рыбинское водохранилище.

1.3 Климат Ярославской области

Как уже было сказано, Ярославская область расположена на севере Европейской части России, в центре Восточно-Европейской равнины. Поэтому, в силу географического положения, климат тут умеренно континентальный, со снежными зимами и коротким, но весьма тёплым летом. Чётко выражены осенний и весенний периоды.

Зима в Ярославской области (рис. 1.9) начинается во второй половине ноября и длится примерно 4-5 месяцев. С первых чисел декабря образуется устойчивый снежный покров. Самый холодный месяц – январь, со средней температурой минус 12 градусов. Погода в январе обычно малооблачная, и в отдельные дни температура воздуха может опускаться до -30 градусов. В феврале характер погоды меняется, выпадет большое количество осадков. В феврале часто бывают вьюги и метели. В это время высота снежного покрова достигает максимума и составляет 60-80 см. Во второй половине марта вновь устанавливается тихая и солнечная погода, становится теплее, и начинается таяние снега.

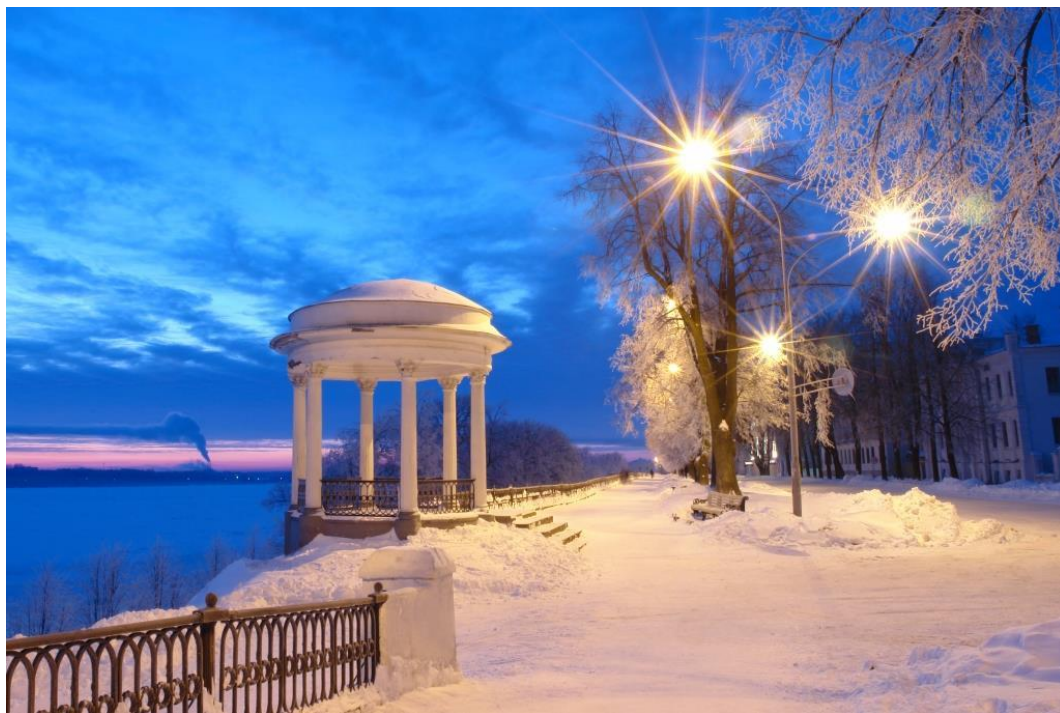


Рисунок 1.9 – Набережная Ярославля зимой

Весна в Ярославской области (рис. 1.10) начинается в апреле, продолжается около двух месяцев. Погода весной обычно сухая и малооблачная. Весной происходит быстрый рост температуры, и полностью сходит снег.

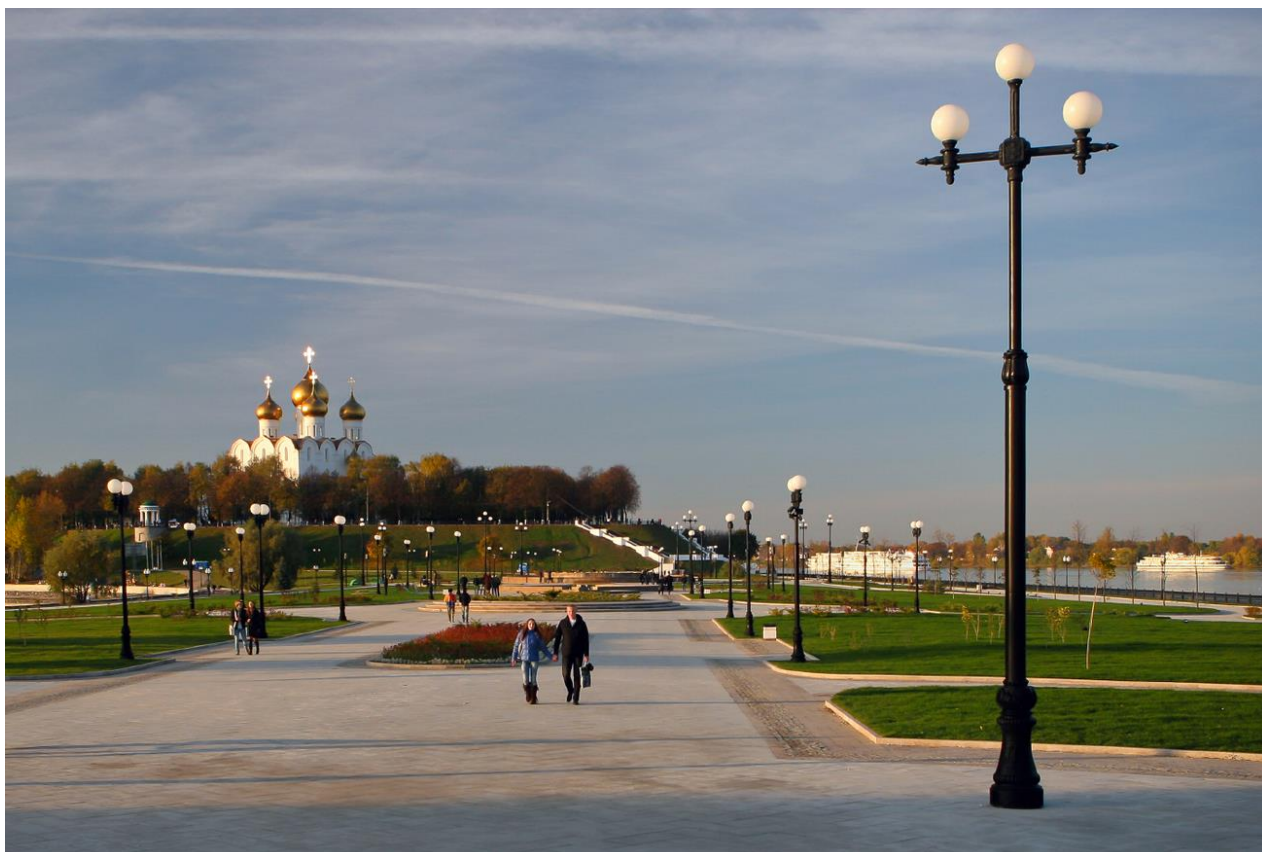


Рисунок 1.10 – Весна в Ярославле

Лето в Ярославской области (рис. 1.11) начинается в последних числах мая, но возвраты холодов возможны еще и в первой половине июня. Самый теплый летний месяц – июль, средняя температура которого составляет от +17 градусов на севере, до +19 градусов на юге области. Летом часто стоит жаркая погода, с дневными температурами воздуха до +35 градусов. Для лета характерно развитие конвективных процессов с образованием кучевой

облачности в послеполуденное время. Во второй половине дня часто идут ливневые дожди с грозами.



Рисунок 1.11 – Ярославль летом

Осень в Ярославской области начинается в первых числах сентября, но понижение температуры происходит медленно, поэтому до конца месяца часто стоит теплая и солнечная погода. В октябре погода становится пасмурной, часто идут дожди, и начинаются заморозки. Во второй половине месяца возможно выпадение первого снега. Средняя температура октября +5 градусов.

В ноябре погода обычно неустойчивая и сильно меняется от года к году. Это может быть, как последний месяц осени, с пасмурной погодой и частыми дождями, так и первый месяц зимы, с сильными морозами и устойчивым снежным покровом.

Ярославская область расположена в зоне достаточного увлажнения. Общее годовое количество осадков составляет около 600 мм в год, причем 2/3 из них выпадает летом и осенью и 30 % — в зимний период. Вследствие того, что величина испаряемости на треть меньше количества осадков (400 мм), климат в области влажный. Влажность воздуха колеблется от 52—56 % в мае до 65—93 % в декабре.

Климатические характеристики области представлены на рисунке 1.12.

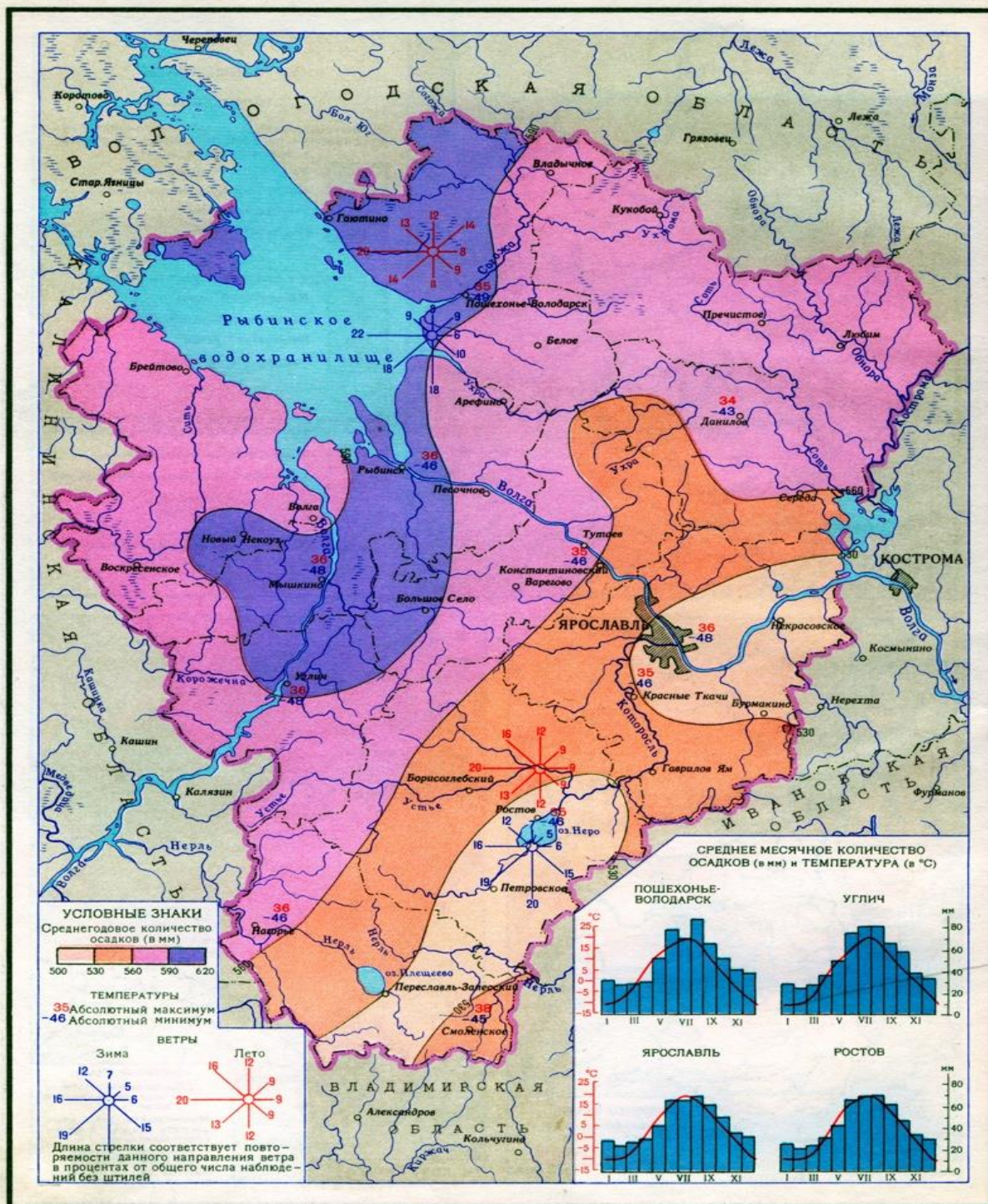
Рыбинское водохранилище, занимающее большую площадь, повлияло на прилегающие районы, климат стал влажнее, зима мягче, а лето прохладнее.

Кроме того, Ярославская область делится протекающей по её территории рекой Волгой на две части, для которых характерны некоторые различия в климате, в частности, для левобережья свойственны большая влажность и большее количество осадков, чем для правобережья. Эти районы, в свою очередь, делятся ещё на два подрайона в каждом.

1.4 Климат Ярославля

Ярославль также находится в зоне умеренно-континентального климата. Погода здесь зимой умеренно холодная, средняя температура января -11 градусов. Иногда бывают сильные морозы до -45 градусов, но случаются и оттепели.

Снежный покров устанавливается во второй половине ноября и сохраняется около 4,5 месяцев. Высота снежного покрова 30-50 см.



Масштаб 1:1 500 000

Рисунок 1.12 – Климатические характеристики области

Весна характеризуется сухой погодой. В первой половине апреля сходит снег. Количество осадков постепенно увеличивается к маю.

Лето в Ярославле умеренно теплое и влажное, на июль приходится наибольшая месячная сумма осадков – около 80 мм. Средняя температура июля +18 градусов, но в отдельные дни может достигать +35 градусов.

Осень в Ярославле характеризуется пасмурной и влажной погодой. Средняя температура октября +3 градуса. Осенью часто идут обложные дожди и возникают туманы.

Среднегодовое количество осадков в Ярославле около 600 мм, минимум приходится на февраль-март, а максимум – на июнь-август.

1.5 Наблюдения за погодой в Ярославской области.

Главным центром сбора данных по Ярославской области, является Федеральное бюджетное государственное учреждение «Ярославский Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ «Ярославский ЦГМС»)

Наблюдение ведётся с девяти метеостанций, оснащённых АМК (Автоматическими метеорологическими комплексами). Кроме того, на территории области расположены семь АМС (автоматических метеорологических станций).

АМК стоят в следующих населённых пунктах: Ярославль, Переславль-Залесский, Ростов (рис. 1.13), Рыбинск, Пошехонье, Брейтово, Углич, Тутаев, Данилов.



Рисунок 1.13 – Метеоплощадка в г. Ростов Ярославской области

Кроме того, в систему метеорологического обеспечения Ярославской области входят 7 АМС: АМС Музей-заповедник (г. Ярославль), АМС Гаврилов-ЯМ, АМС Большое село (рис. 1.14), АМС Мышкин (рис. 1.15), АМС Борисоглебский, АМС Борок (Некоузский район), АМС Владычное.



Рисунок 1.14 – АМС Большое Село, Ярославская область



Рисунок 1.15 – АМС в Мышкине

2 Описание АМК и АМС

2.1 Автоматизированный метеорологический комплекс

Автоматизированный метеорологический комплекс (АМК) предназначен для сбора информации, её первичной обработки, а так же хранение и передача собранной информации, в соответствии с требованиями ВМО (Всемирная метеорологическая организация).

В состав АМК (рис. 2.1) входят как непосредственно средства измерения, так и средства управления метеорологическим комплексом.



Рисунок 2.1 – Автоматизированный метеорологический комплекс

С помощью АМК можно проводить автоматизированные измерения таких величин как:

1. направление и скорость ветра.

2. относительная влажность и температура воздуха.
3. атмосферное давление
4. температура поверхности почвы.
5. интенсивность и количество жидких осадков.

Помимо преобразователей выше перечисленных характеристик, АМК может быть укомплектован датчиками МЭД для измерения излучения типа гамма. [6]

АМК закрепляется на специальной мачте, которую устанавливают на метеоплощадке.

В АМК имеется возможность визуального отображения результатов измерений, что позволяет лучше осуществлять контроль за данными. Предусмотрен так же ручной ввод наблюдаемых параметров, благодаря чему оператор комплекса, через АРМ-оператора (специальное программное обеспечение), может вносить результаты инструментальных и визуальных наблюдений.

АМК может поставляться для умеренного и для экстремально холодного климата. В состав комплекса для умеренного климата входят:

1. корпус АМК;
2. датчики;
3. защита и радиационная защита датчиков;
4. контроллер;
5. программное обеспечение;
6. защита от гроз;
7. оборудование для электропитания.

При установке АМК в районах экстремально холода, корпус комплекса оснащается специальным подогревающим устройством.

Метеорологические комплексы работают с непосредственным участием наблюдателей, которые находятся на круглосуточном дежурстве. Каждые три часа формируется и передаётся телеграмма с данными наблюдений в коде КН-01. Штормовая информация передаётся в момент обнаружения, передаётся она в

коде WAREP. Вся кодированная метеорологическая информация поступает в ФГБУ Ярославский ЦГМС, а оттуда – в Московский ЦГМС, АСПД и потребителям. [5]

2.2 Автоматическая метеорологическая станция

АМС – автоматическая метеостанция (рис. 2.2), служит для полностью автоматического измерения таких параметров как:

1. атмосферное давление;
2. интенсивность и количество жидких осадков;
3. влажность и температура воздуха;
4. направление, скорость ветра.



Рисунок 2.2 – Автоматическая метеостанция

А так же, для передачи результатов этих наблюдений в ЦСД (Центр сбора данных).

В отличие от АМК, в АМС не предусмотрено визуальное отображение данных, ввод визуальной и инструментальной информации, т.к. станция работает автономно, без наблюдателей.

Основные отличия АМС от других станций заключаются в следующем:

1. станция работает полностью в автоматическом режиме;
2. может работать без вмешательства специалистов, в течение 12 месяцев;
3. На других, не автоматических станциях обязательно присутствие персонала, а этой станции персонал не нужен.

В большинстве случаев, АМС устанавливаются в тех местах, где раньше находились и проводили наблюдения обычные метеостанции, но по каким-либо причинам, в настоящий момент наблюдения не проводятся.

АМС включает в свой состав

1. корпус АМС;
2. защиту от гроз;
3. защиту датчиков от радиации;
4. распределитель питания;
5. токовое согласующее устройство;
6. датчики направления и скорости ветра;
7. датчик температуры и относительной влажности (совмещённый);
8. датчик жидких осадков;
9. датчик давления;
10. контроллер;

В разных регионах, могут использоваться различные модели радиационной защиты.

Труднодоступные станции (ТДС) оснащаются дополнительным набором основных датчиков: температуры и влажности, направления и скорости ветра, температуры почвы. [2]

2.3 Особенности метеорологических комплексов (станций)

Поскольку автоматические метеорологические комплексы в первую очередь направлены на автоматизацию процесса измерения метеопараметров и оптимизацию ежедневного труда метеоролога-наблюдателя и инженера по обслуживанию метеорологических приборов, конструкция комплексов имеет ряд особенностей:

- все кабели и датчики являются водонепроницаемыми;
- все блоки компактные, легко доступны и легко заменяемы;
- все крепления и разъёмы доступны без перемещения остальных деталей;
- в АМС и АМК есть возможность показывать: температуру внутри бокса, состояние дверцы (открыта или закрыта), состояние батареи;
- комплексы имеют возможность удалённого управления;
- датчики могут работать на расстоянии 25 метров от контроллера;
- всё системы поставляются после предварительной поверки и настройки.

Ядром автоматической станции (комплекса) является контроллер. В рассматриваемых нами станциях используется контроллер Vaisala QML201 (рис. 2.3).

Контроллер используется для сбора и обработки метеоинформации, подготовки и формирования телеграмм, отправки этих телеграмм в ЦСД.

Контроллер состоит из центрального процессора (ЦП) Motorola CPU 32 bit, имеет десять аналоговых входов от датчиков и два слота для установки модулей. [4]

Устанавливается контроллер Vaisala QML201 внутри металлического аппаратного шкафа, расположенном на метеомачте на метеорологической площадке (рис. 2.4).

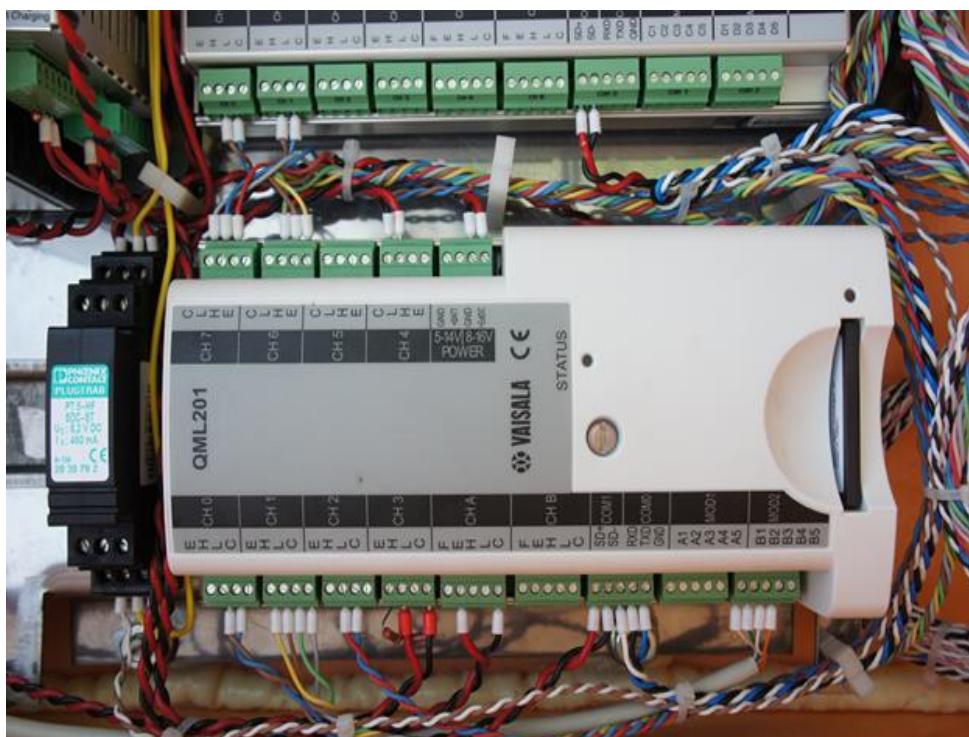


Рисунок 2.3 – Контроллер Vaisala QML201



Рисунок 2.4 – «Начинка» АМС в г. Гаврилов-Ям, Ярославской области

Контроллер имеет:

1. 16-ти битный АЦП;
2. разъём для установки flash-карты;
3. 1.7 mb внутренней памяти;
4. модуль внешней флеш-памяти на 256 мб.

Плата имеет улучшенную защиту от влажности.

К контроллеру можно подключить мультиплексор и ПК, а так же датчики и средства связи.

Разъёмы имеют два уровня защиты от электростатических разрядов.

Контроллер потребляет электрический ток силой менее 10 мА.[3]

3 Анализ метеорологических параметров по данным измеренным АМК и АМС

3.1 Выбор станций и формирование базы данных

Для сравнительного анализа данных, были выбраны АМС и АМК, расположенные максимально близко друг к другу. АМК и АМС находятся в разных местах города, к тому же, на разных берегах реки Волга, но расстояние между станцией и комплексом составляет всего около 2,5 км (рис. 3.1).

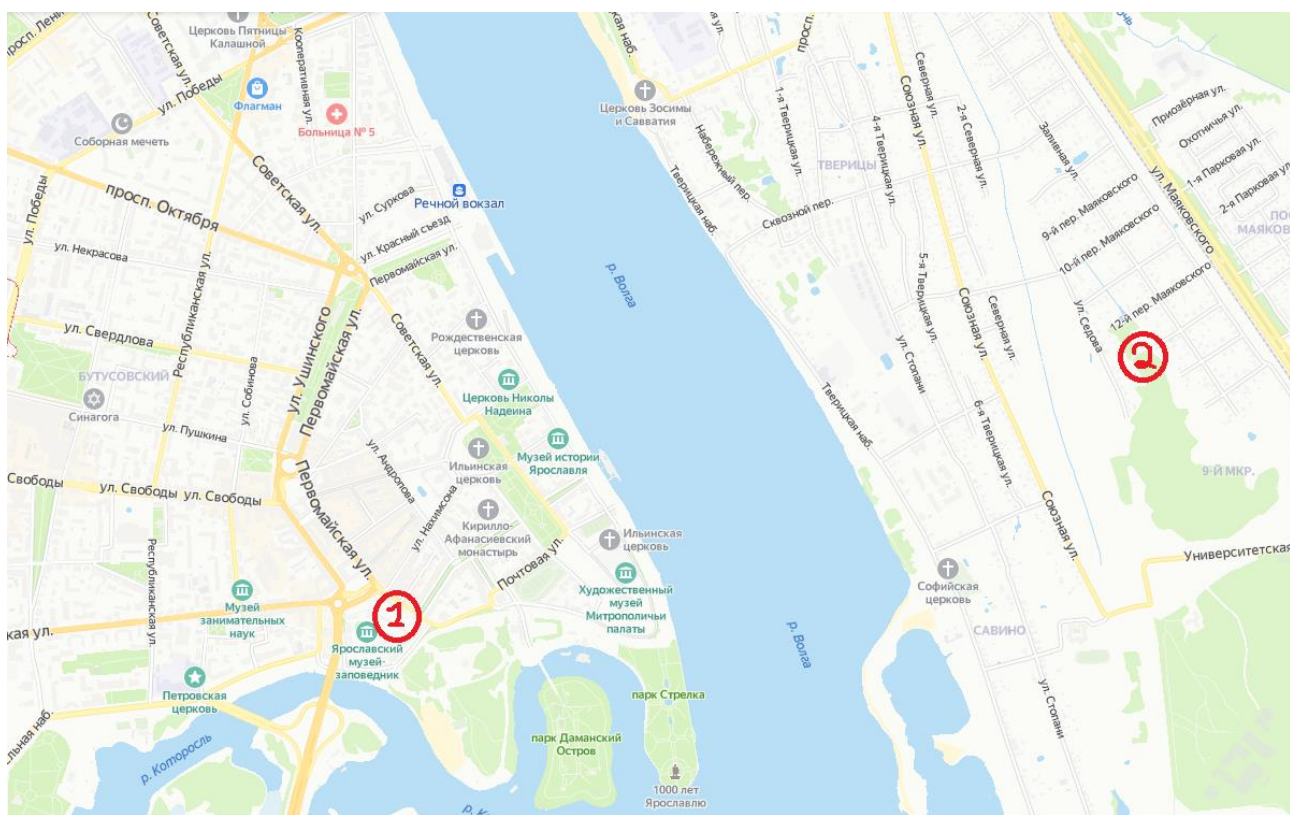


Рисунок 3.1 – Расположение АМС (1) и АМК (2) на карте Ярославля

Метеорологическая станция находится в центре города на территории музея-заповедника в т.н. Ярославском кремле (рис. 3.2), а метеорологический комплекс расположен на окраине на территории Ярославской метеостанции (рис. 3.3).



Рисунок 3.2 – АМС на территории музея-заповедника, г. Ярославль



Рисунок 3.3 – Здание метеостанции Ярославль

По данным измерений АМК и АМС были сформированы временные ряды за ноябрь 2019 и январь 2020 года, полученные в синоптические сроки (дискретность измерений 3 часа). В архив данных вошли следующие метеорологические параметры:

1. температура воздуха;
2. температуры точки росы;
3. давление на уровне станции;
4. давление на уровне моря.

3.2 Сравнительный анализ данных ноябрь 2019

Вначале был проведен сравнительный анализ данных по температуре воздуха и температуре точки росы за ноябрь 2019 года. На рисунке 3.4 показана изменчивость температуры воздуха по данным АМК и АМС за ноябрь 2019 г. На рисунке 3.5 – изменчивость температуры точки росы.

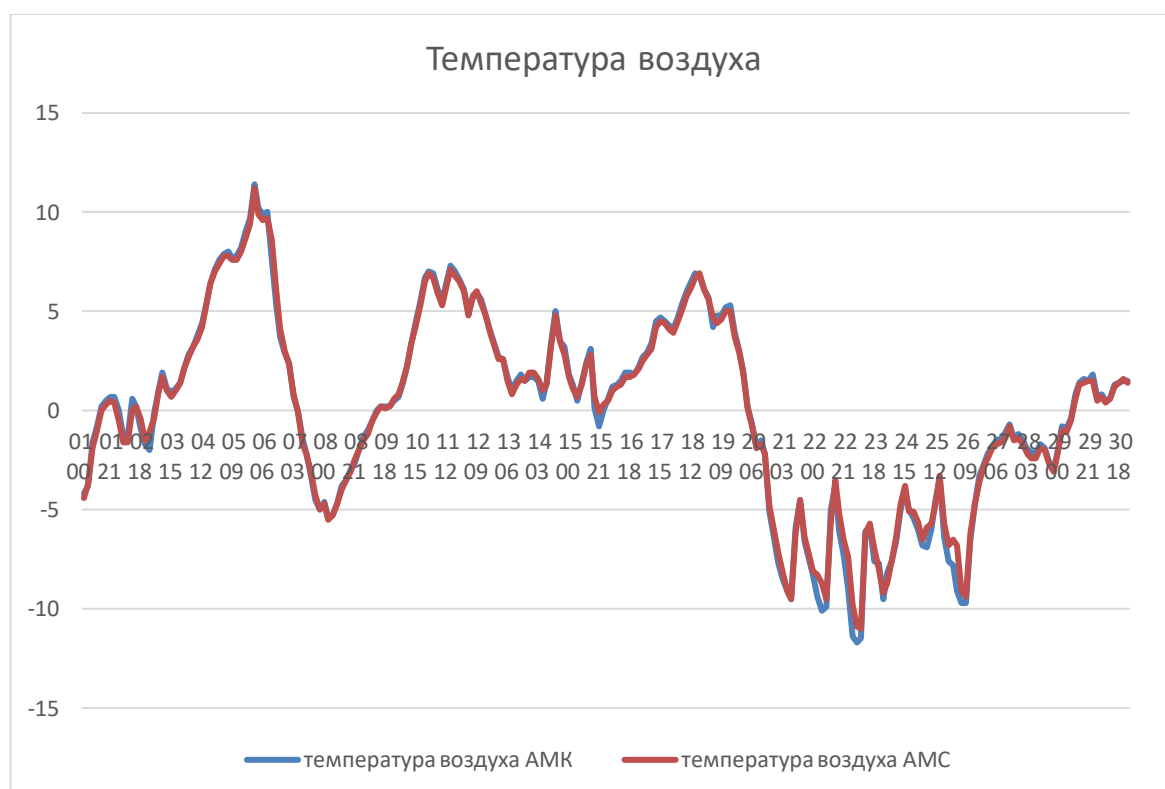


Рисунок 3.4 – Изменчивость температуры воздуха в ноябре 2019г



Рисунок 3.5 – Изменчивость температуры точки росы в ноябре 2019г

Как видно из графиков (рис. 3.4 и 3.5) значения температуры воздуха и температуры точки росы, измеренные АМК и АМС в целом очень близки. Визуально можно отметить, что есть незначительное завышение температуры воздуха по данным АМС в дневные часы и незначительное занижение значений в ночное время. Разница в показаниях станции и комплекса объясняется их расположением. АМК и АМС разделяет несколько километров и река Волга. АМС находится в центре города, а АМК на окраине. Наибольшее расхождение в показаниях наблюдается в конце месяца. В это время произошло сильное понижение температуры, за три часа температура упала почти на три градуса. Сильнее она изменялась только 22-го числа в 9 утра, но там имело место повышение температуры, вследствие действия солнечной радиации, поэтому датчики отреагировали почти одинаково и большой разницы в показаниях не

наблюдалось. Максимальная разница в показаниях станции и комплекса была отмечена 25 и 26 ноября.

Этот промежуток времени был рассмотрен более подробно (рис. 3.6). Как видно из рисунка, что небольшая разница в показаниях появляется ночью 25 ноября, затем, в течение нескольких сроков наблюдений значения АМК и АМС снова очень близки. Максимальная разница (2,3 градуса) в показаниях зафиксирована 25-го ноября в 21 час и 26-го в 00 часов. К 9.00 утра разница в показаниях снова незначительна.

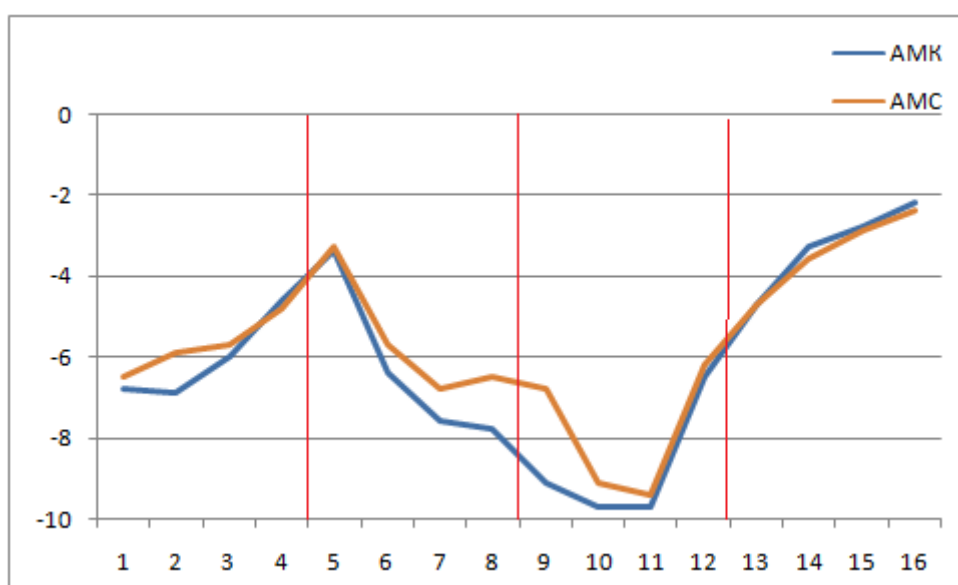


Рисунок 3.6 – Изменчивость температуры воздуха за 25 и 26 ноября 2019г

В ночь с 25 на 26 ноября, произошло понижение температуры, а так как город остывает медленней (АМС находится в центре города), то получилось, что датчики АМС зафиксировали температуру на 2,3 градуса выше, чем датчики АМК, который находится на окраине.

Разница в показаниях АМС и АМК рассчитывалась по формуле:

$$\Delta T = T_{АМК} - T_{АМС} . \quad (1.1)$$

По результатам расчетов были построены графики разницы в показаниях (рис.3.7 и 3.8).

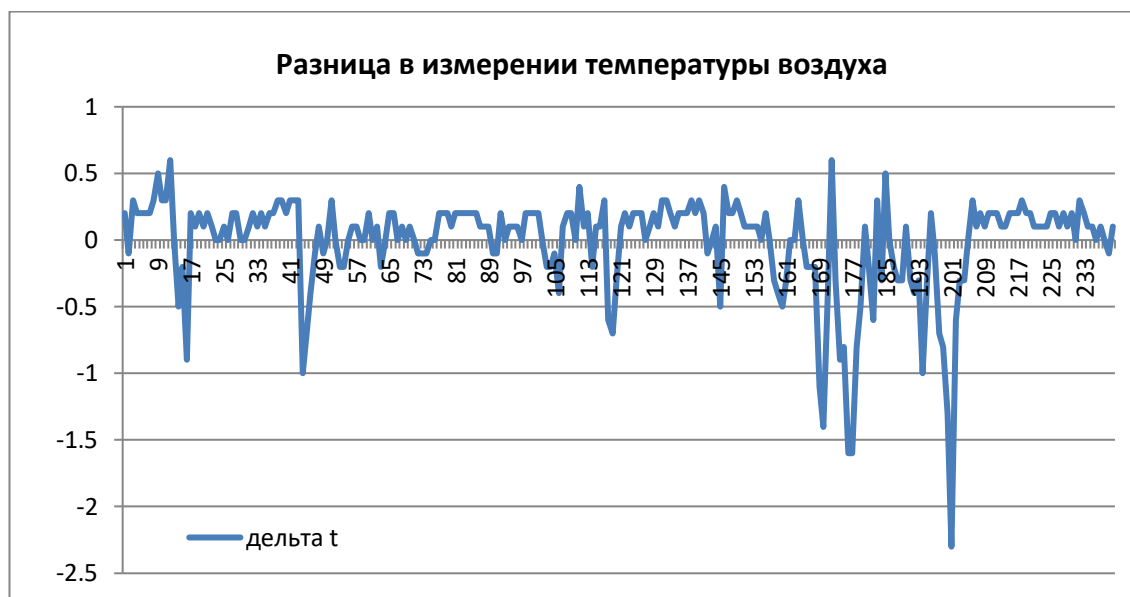


Рисунок 3.7 – Разница в измерениях температуры воздуха в ноябре 2019г

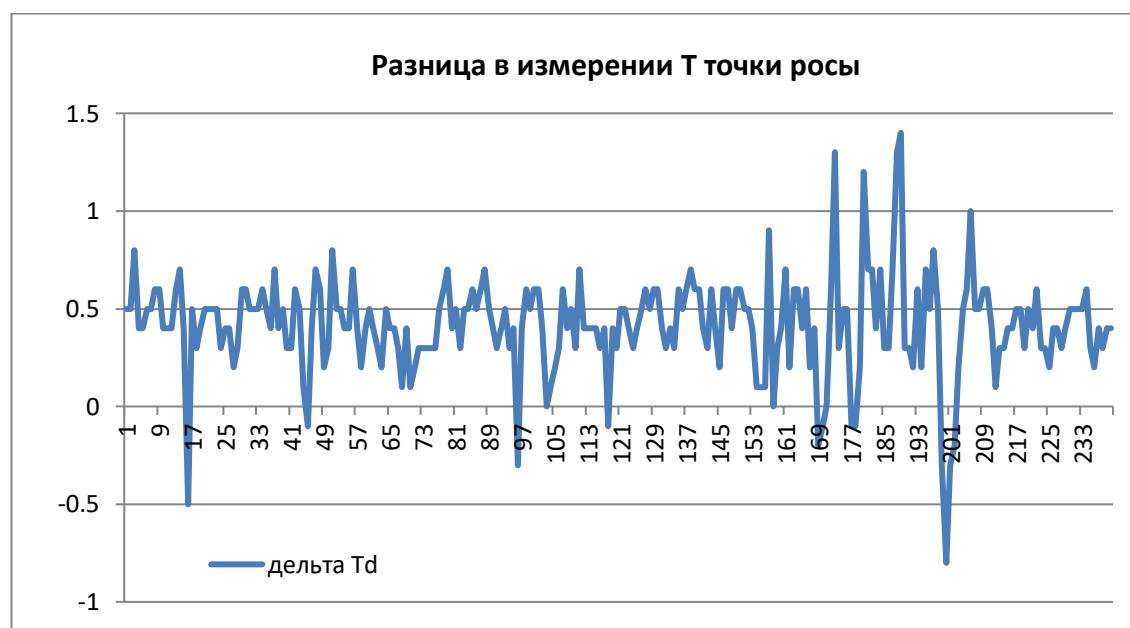


Рисунок 3.8 – Разница в измерениях температуры точки росы в ноябре 2019г

Анализируя данные разницы в показаниях надо отметить, что разница, в большинстве случаев – положительна, следовательно, АМК дает более высокие показания. Значения ΔT колеблются около $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

С помощью пакета Excel были рассчитаны средние значения разницы температур станции и комплекса. При измерениях температуры воздуха средняя разница составляет $0,013\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $0,42\text{ }^{\circ}\text{C}$ при измерениях температуры точки росы (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Средние значения ΔT АМС и АМК

	ΔT	ΔT_d
ср. ошибка	-0,01375	0,417083

Далее была исследована изменчивость атмосферного давления и давления на уровне моря по данным АМС и АМК за ноябрь 2019 года (рис.3.9 и 3.10).



Рисунок 3.9 – Измерение давления на уровне станции в ноябре 2019г



Рисунок 3.10 – Измерение давления на уровне моря в ноябре 2019г

Как мы можем наблюдать из графиков на рисунках 3.9 и 3.10, измерения АМК и АМС практически полностью совпадают. Для выявления разницы в показаниях приборов была проведена серия расчетов по формуле:

$$\Delta P = P_{АМК} - P_{АМС} . \quad (1.2)$$

Графики на рисунках 3.11 и 3.12 позволяют наглядно определить разницу между значениями, измеренными метеорологической станцией и метеорологическим комплексом.

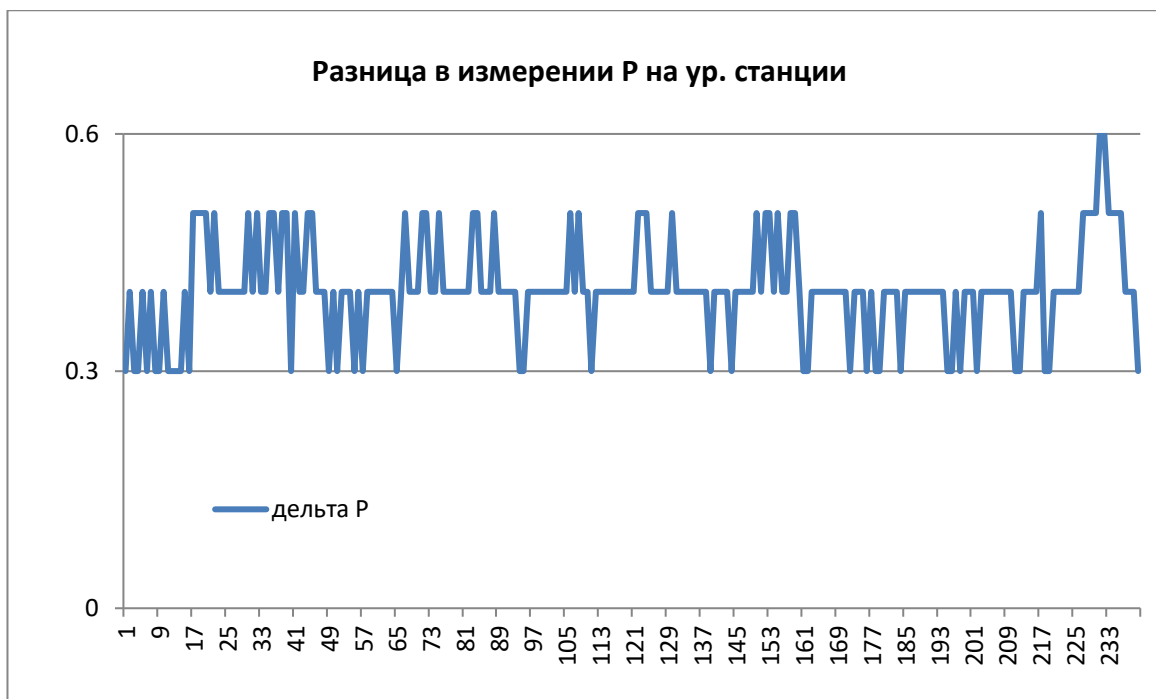


Рисунок 3.11 – ΔP в измерениях давления на уровне станции между АМК и АМС в ноябре 2019г.

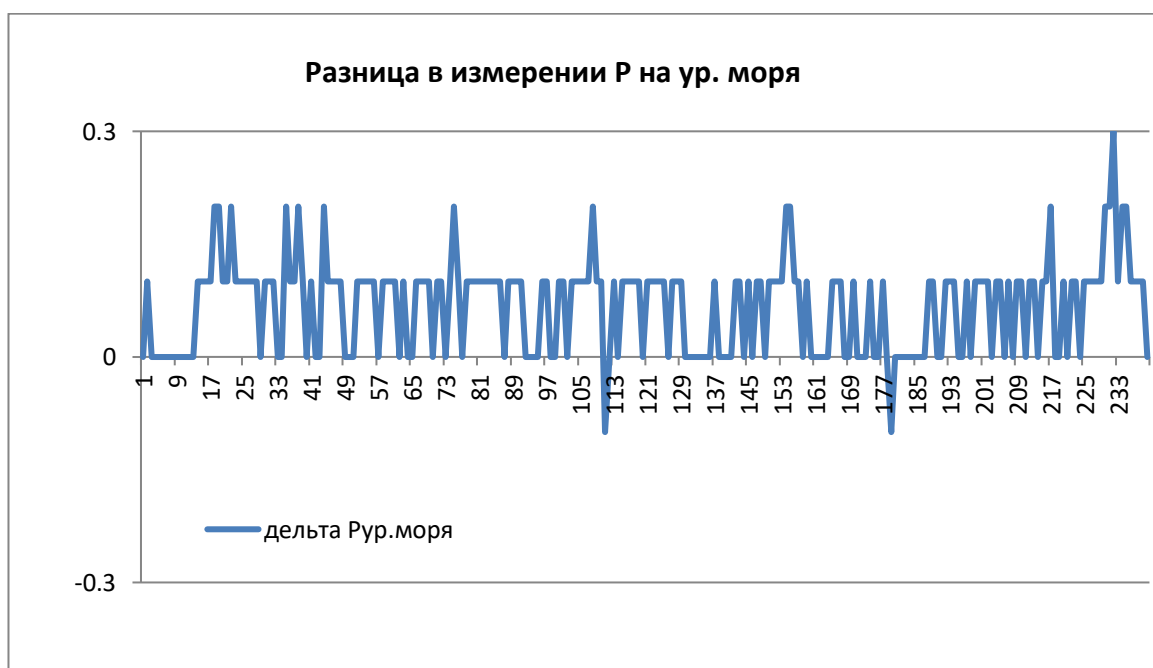


Рисунок 3.12 – ΔP в измерениях давления на уровне моря между АМК и АМС в ноябре 2019г.

ΔP в измерениях давления на уровне станции и на уровне моря между АМК и АМС в ноябре 2019г положительна, за исключением двух случаев при определении давления на уровне моря.

Значения разницы в измерении атмосферного давления колеблются около 0,4 гПа и только один раз, в конце месяца зафиксирована $\Delta P=0,6$ гПа (рис.3.11). Значения разницы в измерении атмосферного давления колеблются около 0,1 гПа, один раз, в конце месяца зафиксирована $\Delta P=0,3$ гПа и в двух случаях давление на уровне моря оказалось выше по данным АМК $\Delta P= -0,1$ гПа (рис.3.12).

Максимальная разница в показаниях давления на уровне станции составила на 0,3 гПа, это произошло 29-го ноября в 21 UTC, разница настолько мала, что не имеет смысла как-то её обосновывать.

Среднее отклонение составило 0,4 и 0,06 гПа соответственно (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Средние значения ΔP АМС и АМК

	ΔP ур.станции	ΔP ур.моря
ср. ошибка	0,403333	0,0675

Также был проведен расчет количества случаев с положительной разницей в показаниях ($\Delta T > 0$, $\Delta P > 0$), отрицательной ($\Delta T < 0$, $\Delta P < 0$) и случаев, когда разницы в показаниях АМК и АМС не наблюдалось ($\Delta T = 0$, $\Delta P = 0$). Результаты расчетов представлены в таблице 3.3.

Случаи завышения или занижения показаний

	случаи завышения или занижения показаний							
	Δt	%	Δt_d	%	ΔP	%	$\Delta P_{ур. моря}$	%
>0	142	59	225	94	240	100	147	61
<0	64	27	12	5	0	0	2	1
0	34	14	3	1	0	0	91	38
Всего случаев	240		240		240		240	

По данным расчетов стоит отметить следующее:

1. В ноябре 2019 г. АМК дает более высокие показания по всем исследуемым параметрам. По температуре воздуха показания выше у АМК в 59% случаев (142 случая из 240), в 94% случаев при измерении температуры точки росы, в 100% по давлению на уровне станции и в 61% по давлению на уровне моря.
2. Более высокие показания у АМС зафиксированы в 64 случаях из 240 по температуре воздуха (27%), в 5% случаев по температуре точки росы и 1% (2 случая из 240) при определении давления на уровне моря.
3. Разницы в показаниях АМС и АМК не выявлено в 14% при определении температуры воздуха, в 3 случаях по температуре точки росы и в 38% при определении давления на уровне моря.

3.3 Сравнительный анализ данных январь 2020 г

Характер изменчивости температуры воздуха в январе 2020 г. несколько отличается от климатической нормы (рис. 3.13). Практически в течение всего месяца значения температуры колеблются около нуля °С при климатической норме -11 °С. А вот разница в показаниях комплекса и станции снова совсем небольшая. В некоторых случаях в дневные часы можно заметить, что данные

АМК несколько выше показаний АМС. И только в конце месяца показания АМК ниже значений, полученных на станции.

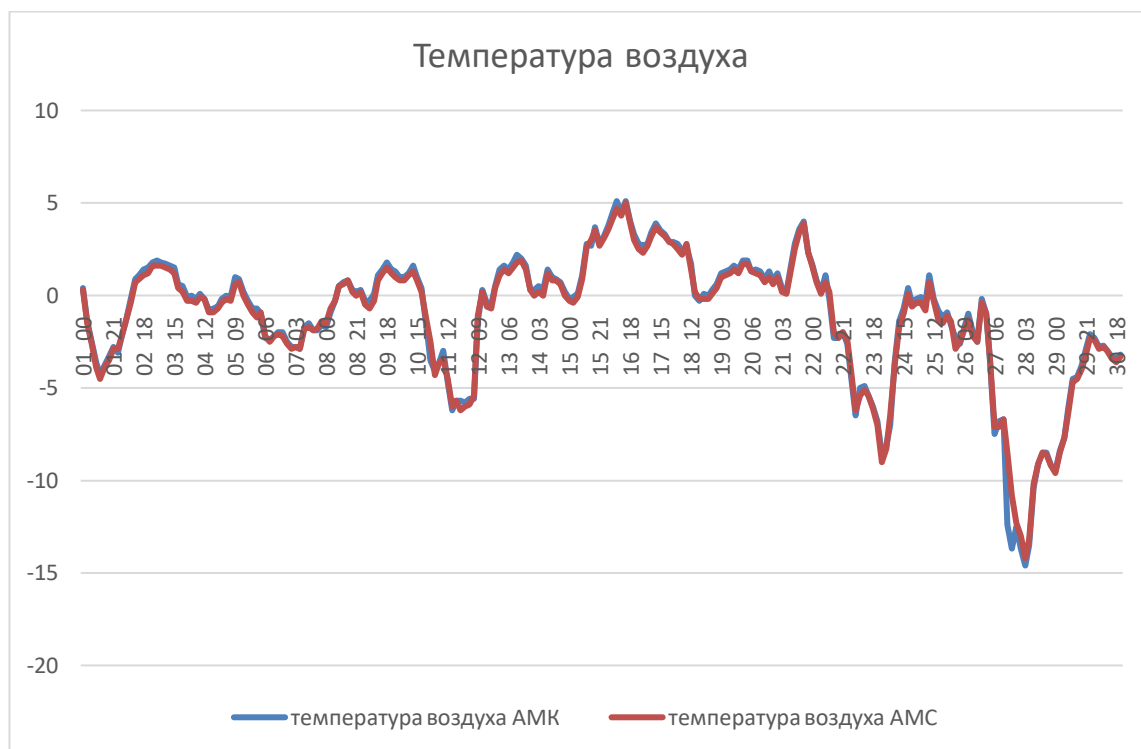


Рисунок 3.13 – Изменение температуры воздуха по данным АМК и АМС в январе 2020г

Характер изменения температуры точки росы, как и температуры воздуха резко меняется в конце месяца, что связано с похолоданием. 22 и 23 января значения температуры точки росы опустились до $-12,6^{\circ}\text{C}$, а 28 января – ниже минус 15°C .

Разница в показаниях АМК и АМС также невелика (рис. 3.14). Тем не менее заметно, что показания АМК несколько выше показаний АМС.

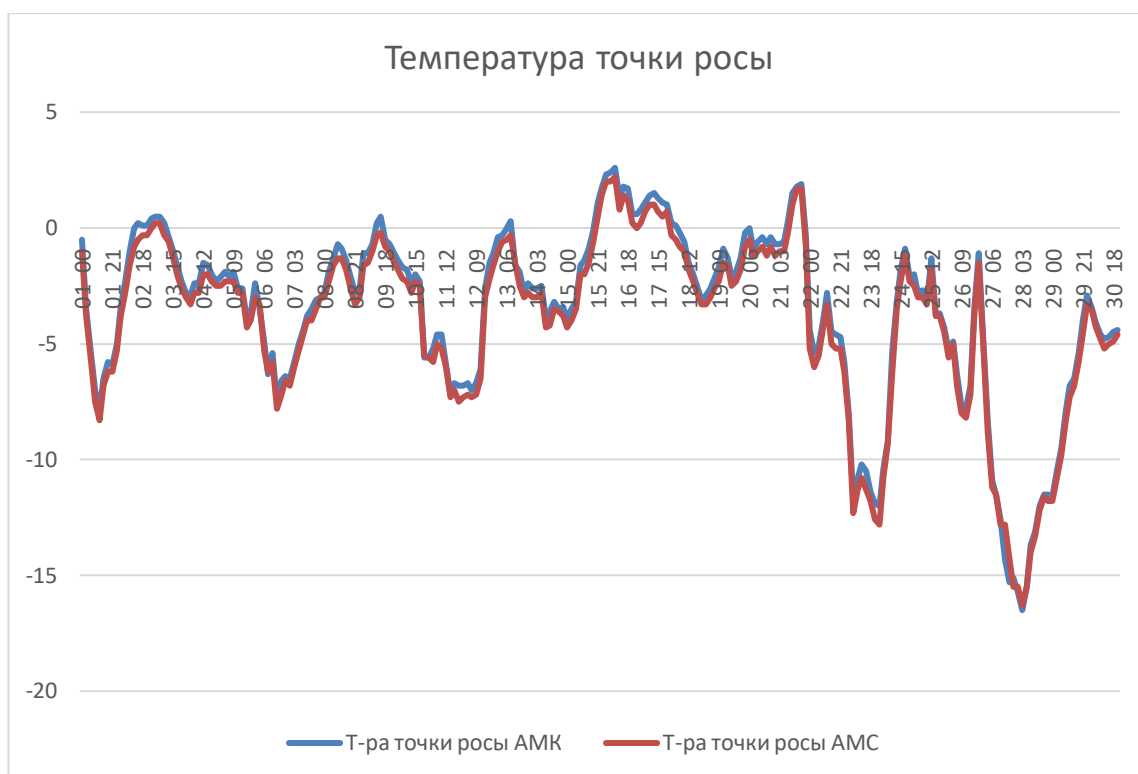


Рисунок 3.14 – Изменение температуры точки росы по данным АМК и АМС в январе 2020г

По формуле 1.1 была рассчитана разница температуры воздуха и температуры точки росы, по результатам измерений на исследуемых станциях. Результаты расчета представлены в графическом виде на рисунках 3.15 и 3.16.

Видно, что тенденция превышения АМК показаний АМС сохраняется. Хотя, 21 января по данным измерений АМК показал более низкие значения, чем АМС, когда разница температур на станциях достигла 3,9 °С.

Аналогична и разница в показаниях АМК и АМС при измерении температуры точки росы. 21 января метеорологический комплекс показал значение T_d на 1,5 °С ниже, чем значение, полученное на метеорологической станции.

В целом, можно сказать, что датчики температуры в рассматриваемых станциях настроены и работают хорошо, разница в измерениях небольшая и возникает из-за расположения станций.

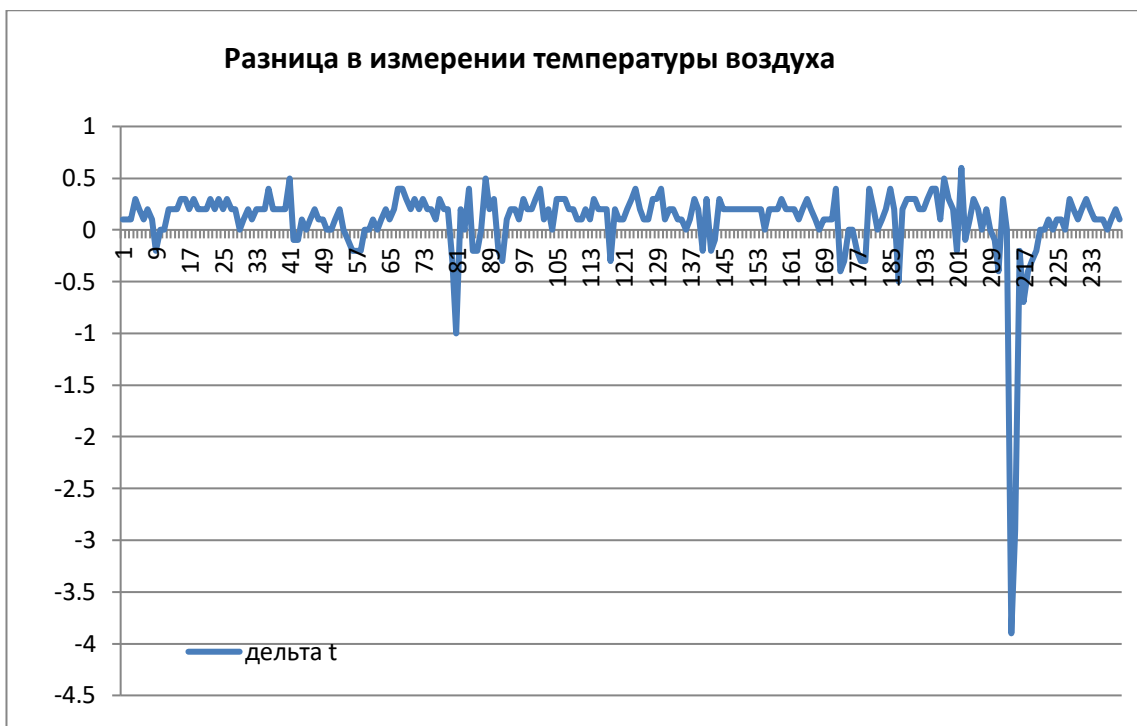


Рисунок 3.15 – Разница в измерении температуры воздуха на АМК и АМС в январе 2020 г

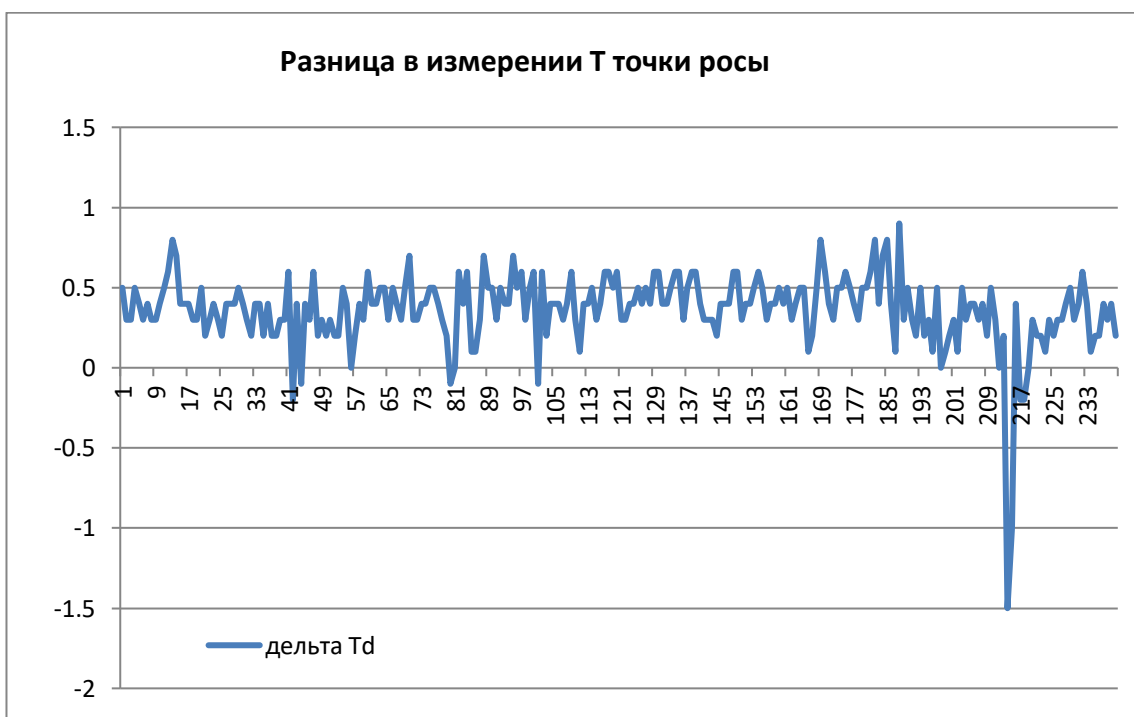


Рисунок 3.16 – Разница в измерении температуры точки росы на АМК и АМС в январе 2020 г

Ход давления на уровне станции и на уровне моря достаточно сильно менялся в течение месяца (рис. 3.17, 3.18), что связано с циклонической деятельностью и аномально теплым январем. Давление на уровне станции не превышало 1012 гПа. Разница в показаниях станции и комплекса по представленным графикам не определяется.



Рисунок 3.17 – Изменение давления на уровне станции в январе 2020г



Рисунок 3.18 – Изменение давления на уровне моря в январе 2020г

По формуле 1.2, так же как и для ноября, был проведен расчет разницы в показаниях комплекса и станций. Результаты расчета в графической форме представлены на рисунках 3.19 и 3.20.

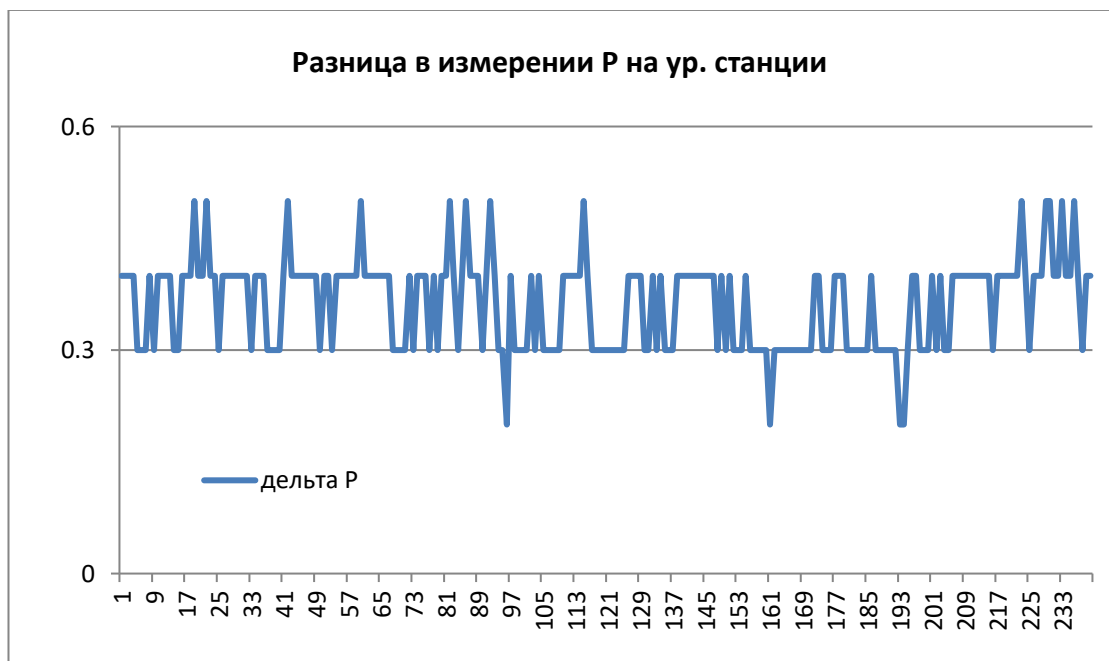


Рисунок 3.19 – Разница в измерениях давления на уровне станции

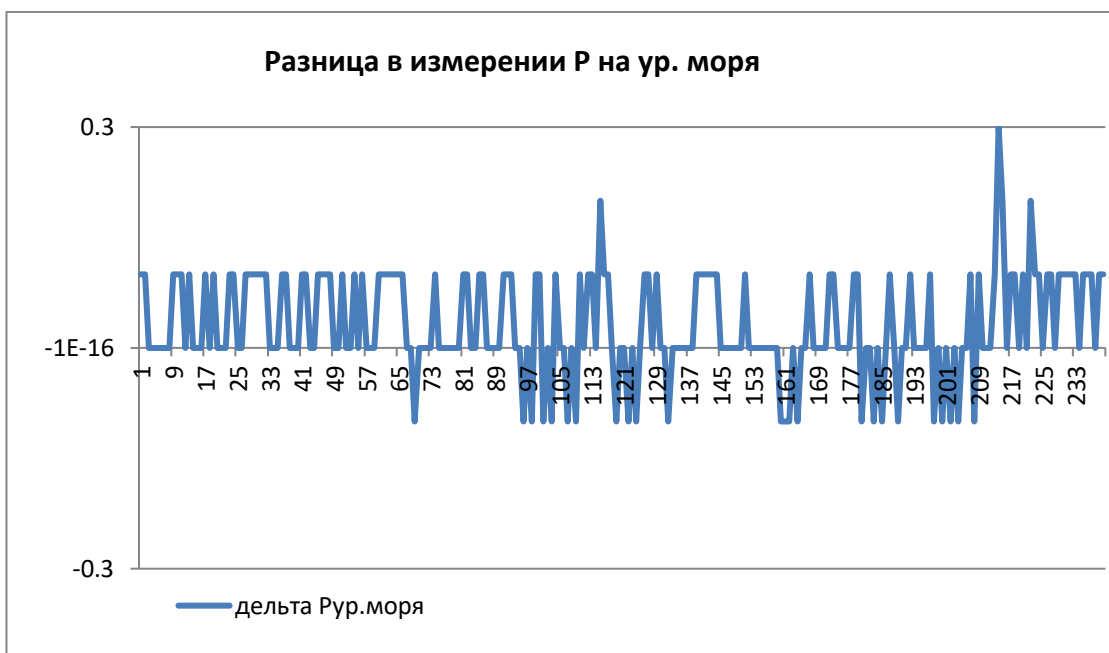


Рисунок 3.20 – Разница в измерениях давления на уровне моря

Значение ΔP в измерении атмосферного давления на уровне станции колеблются около 0,4 гПа (рис.3.19). Значения разницы в измерении атмосферного давления на уровне моря колеблются около 0, один раз, в конце месяца зафиксирована $\Delta P=0,3$ гПа и в двух случаях $\Delta P=0,2$ гПа гПа (рис.3.20).

Также как и для ноября был проведен расчет количества случаев с положительной разницей в показаниях ($\Delta T > 0$, $\Delta P > 0$), отрицательной ($\Delta T < 0$, $\Delta P < 0$) и случаев, когда разницы в показаниях АМК и АМС не наблюдалось ($\Delta T = 0$, $\Delta P = 0$). Результаты расчетов представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4

Случаи завышения или занижения показаний

	случаи завышения или занижения показаний							
	Δt	%	Δt_d	%	ΔP	%	$\Delta P_{ур. Моря}$	%
>0	179	75	227	95	240	100	92	38
<0	34	14	8	3	0	0	24	10
0	27	11	5	2	0	0	124	52
Всего случаев	240		240		240		240	

По данным расчетов стоит отметить следующее:

1. В январе 2020 г. АМК дает более высокие показания по всем исследуемым параметрам. По температуре воздуха показания выше у АМК в 75% случаях (178 случаев из 240), в 95% случаев при измерении температуры точки росы, в 100% по давлению на уровне станции и в 38% по давлению на уровне моря.
2. Более высокие показания у АМС зафиксированы в 34 случаях из 240 по температуре воздуха (14%), в 3% случаев по температуре точки росы и 10% (24 случая из 240) при определении давления на уровне моря.
3. Разницы в показаниях АМС и АМК не выявлено в 11% случаев при определении температуры воздуха, в 5 случаях по температуре точки росы и в 52% при определении давления на уровне моря.

Как видно из графиков и таблиц, тенденция в измерениях давления сохраняется, большой разницы в различиях не наблюдается. Максимальная разница не превышает 1 гПа.

В измерениях температуры ситуация очень похожа с ноябрем, имеется небольшое завышение АМК, из-за разного географического положения. В целом, тенденция сохраняется.

Заключение

Можно ли доверять автоматике? Могут ли метеостанции станции без персонала справляться с задачами не хуже, чем обычные? Эти вопросы – актуальны во время технического перевооружения сети метеорологических станций.

Цель работы

В процессе выполнения работы подготовлена база данных параллельных измерений на АМС и АМК в Ярославле за ноябрь 2019 и январь 2020 г с дискретностью 3 часа.

Проведена верификация данных двух метеорологических станций, расположенных на расстоянии 2,5 км и на разных берегах р. Волга.

Выявлена разница в показаниях АМК и АМС и проведен подсчет количества случаев завышения или занижения показаний одной или другой метеорологической станцией.

По данным проведенных расчетов выявлено, что чаще всего более высокие значения по всем исследуемым параметрам (температура воздуха, температура точки росы, давление на уровне станции и давление на уровне моря) отмечены у автоматического метеорологического комплекса.

В некоторых случаях более высокие значения дает автоматическая метеорологическая станция. Однако, разница в показаниях невелика и незначительна.

Так как АМС и АМК находятся в разных местах города, к тому же, на разных берегах реки Волга, то минимальная разница в показаниях комплекса и станции вполне допустима. И, поскольку, разница в показаниях мала, можно сделать вывод, что приборы отлично поверены и настроены, и в случае выхода из строя одной из станций, можно полностью доверять данным с другой.

Из всего проведенного анализа можно определить, что при правильной калибровке и своевременном обслуживании АМК и АМС в Ярославле работают

надежно, качественно, без сбоев и обеспечивает точные наблюдения за метеорологическими параметрами.

Сотрудники Информационно-технического отдела, инженеры по приборам и программисты Ярославского ЦГМС хорошо справляются со своими обязанностями.

Список использованных источников

1. П. Андреев, Л. Генкин, П. Дружинин, П. Козлов. Ярославль, очерки по истории города. Ярославль, 1954.
2. Восканян К.Л., Кузнецов А.Д., Сероухова О.С., Автоматические метеорологические станции. – Ч. 1. Тактико-технические характеристики: Учебное пособие. – СПб.: РГГМУ, 2016. – 170 с.
3. Техническая документация Vaisala. Руководство пользователя. – HelsinkiFinland.: VaisalaOyj, 2002. – 24 с
4. Модернизация и техническое перевооружение учреждений и организаций Росгидромета. Москва 2009 г.
5. Н.О.Григоров, А.Г.Саенко, К.Л. Восканян. Методы и средства метеорологических измерений. – С-Пб.; 2012
6. Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений. ВМО №8 Женева: ВМО, 2014.