



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

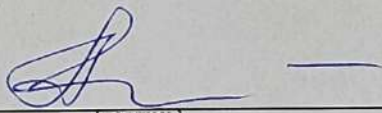
Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Метеорологические особенности произрастания винограда в
Курганской области»

Исполнитель Новикова Ольга Алексеевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Волобуева Ольга Васильевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой 
(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Анискина Ольга Георгиевна
(фамилия, имя, отчество)

«27» мая 2024 г.

Санкт-Петербург
2024

Содержание

Введение	3
Глава 1 Агроклиматические ресурсы Курганской области	5
1.1 Климатические условия	5
1.2 Описание основных типов почв, присутствующих в Курганской области	8
1.3 Потребности винограда в метеорологических условиях	10
1.4 Пространственный анализ климатических изменений	17
Глава 2. Метеорологические условия в Курганской области и их влияние на онтогенез винограда.....	19
2.1. Анализ многолетнего температурного режима на станциях	19
2.2 Анализ многолетнего режима осадков на станциях Курганской области	28
2.3 Анализ температурно-влажностного режима области по сезонам года....	34
Глава 3 Анализ агрометеорологических показателей в Курганской области.	43
3.1 Определение дат устойчивого перехода через 10 ⁰ С весной и осенью. Анализ продолжительности вегетационного периода.	44
3.1.1. Установление сроков, значимого перехода температуры воздуха через отметку в 10 ⁰ С весной.....	44
3.1.2. Установление сроков, значимого перехода температуры воздуха через отметку в 10 ⁰ С осенью.....	53
3.1.3. Анализ продолжительности вегетационного периода.....	64
3.2 Анализ аккумулярованных активных температур для винограда в Курганской области (1980-2023). Регрессионный анализ и построение прогностической модели.....	77
3.2.1 Прогноз суммы активных температур.....	87
3.3 Анализ гидротермического коэффициента засушливости Селянинова. Регрессионный анализ и построение прогностической модели	89

3.3.1 Прогноз ГТК Селянинова.....	98
Заключение	101

Введение

В условиях меняющегося климата важно анализировать, как изменяются метеорологические условия в различных районах нашей страны. Виноград — это очень древняя культура, и люди, не связанные с выращиванием этой культуры, знают о его прихотливости к определённым агрометеорологическим и почвенным условиям. За последние 10 лет всё чаще можно увидеть виноград на огородах северных регионов. Понятно, что речь идет не о качественном винограде, предназначенном для экспорта, но при этом можно получить довольно неплохой урожай, который приятно угостить. Большинство исследований, выпущенных в настоящее время, направлены на анализ агрометеорологических условий для выращивания винограда в уже укоренившихся районах, таких как Краснодарский край. Если проанализировать литературу XX-XXI века, то можно найти лишь единичные работы, посвященные необычным для винограда регионам.

На написание этой работы меня вдохновил мой дедушка, который занимается выращиванием винограда на своем участке с 1990 года. В разговорах с ним я часто замечала, что он обращает внимание на изменение агроклиматических характеристик Курганской области, причем изменения эти происходят значительно. Ранее в саду произрастал только виноград сорта Изабелла, а теперь количество сортов выросло в 20 раз. Качество получаемого продукта меняется из года в год, что является нормой, но одно можно сказать точно: потенциал для выращивания винограда в области возрос.

Целью выпускной квалификационной работы является оценка изменения агрометеорологических условий в Курганской области с 1980 по 2023 гг., влияющих на рост и развитие наиболее распространенных сортов винограда, предпочитаемых виноградарями Курганской области. Исследованные сорта включают Изабеллу, Алёшеньку, Двиевского, Мускат розовый, Поплавского, Северянина и Кишмиш. Анализ агрометеорологических данных позволит

оценить, какие конкретные метеорологические факторы оказывают наибольшее влияние на успешное развитие каждого из этих сортов в условиях данного региона. Также будет оценена перспектива выращивания других сортов, которые ранее не выращивались или были менее пригодны для выращивания. Полученные результаты могут быть важным руководством для виноградарей при выборе наиболее подходящих сортов для культивирования в конкретных агроклиматических условиях Курганской области.

Задачи:

1. Выбор сортов относительно сроков созревания и популярности у жителей региона.
2. Сбор данных с сети Росгидромета.
3. Обработка первичных полученных данных по правилам статистической обработки гидрометеорологических данных.
4. Используя обработанные первичные результаты рассчитать:
 - a) Даты устойчивого перехода через 10°C весной и осенью.
 - b) Период вегетации.
 - c) Суммы активных температур
 - d) Гидротермический коэффициент Селянинова
5. Анализ температурного режима в регионе в период активной вегетации за каждый месяц.
6. Анализ суммы осадков в регионе в период активной вегетации за каждый месяц.

1.1 Климатические условия

Территория Курганской области охватывает 71,1 квадратных километра. Её рельеф имеет вид почти плоской равнины, которая плавно снижается к северо-востоку, где высоты варьируются от 200 метров на западе и юго-западе до 120-150 метров на северо-востоке. Территорию пересекают обширные, ровные долины рек Тобол, Исет и Миасс, а также их притоки. Область расположена в лесостепной зоне с преобладанием степного ландшафта. Здесь отсутствуют холмы и овраги, встречаются лишь небольшие возвышенности, гряды и многочисленные озёра (рис.1).

Область, находясь в центре Евразийского континента, отличается континентальным климатом. Её географическое положение предотвращает проникновение влажных и тёплых воздушных потоков с запада благодаря Уральским горам, но одновременно упрощает поступление холодных арктических и сухих южных. Это приводит к суровому климату и изменчивым метеорологическим условиям в регионе (рис.2).

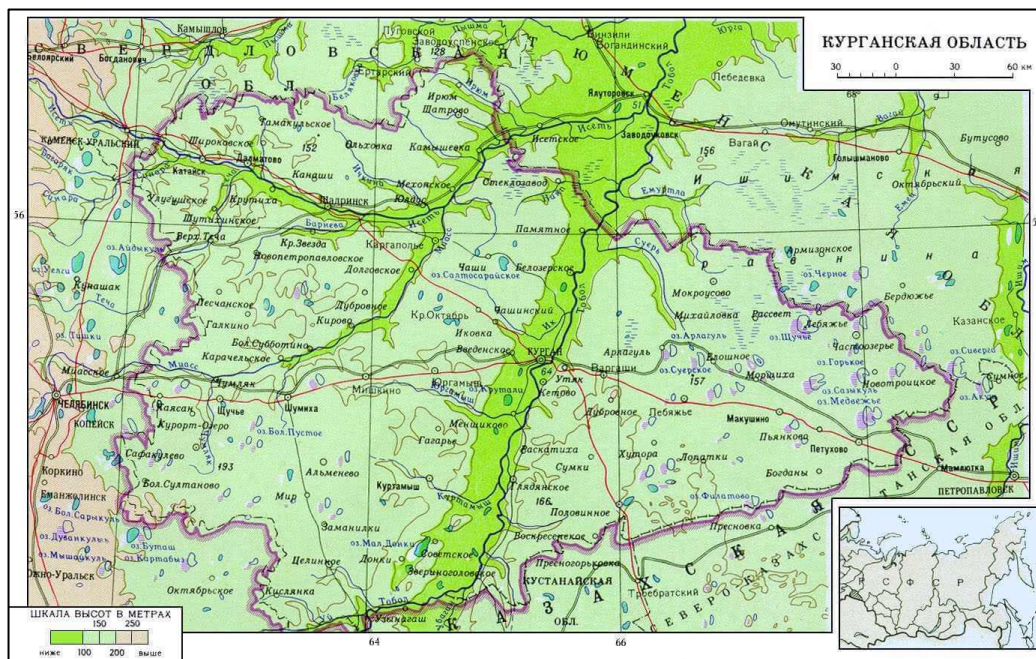
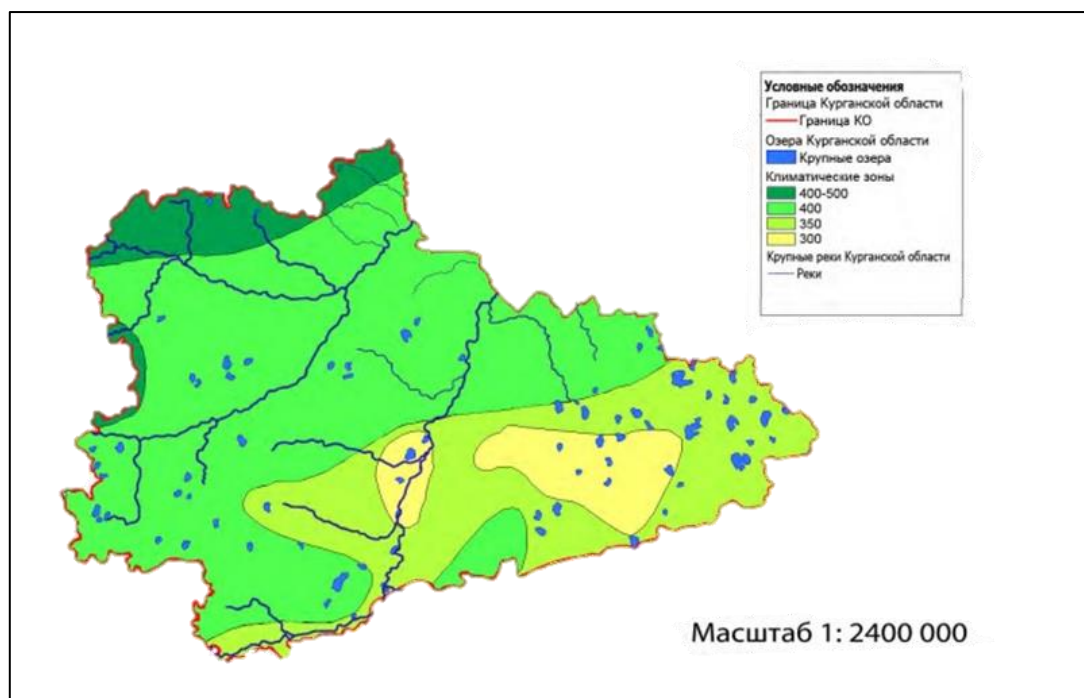


Рис. 1 - Физическая карта Курганской области

Такое разграничение отражает распределение САТ и количество выпавших осадков, пределы определяются прохождением изотерм в диапазоне $2000 - 2100^{\circ}\text{C}$. Для умеренно-теплой территории присущи среднегодовые температуры $\geq 1^{\circ}\text{C}$. Сумма температур выше нуля здесь составляет от 1800 до 2000 градусов, суммы годовых осадков – $380 \sim 410$ мм, а период без морозов составляет от девяноста пяти до ста десяти дней.



В агроклиматических границах тёплого района расположена центральная зона Курганской области. Показатели температур выше нуля колеблются от $2000 \sim 2100^{\circ}\text{C}$, а годовые суммы осадков находятся в пределах $320 \sim 350$ мм. Этому району характерна более засушливый тип климата, временной промежуток с безморозным сроком длится от ста десяти до ста двадцати дней.

Другой район с агроклиматическими показателями расположен в южной зоне области, ему свойственен умеренно-засушливый тип климата. $T_{\text{ср}}$ годовые не превышают $1,3 - 1,5^{\circ}\text{C}$, САТ колеблется от $2100 - 2300^{\circ}\text{C}$. Суммы осадков составляют от 300 до 320 мм в год. Вегетационный период наиболее высокий, и в среднем, составляет сто тридцать, сто сорок дней. В этом районе усиливается засушливость.

Показатель ГТК преобладает на севере (1,2) и по мере смещения на юг уменьшается до 0,8. В Курганской области чаще наблюдаются ветра юго-западные и западные ветры, среднегодовые показатели $V_{\text{ср}} \approx 3 - 4$ метра в секунду.

Разнообразие погодных условий различных районов области объясняют зонирование растительности и почв, а также значительно влияют на тип почвенного слоя, учитывая вариации климата в разных широтах, что способствует усилению широтно-долготных отличий.

Курганская область расположена в зоне лесостепи и имеет очень заметную континентальность, что обуславливает внезапные переходы с тёплого периода года в холодный и наоборот. В суточном режиме наблюдаются схожие закономерности в резких перепадах температур (с дня в ночь).

Формирование континентального климата происходит под влиянием приходящих с Атлантики воздушных потоков и с востока исключительно среднеазиатского барического максимума. С началом осени в Центральной Азии этот максимум достигает своего наибольшего значения в январе. В зимнее время

Az движется в пределах пятидесяти градусов с.ш, распространяется на Курганскую область.

Преодолев горный хребет Уральских гор, Zn уже не имеет первоначальных запасов влаги, поэтому при его перемещении и углублении на восток, выпадение осадков обусловлено лишь значительным испарением с рек и озер. В качестве основного источника испарения являются вершины горных хребтов и лесная зона Предуралья. Лес способен накапливать, с помощью хвои и листвы испарять и отдавать обратно накопленную влагу в атмосферу.

Возможно, что ограниченное количество влаги, несколько раз циркулирующей между влажными периодами и осадками, оказывается в не похожих друг на друга местах. Поэтому, высока вероятность появления местных циклонов в летнее время, вызывающих кратковременные ливневые дожди.

Влияние на климат области оказывают также Zn, берущие своё начало с Чёрного моря. Они активизируются осенью и весной, в редких случаях зимой, и могут вызывать незначительные осадки, а также способствовать образованию туманов.

1.2 Описание основных типов почв, присутствующих в Курганской области

В соответствии с закономерностями, установленными В. В. Докучаевым относительно горизонтальной зональности формирования и размещения почв в почвенном покрове, рассмотрим характеристики зональных почв на территории Курганской области (рис.3).

Расположение Курганской области на Западно-Сибирской равнине обуславливает её вхождение в различные зоны. На подавляющей площади области, преобладает лесостепная зона с умеренным климатом и особыми условиями формирования почв, которые обеспечивают появление характерных зональных типов почв, например, серые лесные и выщелоченные чернозем. Тем не менее, северо-западная зона Курганской области расположена в южной части подтайги, где характеризуется более холодным и влажным климатом.

Преобладание карбонатов в горных образованиях этой территории оказывает влияние на эволюцию почвенного покрова. В этом регионе встречаются почвы, характерные для лесной зоны, сочетающие признаки дерновой и подзолистой групп почв, с содержанием карбоната. При нечетких границах между лесной и лесостепной зонами серые лесные почвы и выщелоченные черноземы часто встречаются в лесной зоне.

Более теплый, но сухой климат преобладает в южной части, особенно на юго-востоке. На этой территории создались условия, благоприятные для формирования почвы типа черноземов и лугово-черноземных. Тем не менее, почвы из лесостепной зоны могут присутствовать в различных элементах ландшафта этой области.

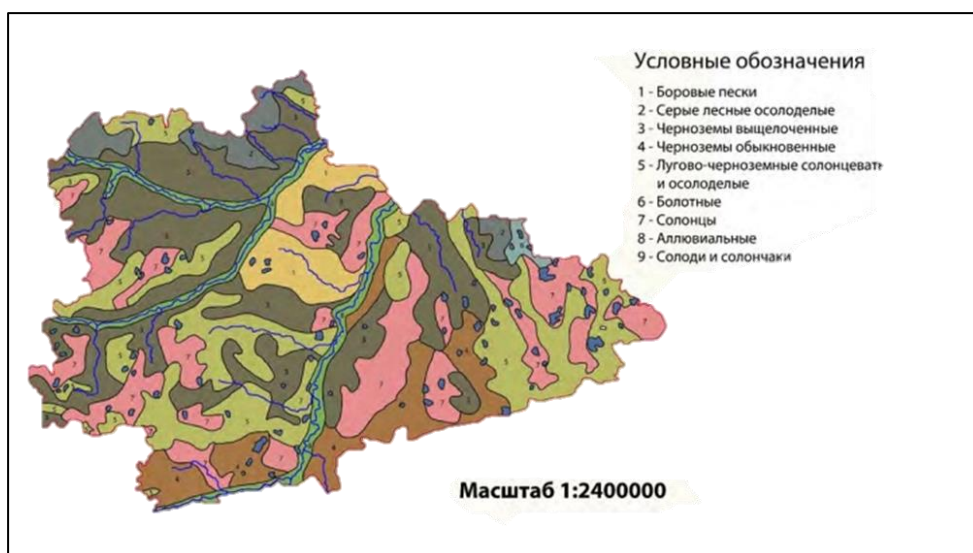


Рис. 3 - Почвенная карта Курганской области [1, с.63]

Отдельно стоит выделить группу интразональных, или также известных как азональные, почв. Факторы почвообразования влияют на формирование этих почв, при этом некоторые из них более значимы. Их формирование возможно в любой природной среде и климатической обстановке.

Азональные почвы, в том числе соленые почвы, присутствуют в каждой природно-климатической зоне Курганской области, хотя их количество существенно больше на востоке, чем на западе региона. В низменностях местности, среди хвойных лесов из березы и осины можно обнаружить соли. На

водоразделах, особенно на востоке региона, часто встречаются обширные участки торфяно-болотных почв. В верхней части области они являются верховыми болотами, на востоке - низинными, а в центральной части, в долине реки Тобол, - переходными.

Особый тип почв, известных как "боровые пески" и описанные А. Ф. Бахаревой [2], простирается в равнинах, примыкающих к крупным рекам (Тобол и другие), и застилает сосновыми лесами. Подобно иным почвам поймы, эти почвы аллювиального происхождения и характеризуются невысокой плодородностью.

Существует особая категория почв - урбоземы, которые являются комплексными в своей природе, в основном созданные в результате человеческой деятельности. Они распространены в урбанизированных областях, таких как населенные пункты и промышленные зоны, и составляют основу для строительства дорожных и железнодорожных путей.

1.3 Потребности винограда в метеорологических условиях

Климатические воздействия влияют на культуру винограда, определяя возможности его выращивания и влияя на все стадии роста, развития и плодоношения. Суровый климат северных регионов и тропический климат непригодны для винограда. Наиболее близким к нему считается умеренный, теплый и субтропический климат, который обычно встречается в регионах, где виноград произведён в диком виде. Основными составляющими климата являются свет, температура и влажность.

Потребность винограда в температуре

Виноград — это растение, которое требует тепла для своего процветания, и температура играет ключевую роль в его выращивании.

Благоприятная температура для роста винограда должна составлять от 25° до 35°C. Весной начало распускания почек происходит при среднесуточной температуре $t \geq 10^\circ\text{C}$. При постоянном повышении температуры молодые побеги

быстро развиваются, но при падении температуры ниже 7—8°C их рост прекращается. Температуры ниже 0°C уничтожают зеленые участки растения.

Важно отметить, что в период цветения и созревания ягод виноград особенно нуждается в тепле. Оптимальная температура в этот период составляет 25—30°C. При указанных температурах процесс поспевания ягод происходит быстрее. Ранние заморозки осенью могут нанести ущерб зеленым частям растения, особенно для молодых кустов, еще не успевших окрепнуть. Важность в накоплении виноградом достаточной сахаристости отдаёт предпочтение для выращивания южные районы страны.

Для оценки температурных условий за определённые периоды времени и местности часто используют среднемесячные температуры, которые рассчитываются на основе данных о среднесуточных температурах. Для полноты понимания картины изменчивости характеристик рекомендуются обращать внимание не только на среднесуточные температуры, но также на максимальные и минимальные значения температуры в дневное и ночное время. Отдельные периоды вегетации анализируют по сумме активных температура по методу, предложенному Селяниновым. В южных регионах обычно наблюдаются избытки суммы активных температурных, а избытки зачастую превышают установленные значения. Исследования различных сортов винограда, выращиваемых в более северных районах, позволили определить, что для различных сортов с разными периодами созревания требуется следующие диапазоны активной температуры в вегетационный период (по данным Ф. Ф. Давитая):

- 2500°C - ранние сорта;
- 2900°C - средние сорта;
- 3300°C - поздние сорта.

Очевидно, что указанные температурные показатели предназначены для растений только при определённом поэтапном изменении в колебаниях среднесуточной температуры. В годичном цикле виноградного растения важен период низкой температуры, соответствующий периоду покоя. Когда $T \leq 0$, то

есть, во время заморозков, низкие температуры способны повредить ткани растений, вызывая обезвоживание клеток. Это приводит к истощению воды в ягодах и свертыванию коллоидов, что приводит к концу протоплазмы клетки. Устойчивость растения к холоду зависит от его способности удерживать воду в клетках. Это свойство определяет большую водопроницаемость структуры, наличие гидрофильных коллоидов, концентрацию клеточного сока, а также сахара и жира, которые выполняют защитную функцию. Даже при небольших заморозках, таких как -1°C , ткани побегов и листья могут повредиться, хотя некоторые растения могут выдержать некоторое понижение температуры $3-4^{\circ}\text{C}$, если это понижение непродолжительно. Однако при быстром оттаивании наступает смерть клеточной протоплазмы.

Зимние морозы оказывают сильное воздействие на молодую древесину, включая глазки и побеги. Глазки европейских сортов в зимний период могут выдерживать температуру до $-18-20^{\circ}\text{C}$, а побеги до -22°C . Древесная часть старого винограда может быть повреждена при более низких температурах, около минус $24-26^{\circ}\text{C}$. Амурский виноград благодаря закалки, способен переносить морозы до 40°C [3], [4], [5], [6], [7].

Фотосинтез и виноград: взаимосвязь и важность света

Важную функцию в жизни растений выполняет свет, который воздействует на биологические процессы винограда. Исследования показали, что даже в условиях далекого севера, такого как Шпицберген, света достаточно для производства 5 тонн сухого органического вещества на гектар. Это означает, что световые условия в регионах, где выращивается виноград, даже в северных зонах, благоприятны, при грамотном использовании.

Винограду требуется регулярная смена дня и ночи, чтобы обеспечить его оптимальный рост и развитие. Научные исследования о фотопериодизме указывают на то, что в рамках продолжительного северного дня виноград продолжает развиваться, образуя длинные, недостаточно зрелые побеги. Уменьшение длительности светового дня искусственным способом замедляет процесс созревания побегов, что позволяет им созреть раньше и лучше. Сорт

винограда, произрастающий в южных регионах, более чувствителен к искусственному изменению продолжительности дня, чем сорта винограда, произрастающие в северных регионах, многие из которых почти не реагируют на сокращение дня.

Длительность дня не играет значимой роли при возделывании винограда, так как именно достаточная обеспеченность тепла диктует вызревание винограда. Например, в тепличных условиях в Хибинах (68⁰ северной широты), виноград в условиях достаточной теплообеспеченности отлично созревает [3].

Потребность винограда во влаге

Влажность - еще один ключевой фактор, оказывающий влияние на рост и развитие винограда, наряду с теплом и светом. Вода обеспечивает виноград полезными веществами путём потребления корневой составляющей винограда воды из почвы. Для оценки влажности в течение года рекомендуется рассматривать осадки по фазам вегетации, а также в отдельные периоды покоя в осенние, зимние и весенние месяцы.

Затяжные дожди во время созревания также могут привести к тому, что на ягодах появятся трещины и как следствие они начнут гнить. В районах, где виноград выращивается без искусственного полива, подобные условия могут понизить его качество. Этот эффект также наблюдается при избыточном поливе перед сбором урожая. Однако, в случаях, когда грунтовые воды находятся на глубине 1-1,5 метра, избыток влаги не оказывает вредного влияния на растения.

Осадки также нежелательны при созревании винограда для столовых и сушеных сортов, так как это может привести к снижению качества вкусовых характеристик, транспортабельности и хранения. В лучших районах для выращивания столовых сортов винограда и сортов для производства изюма осадков практически не бывает в августе и сентябре.

Исследования культуры винограда в условиях сухого климата показали, что она обладает определенной устойчивостью к засухе благодаря глубоким корням, что делает ее более адаптированной к недостатку влаги, чем другие культуры. Однако в очень засушливые годы качество урожая может снизиться

из-за низкого содержания сахара и высокой кислотности ягод. Поэтому после засушливого лета в районах с холодной зимой рекомендуется проводить осенний полив, особенно для молодых посадок.

Короткие и неинтенсивные летние осадки усиливают рост сорняков и размножению грибковых болезней. Виноградники страдают от сильных ливней, подкрепленных ветром, которые ломают побеги, размывают почву, вызывают эрозию. Выпадение града поздним летом, может создать морозобоины на побегах, что может существенно повлиять на растения и урожай в следующем сезоне. В таких случаях урожай может быть почти полностью утрачен.

Утренний конденсат (роса) благоприятствует распространению грибковых заболеваний милдью и может вызывать солнечные ожоги листьев. Избыток влаги снижает испарение. Оптимальным считается уровень относительной влажности в диапазоне семидесяти – восьмидесяти процентов.

Флуктуации в температуре, освещении и уровне влажности неблагоприятно влияют на растения, например, когда после периода дождей наступает засуха или когда растения сразу перемещаются из тени в солнечные места. Растения адаптируются к новым условиям, меняя свою корневую и надземную части. Перед перемещением растений в другие условия их следует постепенно закалять, изменяя условия освещения и температуры, что приводит к изменениям в их структуре и биохимическом состоянии [3].

Влияние ветра

Ветер играет важную роль в культивировании винограда. В течение вегетационного периода легкий ветер помогает перемешивать воздух, ускоряет испарение влаги с листьев и ягод после дождя, уменьшает риск грибковых инфекций и образования холодного воздуха при утренней инверсии, а также способствует опылению винограда.

Виноградные плантации страдают от сильных ветров, которые оказывают негативное воздействие не только на уровень влажности в почве, но и на их структуру в результате механического воздействия. Ветер способен оборвать кусты и побеги от опор, что приводит к повреждению побегов при контакте с

провоолокой и их разрушению. В весенний период сильный ветер способен нанести непоправимый ущерб ещё не окрепшему винограду. В жарких песчаных районах перегретые ветра могут наносить повреждения листьям, ягодам и побегам песчаными частицами. Зимой ветры за счёт горизонтального переноса способствуют выдуванию снега с поверхности почвы. Ветер в совокупности с выпадающими осадками, способствует обледенению побегов в не защищенных или открытых виноградниках и повреждению или гибели почек. Кроме того, ветер может кардинально менять метеорологические условия, при прочих равных показателях температуры, влажности и т.д.

Выбор подходящего участка и посадка защитных насаждений играют важную роль в противостоянии сильным ветрам. Для винограда важны свет, тепло и влага, но также важно и географическое положение, определяющее, насколько уязвим он перед воздействием атмосферных потоков. Погодные условия варьируются в соответствии с широтой и высотой над уровнем моря. Несмотря на это, правило может не соблюдаться из-за того, что ресурсы воды и земли неравномерно распределены.

Кроме обширных климатических зон, зависящих от географических координат и местности, а также близости к водным ресурсам или горным хребтам, изменения климата могут наблюдаться даже в микроклимате конкретных мест. Географические особенности местности, ориентация склонов, $H_{\text{моря}}$, расположение относительно водоемов и лесных ресурсов, а также защита от северных и восточных ветров также влияют на микроклимат.

Местность характеризуется рельефом, который влияет на процессы увлажнения почвы, стока воды с уклонов и ее накопления в низинах. Освещение и тепловой режим почвы также зависят от уклона склонов. Различия в температуре и освещении между южным и северным склонами бывают велики.

подавляющее число виноградников, производящих продукцию высокого качества, находятся на склонах. Находясь на склонах виноградные кусты не закрывают друг друга, что обеспечивает им больше солнечного света, улучшает вентиляцию и снижает риск заморозков.

В северных районах более предпочтительны склоны, обращенные к югу, где виноградные лозы могут получать прямой солнечный свет, в то время как в южных регионах склоны, обращенные на север, являются предпочтительными для выращивания винограда, а иногда даже более подходящими. Примыкание к морю, озеру, реке или водоему смягчает суровость климата. Увеличение влажности воздуха, обусловленное близостью к водным объектам, снижает риск заморозков.

Анализ климатических условий в различных районах играет важную роль в определении стратегии виноградарства и виноделия, выделении зон для различных сортов винограда. Выбор направления производства винограда и вина зависит от качественных характеристик виноградного сока, таких как уровень сахаристости и кислотности. На основе этих характеристик определяется использование винограда для последующего производства. Влияние климатических условий на качество виноградного сока огромно, помимо сорта и методов возделывания. Содержание сахара и кислот в ягодах формируется в результате физиологических процессов, таких как фотосинтез и дыхание, интенсивность которых определяется температурой и количеством осадков в районе виноградарства (таблица 1) [3], [8]. Понимая потребности различных групп сортов в климатических условиях, имеется возможность определить перспективы их выращивания в различных районах. Анализ климатических показателей также позволяет оценить примерное направление виноградарства и виноделия.

Таблица 1 - Ключевые климатические показатели для разных сфер виноградарства и виноделия

Средняя температура июля, °С	Сумма температур за вегетационный период	Сумма осадков в год, мм
Для шампанских вин		
18 – 22	2500 - 3600	400 - 1200
Для столовых вин		
20 - 24	2700 - 4000	400 -1200
Для десертных вин		
23 - 27	Более 3800	300 – 600 (мало осадков осенью)
Для сушки винограда		

25 - 29	Более 4000	200 – 500 (отсутствие осадков в августе и сентябре)
Для столового транспортабельного винограда		
25 - 29	Более 3800	200 – 700 (мало осадков в августе, сентябре и октябре)

1.4 Пространственный анализ климатических изменений

Для изучения пространственных климатических изменений температуры воздуха в Курганской области было отобрано 10 метеостанций (см. Таблица 2). На рисунке 4 представлены станции, которые были включены в анализ и оценку метеорологических условий области. При выборе станций были основными являлись следующие критерии: во-первых, станции должны были иметь одинаковый период наблюдений, что обеспечило возможность проведения сравнительного анализа. Во-вторых, учитывалась возможность пространственного представления изменений всех параметров, отражающих общие климатические тенденции в области. При статистическом анализе был сделан акцент на поиске и выявлении аномалии или особенности отдельных станций, которые могли бы оказать влияние на общий климатический ландшафт региона. Такой подход поможет более глубоко понять изменения климата в Курганской области и их влияние на виноград и сельское хозяйство в целом [9].

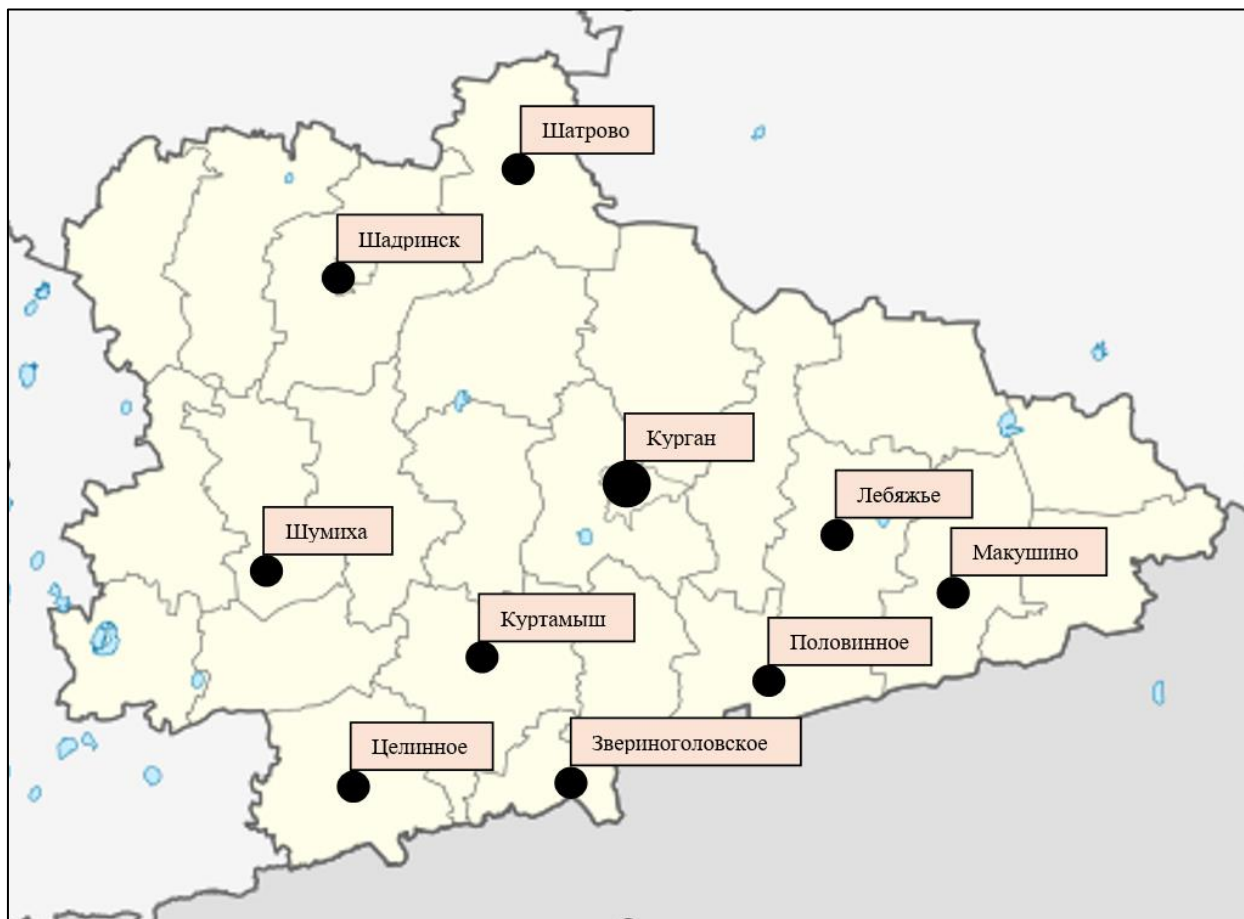


Рис. 4 - Расположение метеостанций

Таблица 2 - Продолжительность и период наблюдений за среднемесячной температурой воздуха на 10 станциях на территории Курганской области

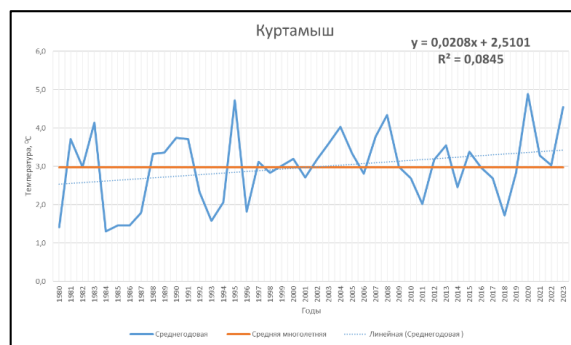
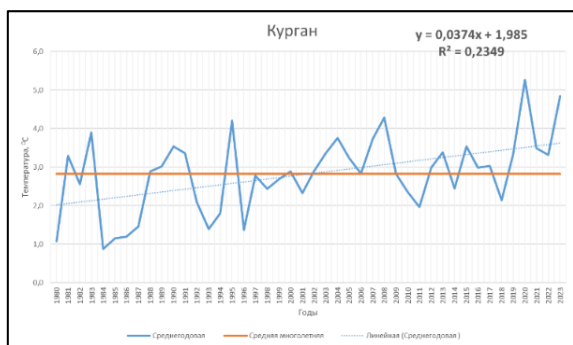
Код поста	Название станции	Продолжительность	Кол-во лет	Широта, град	Долгота, град	Высота, м
28655	Шумиха	1980 – 2023	44	55,23	63,32	178
28456	Шатрово			56,52	64,65	114
28752	Целинное			54,5	63,67	145
28668	Половинное			54,77	66,0	152
28662	Лебяжье			55,28	66,5	135
28659	Куртамыш			54,92	64,43	159
28756	Звериноголовское			54,47	64,87	117
28661	Курган			55,47	65,42	72
28552	Шадринск			56,07	63,65	89
28666	Макушино			55,25	67,3	139

Глава 2. Метеорологические условия в Курганской области и их влияние на онтогенез винограда

2.1. Анализ многолетнего температурного режима на станциях

Режим температуры воздуха является ключевым показателем агроклимата, который определяет потенциал земельных угодий для сельского хозяйства. Для более глубокого понимания изменений климата в Курганской области, были проанализированы данные с 10 метеостанций. При выборе станций приоритет был на наличие достаточного объема данных для статистического анализа климатической изменчивости, а также возможности пространственного распределения параметров. Для анализа температурного режима были использовали данные среднемесячных температур, так как информация о среднесуточных наблюдениях была доступна только для трех из десяти станций. Данные для анализа были взяты с веб-сайта о погоде и климате (см. Приложение 1).

На рисунке 5 представлены данные температурного режима на выбранных станциях. На станциях Куртамыш, Шатрово, Целинное и Звериноголовское наблюдаются наименьшие коэффициенты детерминации. Такой низкий коэффициент детерминации обусловлен сильными отклонениями относительно тренда, в особенности в начале периода наблюдений. На всех станциях наблюдается тренд на повышение среднегодовой температуры воздуха



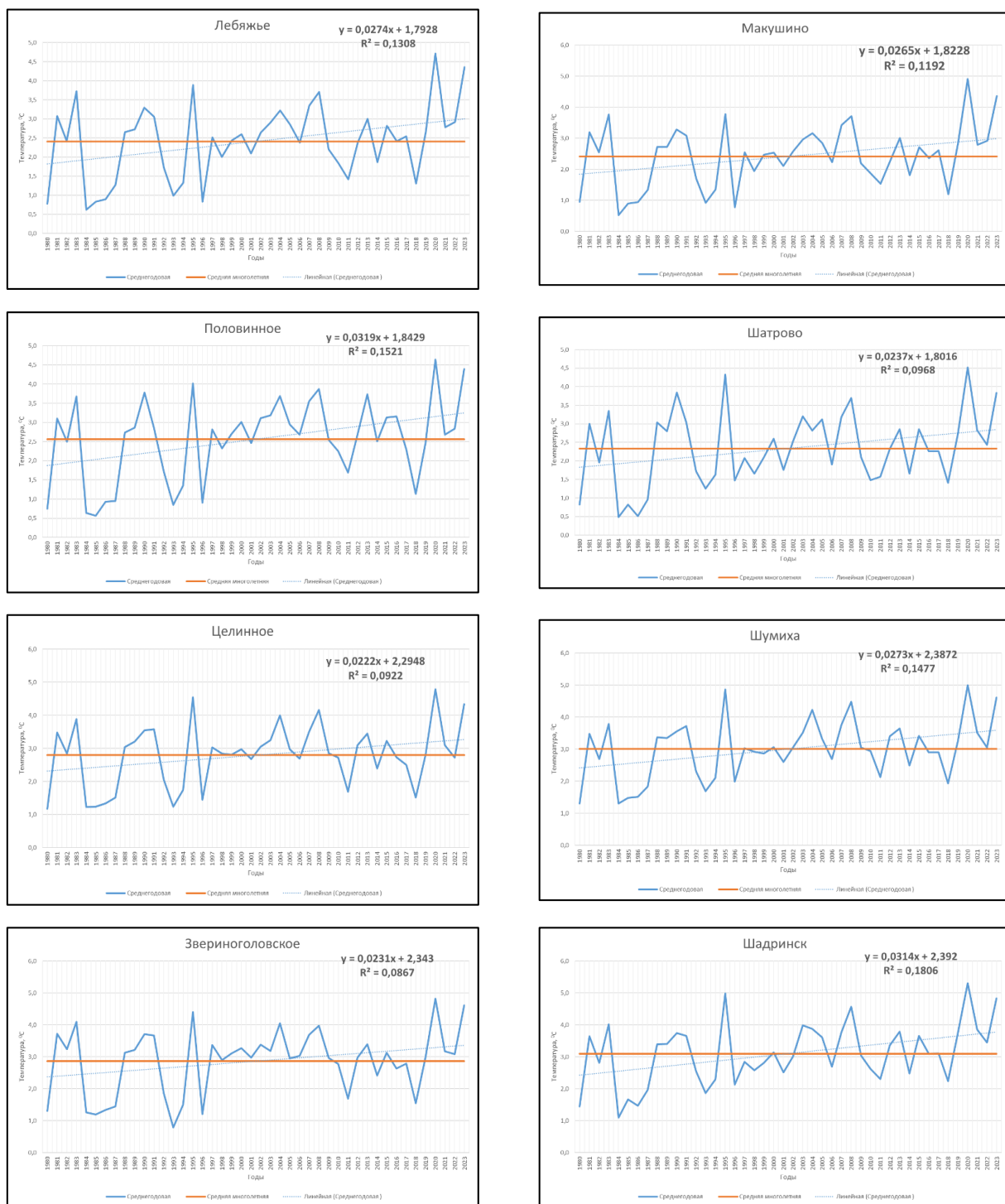


Рис. 5 - Графики среднегодовой температуры воздуха на десяти станциях Курганской области с периодом наблюдения с 1980-2023 гг.

Анализ показателей линейной корреляции Пирсона на станциях были проверены на значимость с помощью статистических критериев Стьюдента и Фишера. Результаты представлены в таблице 3.

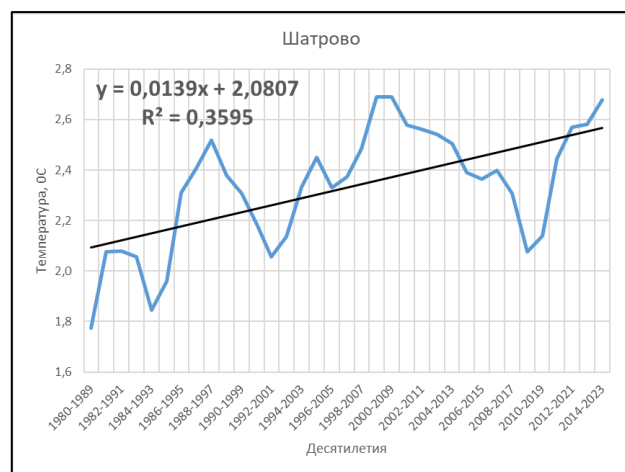
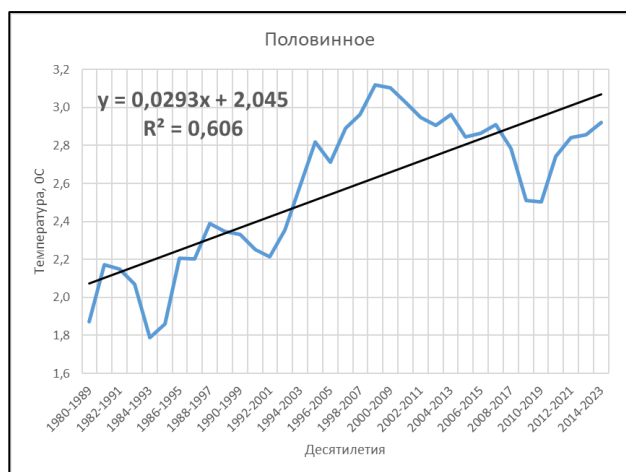
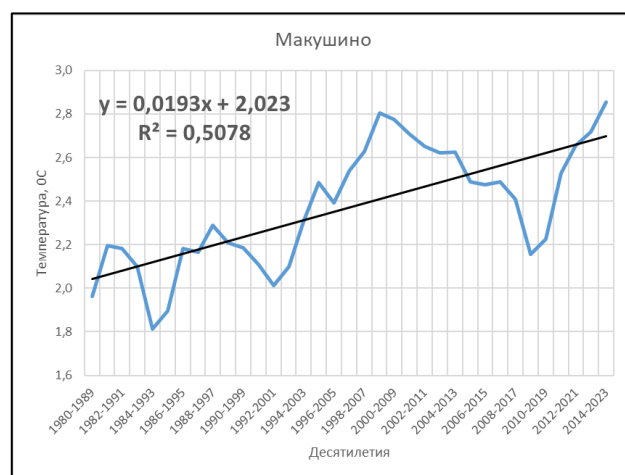
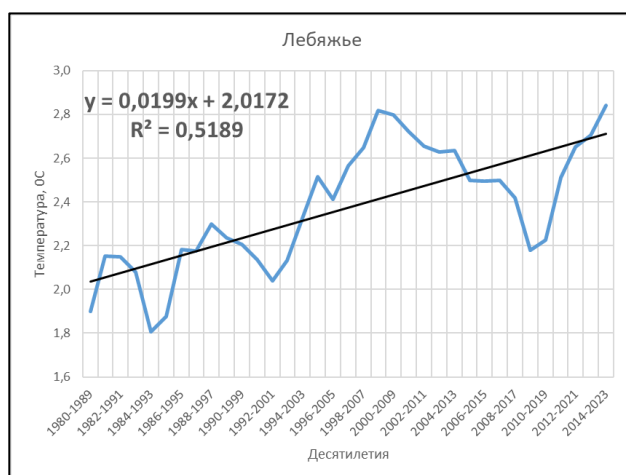
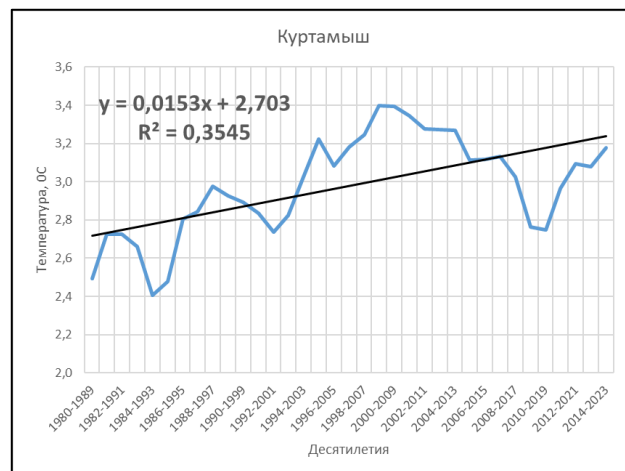
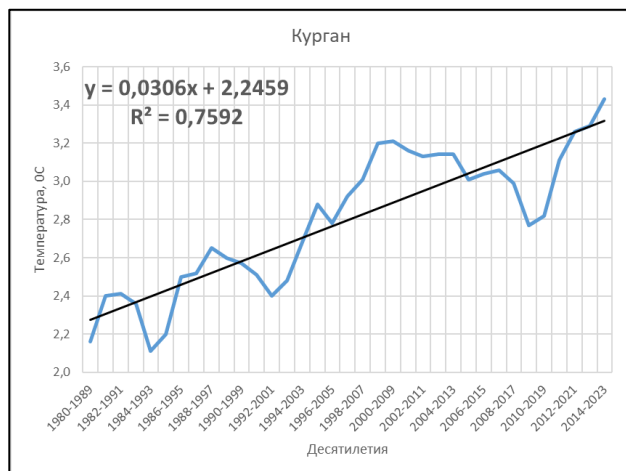
Таблица 3 - Оценка значимости тренда с помощью статистического критерия Стьюдента и Фишера

Станция	Оценка значимости температурного тренда								
	t-критерий Стьюдента				По Фишеру				сog
	Наблюдае мое	Табличн ое	P- Значение	Вывод	Наблюдае мое	Табличн ое	Значимо сть F	Вывод	
Курган	3,41	2,02	0,00144	Значим	12,58	4,07	0,000976	Значим	0,48
Куртамыш	1,83	2,02	0,07473	Незнач им	3,88	4,07	0,055627	Незнач им	0,29
Лебяжье	2,40	2,02	0,02071	Значим	6,32	4,07	0,015850	Значим	0,36
Макушино	2,27	2,02	0,02808	Значим	5,68	4,07	0,021743	Значим	0,35
Половинное	2,63	2,02	0,01175	Значим	7,53	4,07	0,008873	Значим	0,39
Шатрово	2,02	2,02	0,05010	Незнач им	4,50	4,07	0,039815	Значим	0,31
Целинное	1,94	2,02	0,05964	Незнач им	4,27	4,07	0,045063	Значим	0,30
Шумиха	2,55	2,02	0,01452	Значим	7,28	4,07	0,010013	Значим	0,38
Звериного- ловское	1,87	2,02	0,06797	Незнач им	3,99	4,07	0,052290	Незнач им	0,29
Шадринск	2,89	2,02	0,00602	Значим	9,26	4,07	0,004029	Значим	0,43

Оценка значимости тренда по двум критериям при числе степеней свободы 43 и уровне значимости 0,05 показала не однородный ответ. В случае проверки гипотезы о неравенстве средних по критерию Стьюдента, коэффициент корреляции оказался значим на 6 из 10 станциях. Проверка гипотеза о различии дисперсии по критерию Фишера показала значимость коэффициента корреляции в 8 из 10 случаев. Такая ситуация обусловлена в разных подходах оценки значимости. Если оценивать результаты в целом, то низкое значение коэффициента детерминации на всех станциях, линейные модели, которые представлены на рис.5, на больших из исследуемых станциях являются статистически значимыми.

Анализ динамики среднегодовых температур (рис. 5), позволяет увидеть межгодовые колебания температур, оценить периодичность "всплесков" или "падений" уровней ряда. Однако, на примере графиков по станциям Куртамыш, Шатрово, Целинное и Звериноголовское заключение о долгосрочном тренде затруднительно. Виден в целом рост минимумов среднегодовых температур, но, если анализировать уровни максимумов, то

явного роста не наблюдается. Для более явной оценки изменения температурного режима были построены графики средних многолетних (по десятилетиям) температура воздуха (см.рис.6).



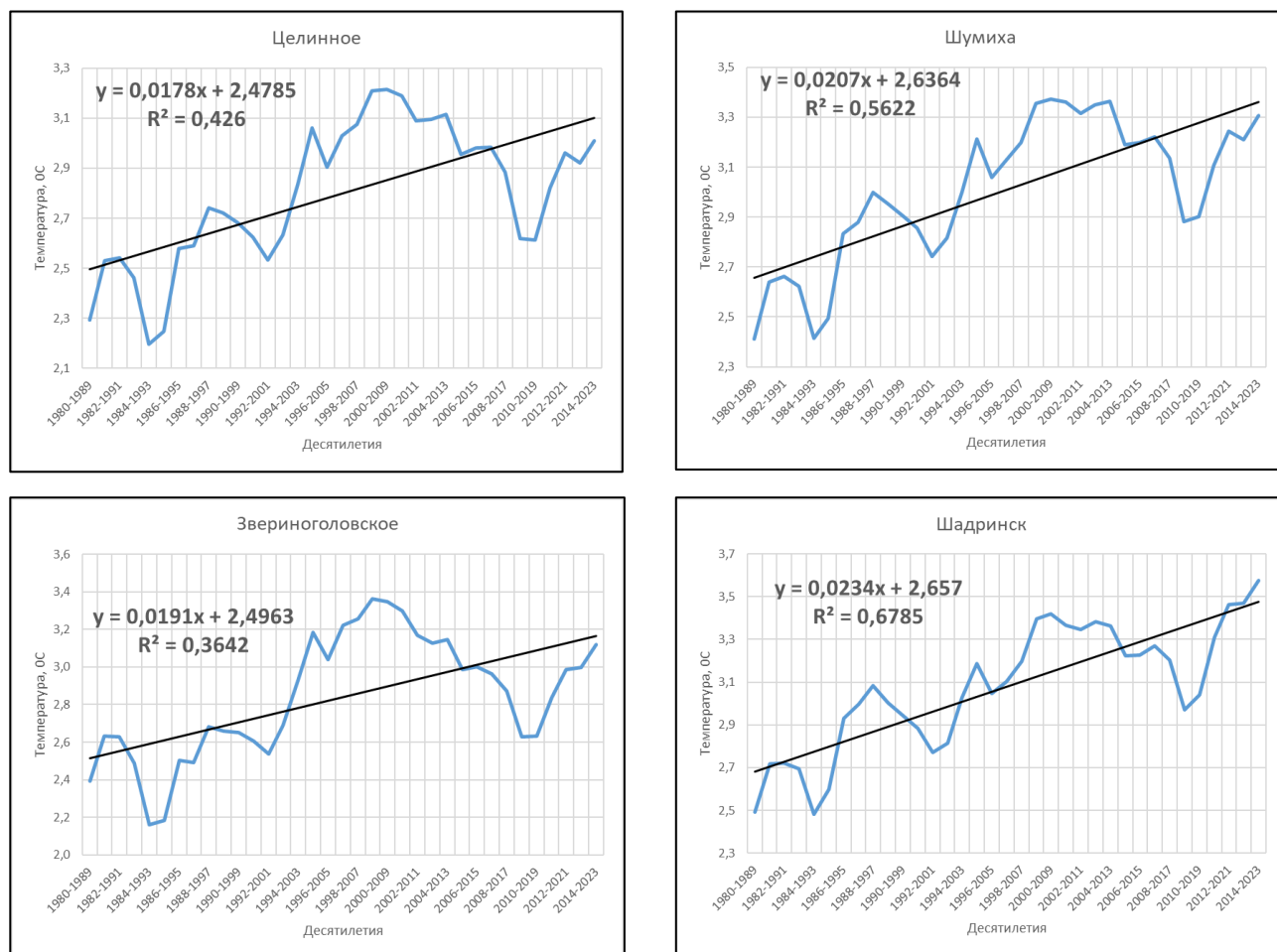


Рис. 6 - Средняя многолетняя (осреднённая по десятилетиям) температура воздуха $^{\circ}\text{C}$, по станциям Курганской области, 1980-2023 гг.

Результаты представленные на рисунке 6, позволяют увидеть динамику средних температур. Изменения стали более выраженными, особенно хорошо они видны на станциях, где ранее эти изменения не были видны или были несущественны.

На графиках представленных на рисунке 5 также была $T_{\text{ср}}$ многолетней. Значения $T_{\text{ср}}$ многолетней представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Средняя многолетняя температура воздуха на станциях Курганской области

Средняя многолетняя температура воздуха									
Курган	Куртамыш	Лебяжье	Макушино	Половинное	Шатрово	Целинное	Шумиха	Звериноголовское	Шадринск
2,8	3,0	2,4	2,4	2,6	2,3	2,8	3,0	2,9	3,1

Таблица 4 даёт представление о том, что средняя многолетняя температура распределена неравномерно по территории Курганской области. Наибольшее значение температура имеет в Шадринске 3,1 °С, а наименьшее в Шатрово 2,3 °С. Столь существенная разница обусловлена тем, что станция Шатрово имеет более южное положение. Если анализировать долевую часть температуры выше и ниже среднего на станциях, то получается, что на станции Курган доля больше средней многолетней составила 56,8%, ниже 43,2%. Куртамыш больше 56,8%, меньше 43,2%, Лебяжье больше 59,1%, меньше 40,9%, Макушино больше средней 56,8%, меньше 43,2%, на станции Половинное больше средней 56,8%, меньше средней 43,2%, Шатрово больше 47,7%, меньше 52,3%, Целинное больше средней 59,1%, меньше средней 40,9%, Шумиха больше 54,5%, меньше 35,5%, Звериноголовское больше средней 65,9%, меньше 34,1%, на станции Шадринск температуры выше средней наблюдались в 52,3%, а ниже средней 47,7%. Результаты говорят о том, что доля температур выше средней многолетней преобладают на всех станциях. Для лучшего понимания изменчивости долевого соотношения весь период наблюдений был разбит на два равных периода (см. таблицу 5).

Таблица 5 - Долевая разница температур выше/ниже средней многолетней, % за 2 периода 1980-2001 гг. и 2001-2023 гг.

	Курган	Куртамыш	Лебяжье	Макушино	Половинное	Шатрово	Целинное	Шумиха	Звериноголовское	Шадринск
Доля больше средней	36,0	12,0	15,4	12,0	20,0	23,8	7,7	25,0	10,3	30,4
Доля меньше средней	-47,4	-15,8	-22,2	-15,8	-26,3	-21,7	-11,1	-30,0	-20,0	-33,3

Таблица 5 демонстрирует, как менялось процентное соотношение температур выше и ниже нормы в двух периодах. На станции Курган наблюдаются наиболее значимые изменения, доля больше средней многолетней во втором периоде наблюдений увеличилась на 36%, доля меньше средней многолетней уменьшилась на 47,4%, что говорит об существенных изменениях средней годовой температуры в сторону более высоких значений. Станции, на которых показатели детерминации минимальны: Куртамыш, Шатрово, Целинное и Звериноголовское, долевая разница также показывает наименьшие

изменения, но эти изменения есть и все они указывают на тенденцию увеличения среднегодовой температуры региона, что в свою очередь благоприятно сказывается на росте винограда.

Для оценки изменчивости статистических свойств температуры за рассматриваемый период были сформированы две выборки по 22 года. Выборка 1 сформирована по данным за период 1980-2001 гг., выборка 2 – соответствует данным за 2002-2023 гг. Вычислена описательная статистика для каждого периода и сравнено относительно друг друга, результаты приведены в таблице 6. По результатам анализа было выяснено, что вариативность регистрируемых значений уменьшилась, об этом свидетельствует уменьшение длины интервала вариаций значений случайной величины. Коэффициент осцилляции относительно среднего подтверждает уменьшение размаха вариации во второй выборке в среднем на 39% по области. Максимальные изменения колебаний наблюдаются на станции Шатрово 68%, а минимальные Макушино.

Среднеквадратическое отклонение (дисперсия) второй выборки на всех станциях уменьшилось. Среднеквадратическое отклонение является показателем разброса исследуемой величины относительно её ожидаемого показателя. Показатель СКО, в среднем по области в первой выборке составил $\pm 1,0$ °C, при СКО второй выборки в среднем $\pm 0,8$ °C. При этом коэффициент вариаций в среднем уменьшился на 17%. Результаты первой выборки, где значения температуры имеют большую амплитуду колебаний. Возможно, это результат более стохастического климата или наличия более экстремальных температурных условий в течение первого периода наблюдений. Второй период наблюдений, имеет меньшее среднеквадратическое отклонение, это говорит о более устойчивом и предсказуемом климате, в котором температурные изменения подвержены меньшим переменам и могут быть более предсказуемыми в долгосрочной перспективе. Анализ показателей уровня – минимальное и максимальное значение выборки на всех станциях во второй выборке демонстрируют тенденцию к уменьшению наименьшего значения случайной величины по выборке, и к увеличению максимального значения

случайной величины. Близость значений средней, медианы и моды второй выборки свидетельствуют о том, что вторая выборка приобретает характер нормального распределения случайной величины в сравнении с ассиметричным состоянием второй выборки.

Таблица 6 - Показатели дескриптивной статистики по двум выборкам на десяти станциях Курганской области

	Курган	Куртамыш	Лебяжье	Макушино	Половинное	Шатрово	Целинное	Шумиха	Звериноголовское	Шадринск
N1+N2-2	42									
уровень доверия	0,05									
объем выборки	22									
Xmax №1	4,2	4,7	3,9	3,8	4,0	4,3	4,5	4,9	4,4	5,0
Xmax №2	5,3	4,9	4,7	4,9	4,6	4,5	4,8	5,0	4,8	5,3
Xmin №1	0,9	1,3	0,6	0,5	0,6	0,5	1,2	1,3	0,8	1,1
Xmin №2	2,0	1,7	1,3	1,2	1,1	1,4	1,5	1,9	1,5	2,2
Xcp №1	2,4	2,7	2,1	2,1	2,2	2,1	2,5	2,7	2,6	2,7
Xcp №2	3,3	3,2	2,7	2,7	3,0	2,6	3,1	3,3	3,1	3,5
Xmean №1	2,5	2,9	2,3	2,3	2,5	1,9	2,8	2,8	3,0	2,7
Xmean №2	3,3	3,2	2,7	2,8	2,9	2,6	3,0	3,3	3,1	3,5
D1	0,94	0,99	1,04	1,03	1,25	1,16	1,04	0,90	1,29	0,93
D2	0,63	0,59	0,68	0,74	0,67	0,63	0,61	0,58	0,61	0,63
R1	3,3	3,4	3,3	3,3	3,5	3,8	3,4	3,6	3,6	3,9
R2	3,3	3,2	3,4	3,7	3,5	3,1	3,3	3,1	3,3	3,1
CKO1	0,97	1,00	1,02	1,02	1,12	1,08	1,02	0,95	1,14	0,96
CKO2	0,79	0,77	0,83	0,86	0,82	0,80	0,78	0,76	0,78	0,79
Ax1	0,09	0,13	0,08	0,04	-0,07	0,39	0,07	0,28	-0,17	0,34
Ax2	0,85	0,28	0,58	0,69	0,03	0,49	0,25	0,42	0,15	0,47
Vx1	41%	37%	49%	49%	52%	52%	40%	36%	44%	35%
Vx2	24%	24%	30%	31%	28%	30%	25%	23%	25%	23%
Ex1	-1,05	-0,97	-1,17	-1,24	-1,35	-0,60	-1,11	-0,39	-1,54	-0,11
Ex2	1,15	0,26	0,87	1,10	0,47	0,19	0,56	0,21	0,84	0,12
Rsr1	1,38	1,26	1,57	1,55	1,60	1,87	1,34	1,33	1,40	1,42
Rsr2	1,01	0,98	1,24	1,35	1,18	1,19	1,07	0,92	1,04	0,88
t наблюдаемое	3,206	1,9498	2,369	2,277	2,719	1,9706	2,0223	2,524	1,9439	2,795
t табличное	2,024	2,0227	2,021	2,019	2,022	2,0227	2,0227	2,021	2,0262	2,021

p-value	0,002	0,0584	0,022	0,028	0,009	0,0559	0,0500	0,015	0,0595	0,007
Вывод	Значи мы	Незначи мы	Значи мы	Значи мы	Значи мы	Незначи мы	Незначи мы	Значи мы	Незначи мы	Значи мы
ΔX	0,9	0,5	0,7	0,6	0,8	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7

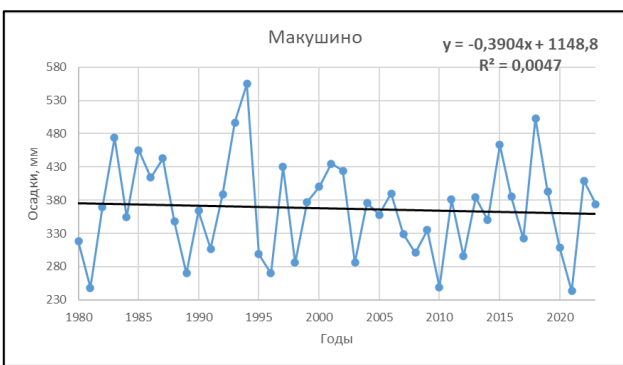
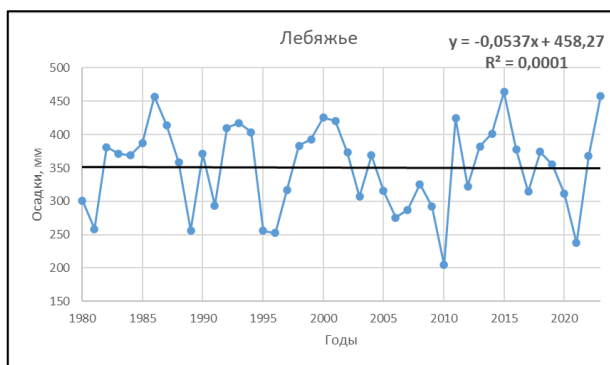
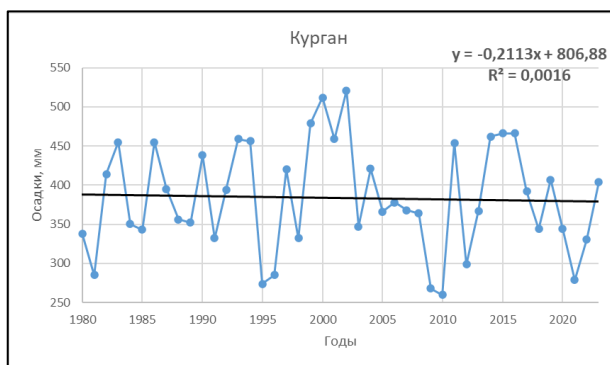
Средний по области 0,12 коэффициент асимметрии первой выборки указывает на то, что плотность распределения температур сосредоточена в районе среднего и характеризуется симметричностью. Средний по области коэффициент асимметрии во второй выборке составил 0,42, что указывает на смещение среднего вправо. Такое смещение говорит об уменьшении плотности вероятности температур ниже среднего и увеличения плотности вероятности в зоне температур выше среднего. В совокупности, можно сказать, что идёт устойчивая тенденция на увеличение среднегодовой температуры. Такая тенденция благоприятно сказывается на культуре винограда. Дальнейший расчёт показателей, зависящих от температурного режима, позволят сделать более весомые выводы, касаясь перспективы выращивания виноградной культуры в Курганской области.

Также, для оценки климатических изменений региона был применён t-критерий Стьюдента для двух равных выборок с различными дисперсиями. Нулевая гипотеза критерия Стьюдента предполагает, что изменения средних в выборках не существенны или равны нулю. Альтернативная гипотеза полагает, что средние двух выборок отличны. Результаты оценки также представлены в таблице 2.5. Анализ оценки климатических изменений на станциях Курганской области показал на четырёх из десяти станциях статистически значимую тенденцию увеличения средней температуры. И хотя значимость при уровне значимости $\alpha = 0.05$ подтвердили не все станции, малый порог доверительной вероятности позволяет предположить о положительной тенденции к тому, что в будущем и на этих станциях будет наблюдаться устойчивая статистическая связь. Качественная оценка различий по станциям составила $\Delta X_{\max} = 0,9^{\circ}\text{C}$ на станции Курган, $\Delta X_{\min} = 0,5^{\circ}\text{C}$ на станции Куртамыш, ΔX среднее по области $0,7^{\circ}\text{C}$.

2.2 Анализ многолетнего режима осадков на станциях Курганской области

Для анализа многолетнего режима осадков были взяты данные с сайта погода и климат, а также был сформирован официальный запрос в Курганский ЦГМС – филиал ФГБУ «Уральское УГМС» для заполнения пропусков и недостающих периодов наблюдений в ряде наблюдений. Часть недостающих периодов наблюдений, которые были вызваны простоем станций, восстановлены с помощью данных реанализа [10]. Данные представлены в приложении 2.

Размещение осадков по территории Курганской области за период 1980 - 2023 гг. объясняется зональной особенностью континентального климата Урала и имеет тенденцию к уменьшению распространяясь с северо-запада на юго-восток. Линейный анализ режима сумм осадков за сорок четыре года показал, что видимых изменений не наблюдается, что видно на рисунке 7.



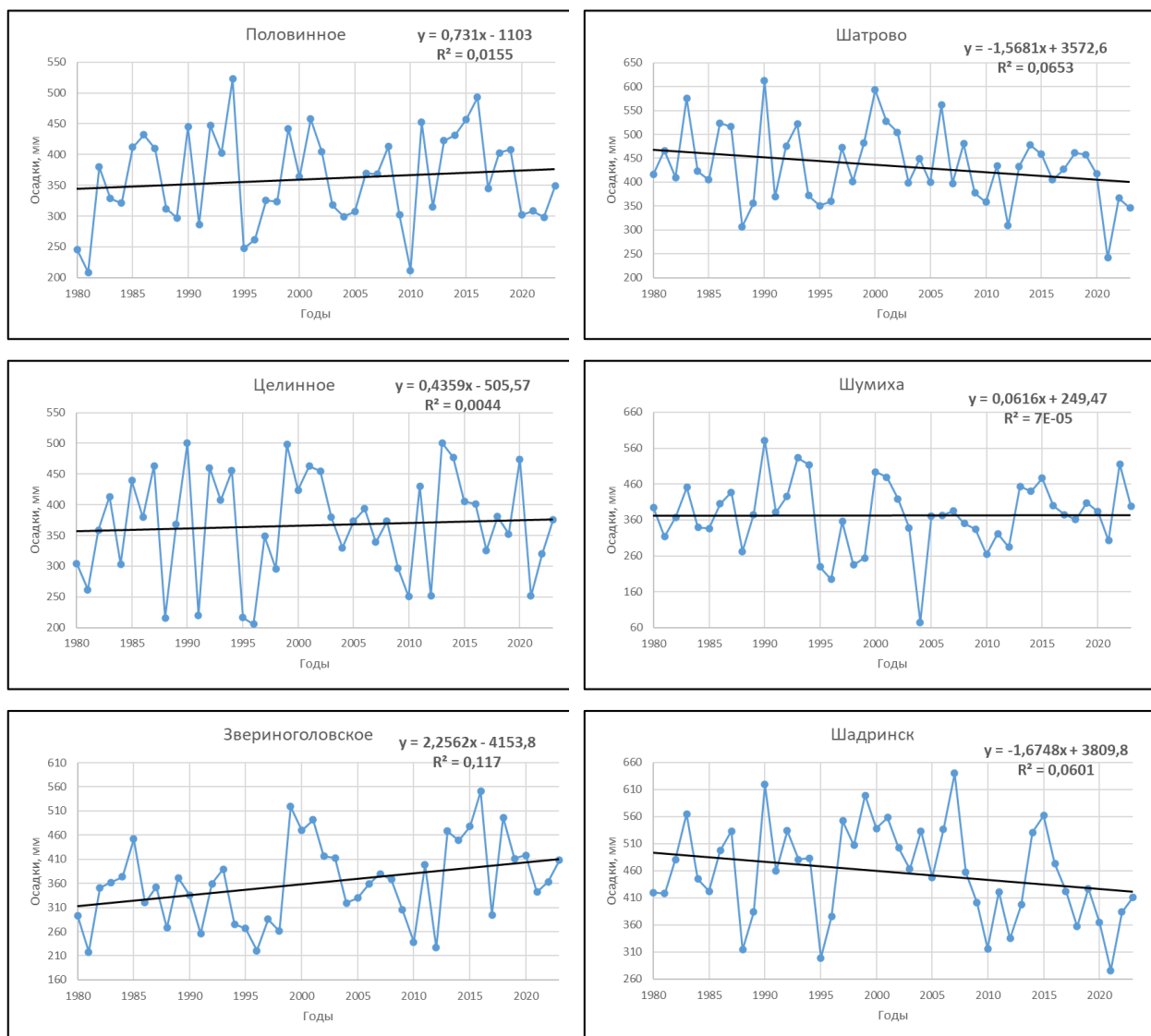


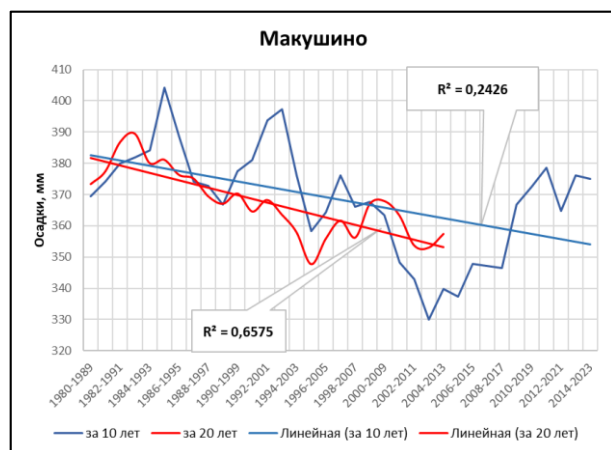
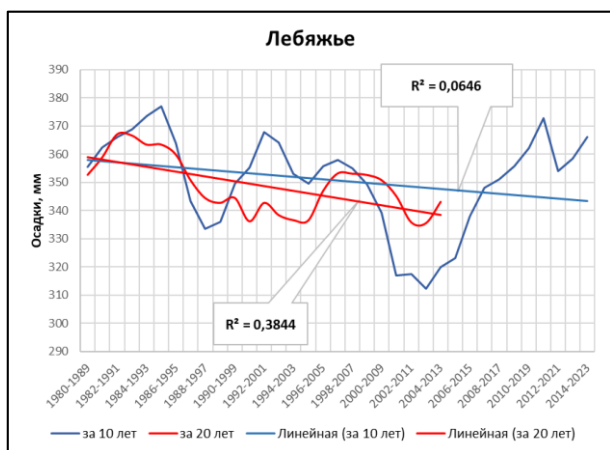
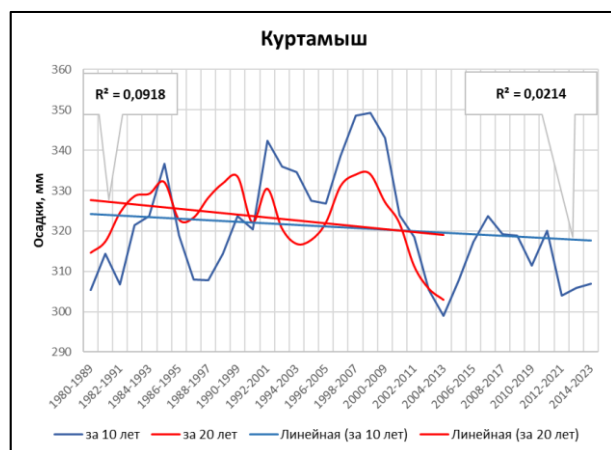
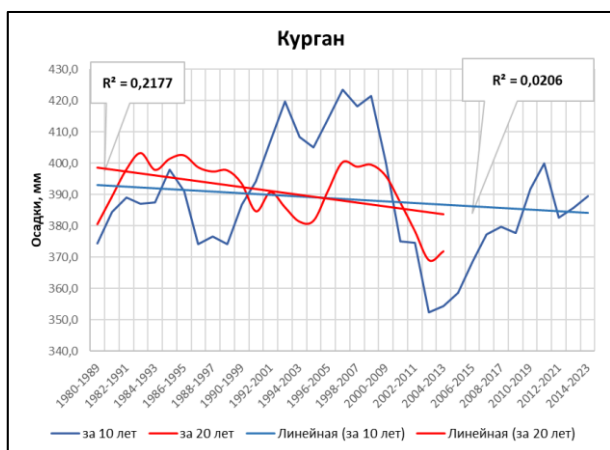
Рис. 7 - Режим годовых сумм осадков на станциях Курганской области 1980-2023 г.г.

На рисунке 7 видно, что на станции Курган, Куртамыш и Макушино наблюдается слабая тенденция к уменьшению Σ осадков. В скорость уменьшения -0,27 мм в год. На станциях Лебяжье и Шумиха изменений не наблюдается. На станциях Половинное и Целинное наблюдается слабый тренд на увеличение. Каждый год происходит рост со скоростью 0,58 миллиметра в год.

На станции Звериноголовское отмечается наиболее выраженный положительный тренд в увеличении осадков, который, согласно линейному уравнению, составляет 2,56 миллиметра ежегодно, что довольно существенно в условиях континентального климата региона. На станции Шадринск можно увидеть тренд на уменьшение среднегодовых осадков на -1,67 мм в год, что

также существенно и может оказать негативное влияние на выращивание винограда.

Если анализировать уровни максимумов, то явного роста при построении графиков среднегодовых осадков не наблюдается. Для более явной оценки изменения режима осадков были построены графики средних многолетних с окном осреднения 10 и 20 лет годовых сумм осадков (см.рис.8). На рисунке 8 видны особенности зонального распределения осадков, которые сложно увидеть на рисунке 7. Например, на станции Половинное и Целинное можно увидеть тренд на увеличение осадков, который на рисунке 7 не виден. Звериноголовское при 10 и 20-летнем осреднении демонстрирует существенно значимый тренд на увеличение сумм годовых осадков. Остальные станции подтвердили тренд на уменьшение осадков, однако, наиболее выраженный тренд наблюдается на станции Шатрово, Шадринск и Макушино.



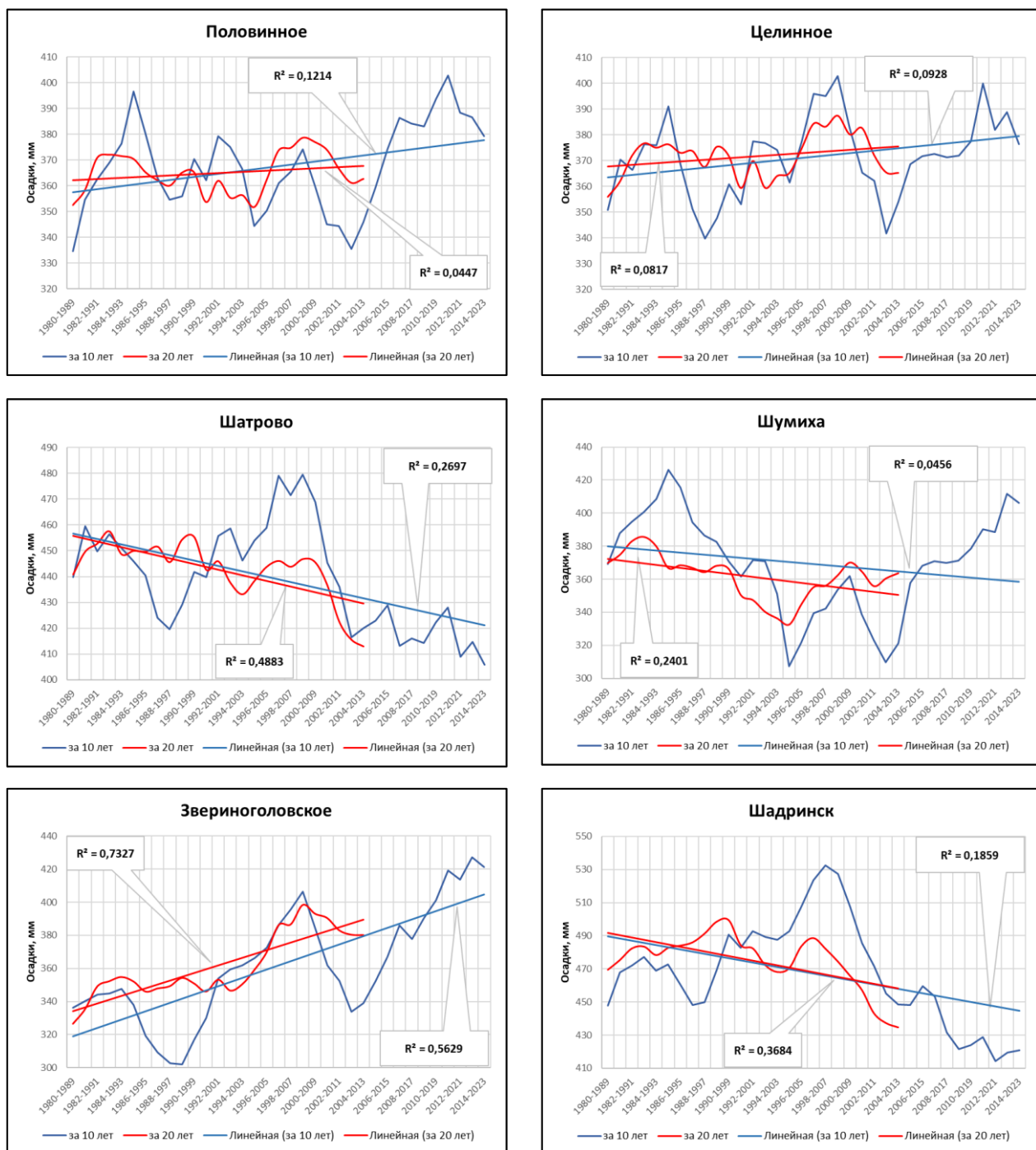
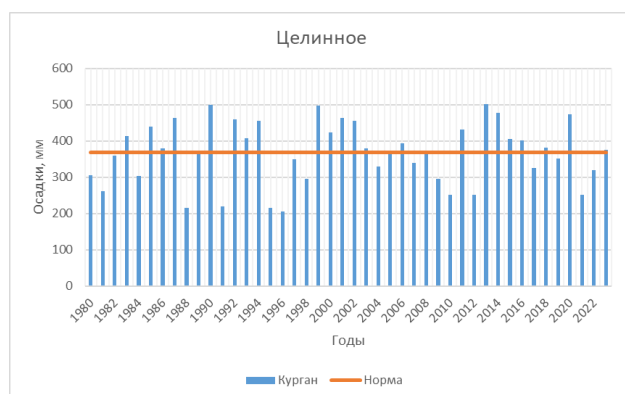
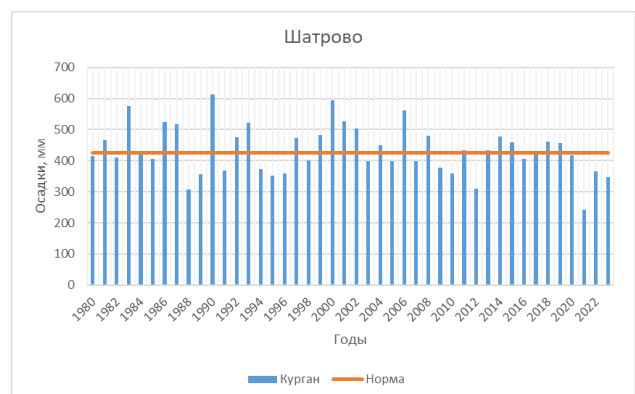
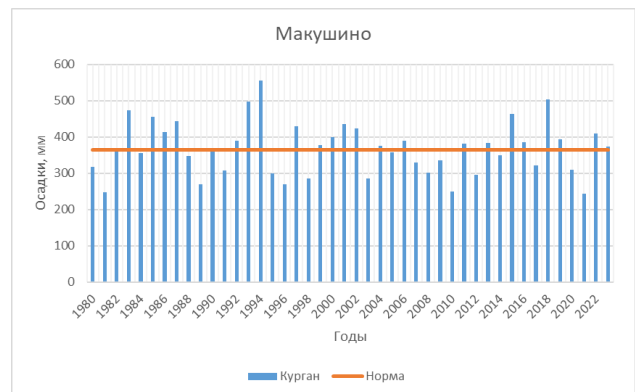
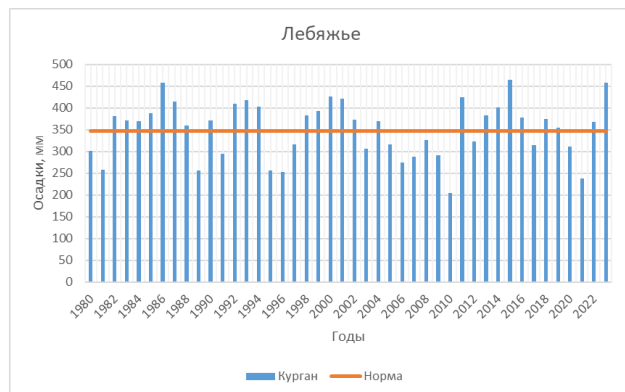
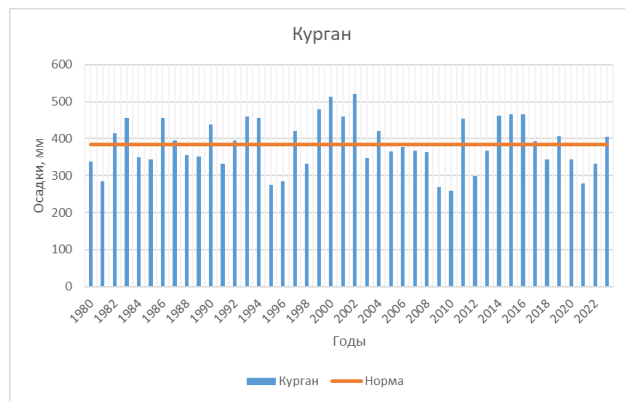


Рис. 8 - Суммы осадков (мм) с окном осреднения 10 и 20 лет по станциям Курганской области, 1980-2023 гг.

По графикам на рис. 7 и рис. 8 видно на сколько неоднородно распространены осадки по территории в разные периоды наблюдений. Такую неоднородность можно объяснить территориальными особенностями зон, в которых установлены метеорологические станции. Годовые суммы осадков, а также норма осадков по станциям Курганской области приведены на рис. 9.



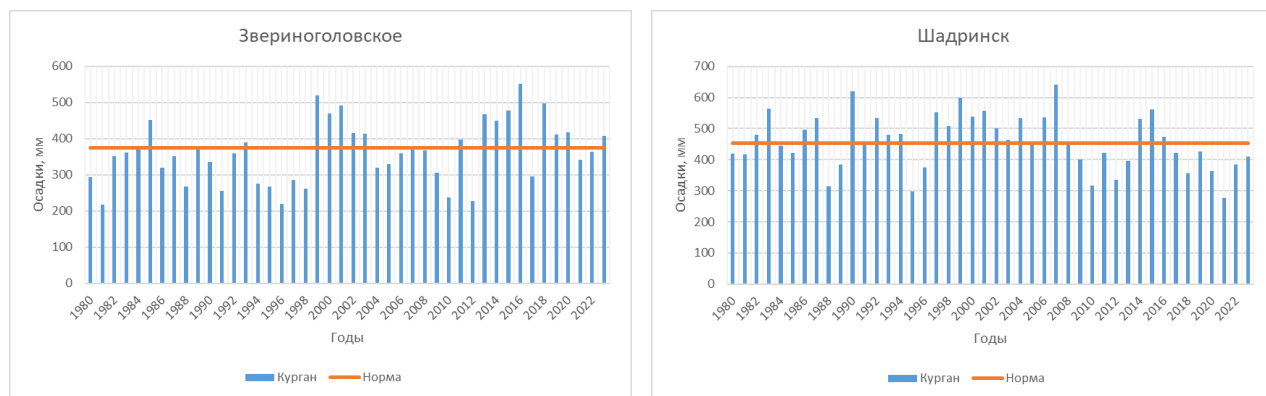


Рис. 9 - Суммы годовых и норма осадков по станциям Курганской области 1980-2023 гг.

Анализ графиков на рис. 9. показал, что доля осадков выше нормы на станции Курган составляет 47,7%, при этом количество среднегодовых осадков, превышающих норму во второй период, уменьшилось на 6,8%. Доля осадков ниже нормы на станции Курган составило 52,3%, при этом количество среднегодовых осадков ниже нормы во второй период уменьшилось с 22,7% случаев в первые 22 года до 29,5% во вторые 22 года, что довольно существенно. Станция Куртамыш показала схожие результаты, доля осадков выше нормы составила 45,5%, а доля ниже нормы 54,5%. При этом, и на этой станции сохраняется тенденция к уменьшению осадков выше нормы и как следствие, увеличение среднегодовых осадков ниже нормы на 4,5%. На станции Лебяжье наблюдается аналогичная картина, но доля лет со среднегодовыми осадками выше нормы больше лет с осадками ниже нормы. Доля выше нормы 59,1%, а ниже 40,9%, при этом, доля случаев выше нормы уменьшилась на 9,1%, что свидетельствует об очень серьёзных изменениях в режиме осадков в данном районе. Станция Макушино, как и Лебяжье демонстрирует большую долю среднегодовых осадков выше нормы (54,5%). Показатель не подтверждает достаточную влагообеспеченность территории, так как доля выше нормы уменьшилась на 4,5% и продолжает уменьшаться исходя из графиков и трендов, полученных на рис. 7 и рис. 8. Результаты, полученные на станции Половинное, подтверждают полное отсутствие изменений, доля выше нормы составило 50%. На станции Шатрово доля осадков ниже нормы преобладает и составляет 54,5%,

при этом, наблюдается дальнейший тренд на уменьшение доли среднегодовых осадков выше нормы на 4,5%.

На станции Целинное, также как и в Лебяжьем, отмечается преобладание уровня среднегодовых осадков выше нормы – 56,8%, по сравнению с 43,2% ниже нормы.

На станции Целинное наблюдается тенденция к увеличению доли в осадках выше нормы, в отличие от станций, рассмотренных ранее. В период с 1980-2001 доля осадков выше нормы составляла 27,3%, а во второй период с 2002-2023 эта доля составила 29,5%, т.е., разница составила 2,3%. Аналогичная картина прослеживается на станции Шумиха, где доля увеличилась на 2,3%. Самый высокий рост наблюдается на станции Звериноголовское. Рост составил 15,9%, из чего следует, что район в зоне станции Звериноголовская является наиболее благоприятным с точки зрения влагообеспеченности винограда.

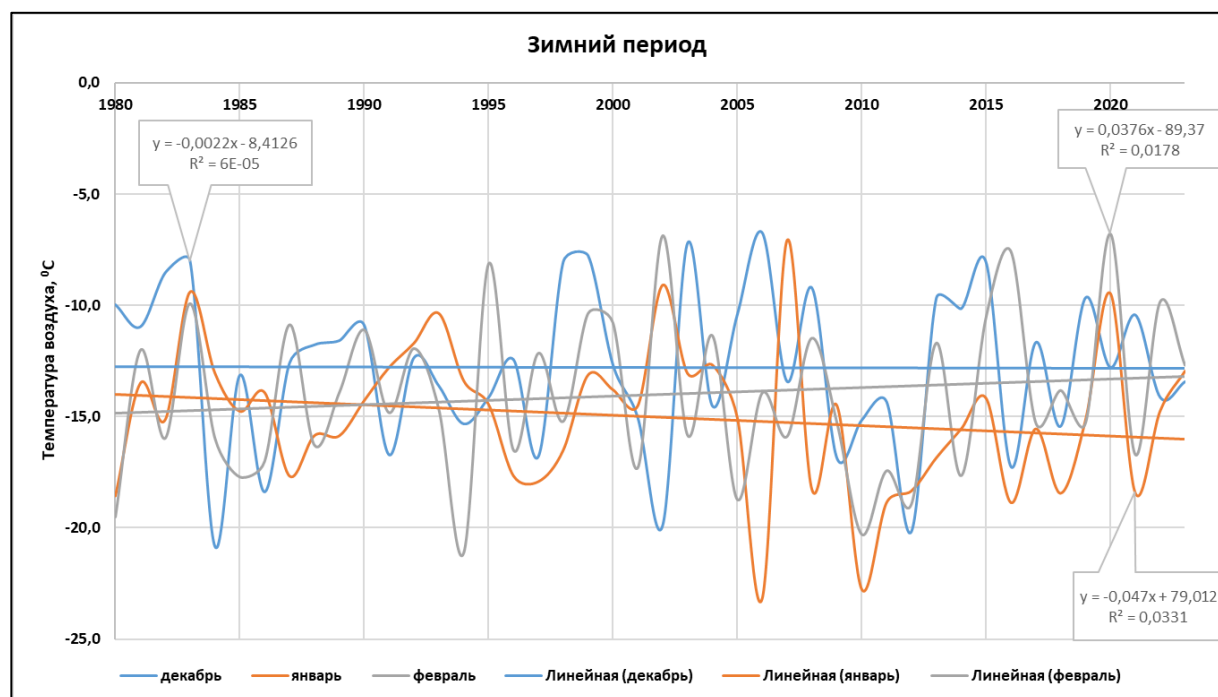
Наименее перспективным районом оказался Шадринск, где не смотря на небольшое преобладание доли среднегодовых осадков выше нормы 52,3%, при этом наблюдается наиболее значимое уменьшение этой доли. Так, например, доля среднегодовых осадков выше нормы во второй период анализа уменьшилась на 11,4%. Такие показатели могут свидетельствовать об ухудшении и невозможности в перспективе выращивать виноград без дополнительных систем орошения и постоянного мониторинга состояния благосостояния почвы.

2.3 Анализ температурно-влажностного режима области по сезонам года

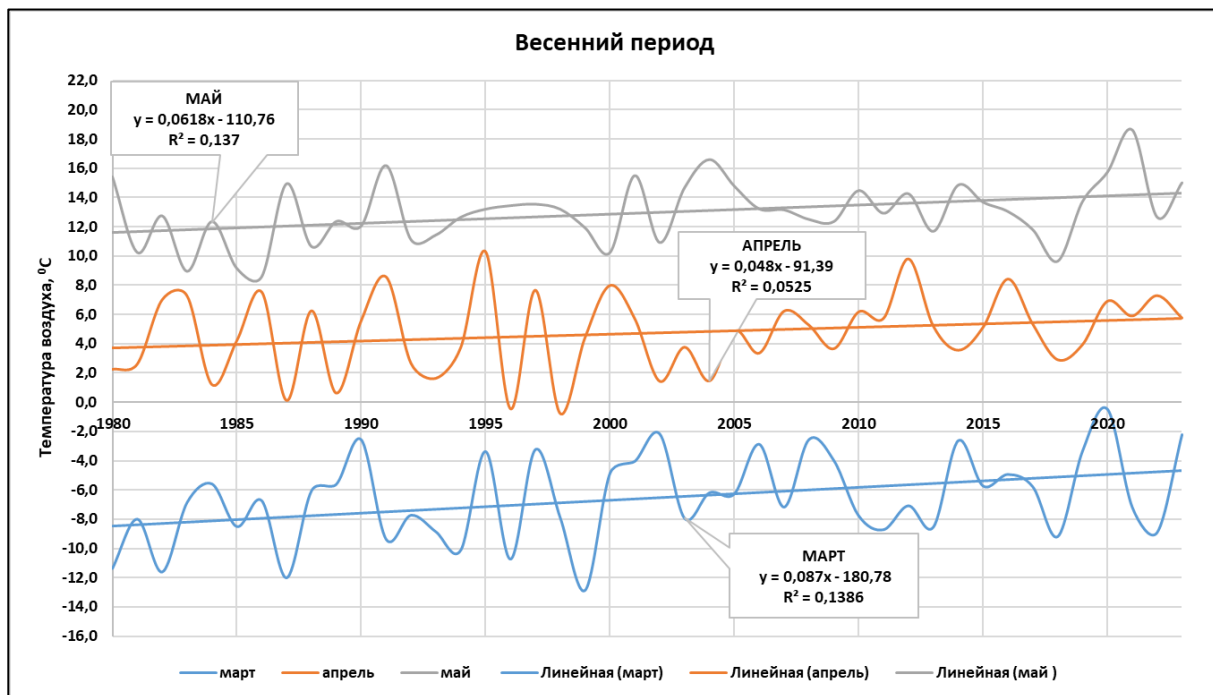
Температура

Анализ среднегодового хода температур показал значительные тенденции к увеличению среднегодовой температуры, что является положительным фактором для винограда. Однако, для оценки благоприятности климата к выращиванию винограда необходимо знать температурные особенности региона в разные месяцы. Детальный анализ температур за каждый месяц (см. рис. 10),

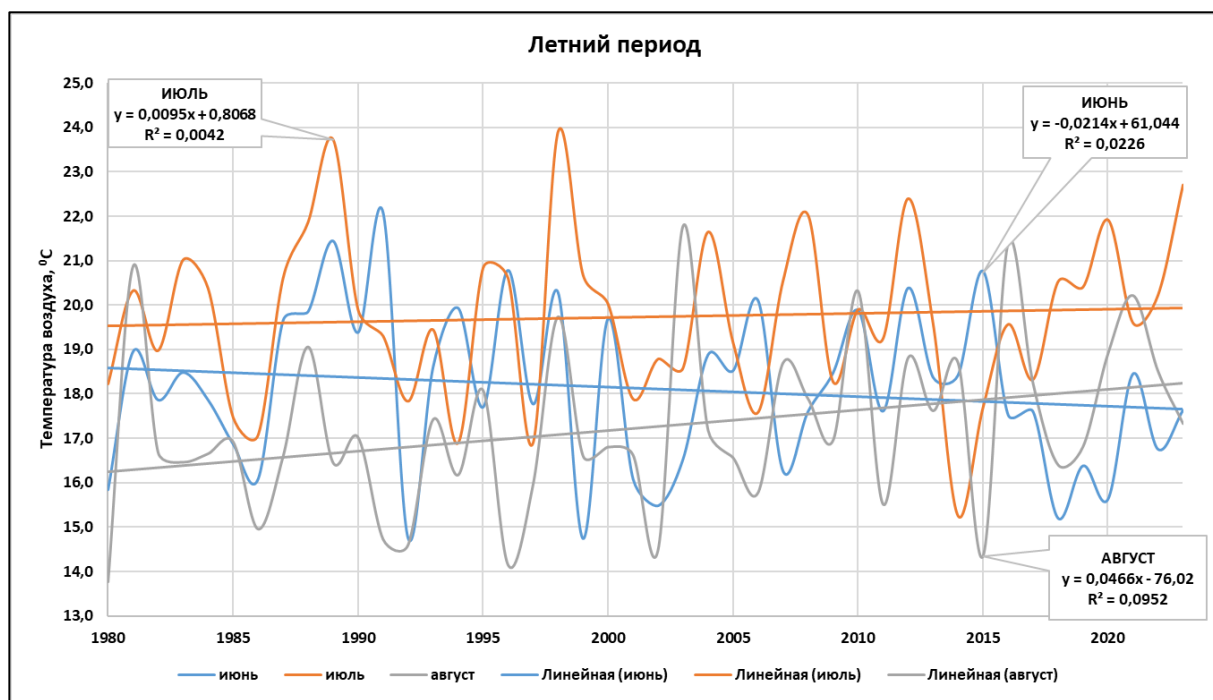
покажет на сколько хорошо уже имеющийся на огородах многих виноградарей виноград обеспечен в тепловых потребностях в различные периоды вегетации, а также в период покоя. График на рисунке 10(а) отражает температурный режим в период покоя. Тренд в декабре имеет стационарный вид, среднемесячная температура января имеет тенденцию к уменьшению, то есть, температуры ниже нормы будут наблюдаться чаще. В феврале наблюдается слабый тренд на увеличение осадков. В целом, можно сказать, что температурный режим в период покоя в среднем по Курганской области не претерпел сильных изменений. Однако, если анализировать температурный режим по станциям, то можно увидеть локальные тренды более значимого изменения. На рисунке 10 (b) отмечается, что в марте, когда виноград находится в стадии покоя, $T_{ср}$ по области существенно возрастает. Однако в апреле $T_{ср} = const$. Эти изменения в температуре благоприятно влияют на перспективы выращивания винограда. Например, увеличение $T_{ср}$ в марте при неизменной $T_{ср}$ в апреле способствует более плавному и мягкому переходу винограда к фазе сокодвижения.



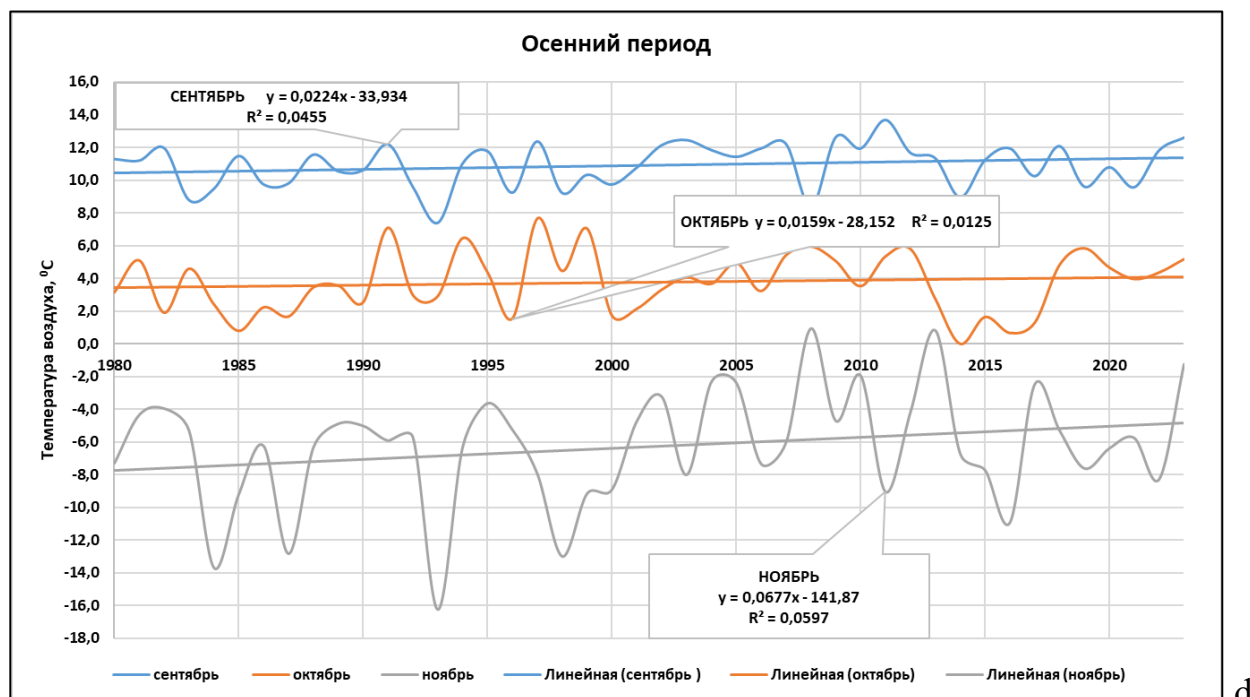
а



b



c



d

Рис. 10 - Изменение температуры воздуха за зимний(а); весенний(б); летний(с); осенний период(д) по десяти станциям

Быстрый прогрев воздуха и земли, удлиняет продолжительность вегетации. Более ранние даты наступления вегетационного периода позволяют винограду достаточно хорошо вызреть и набрать достаточной сахаристости. В мае среднемесячная температура также имеет тенденцию на увеличение, причём среднемесячная температура от года к году всё реже пересекает изотерму ниже 10^0C . Наблюдаемые изменения носят благоприятный характер так как в мае большинство сортов, растущих в Курганской области, вступают в фазу распускания почек и роста побегов. Эта фаза очень чувствительна к резким изменениям температуры. Ранние заморозки с температурами $-3...-4^0\text{C}$ без применения укрывных способов защиты способны погубить почки и лишить возможности виноград в этом сезоне плодоносить.

Летний сезон в Курганской области не сильно изменился. В июне наблюдается слабый тренд на уменьшение среднемесячной температуры. В последние годы при норме $18,1^0\text{C}$, средняя температуры только один год превышала норму. В июле наблюдается слабый тренд на увеличение температуры. В августе скорость увеличения среднемесячной температуры по тренду составляет 0,046. Для винограда очень важно, чтобы температура воздуха

в самый тёплый месяц, в Курганской области это июль, была в пределах от 17 до 19°C. Анализ оптимума температур по 2 выборкам, а также за весь период наблюдений показал, что за 44 года в Курганской области только 30% месяцев были с оптимальными для винограда среднемесячными температурами. Во второй выборке этот показатель увеличился только на 0,2%. В 6% процентах случаев, температура была меньше 17 градусов, причём во второй выборке этот показатель уменьшился на 0,4%, что свидетельствует об уменьшении среднемесячной температуры ниже оптимума. В 64% процентах случаев, температура воздуха была выше оптимума. Во второй выборке этот показатель увеличился на 0,2%. Июль слабо обеспечивает виноград оптимальными температурами (см. рис. 11).

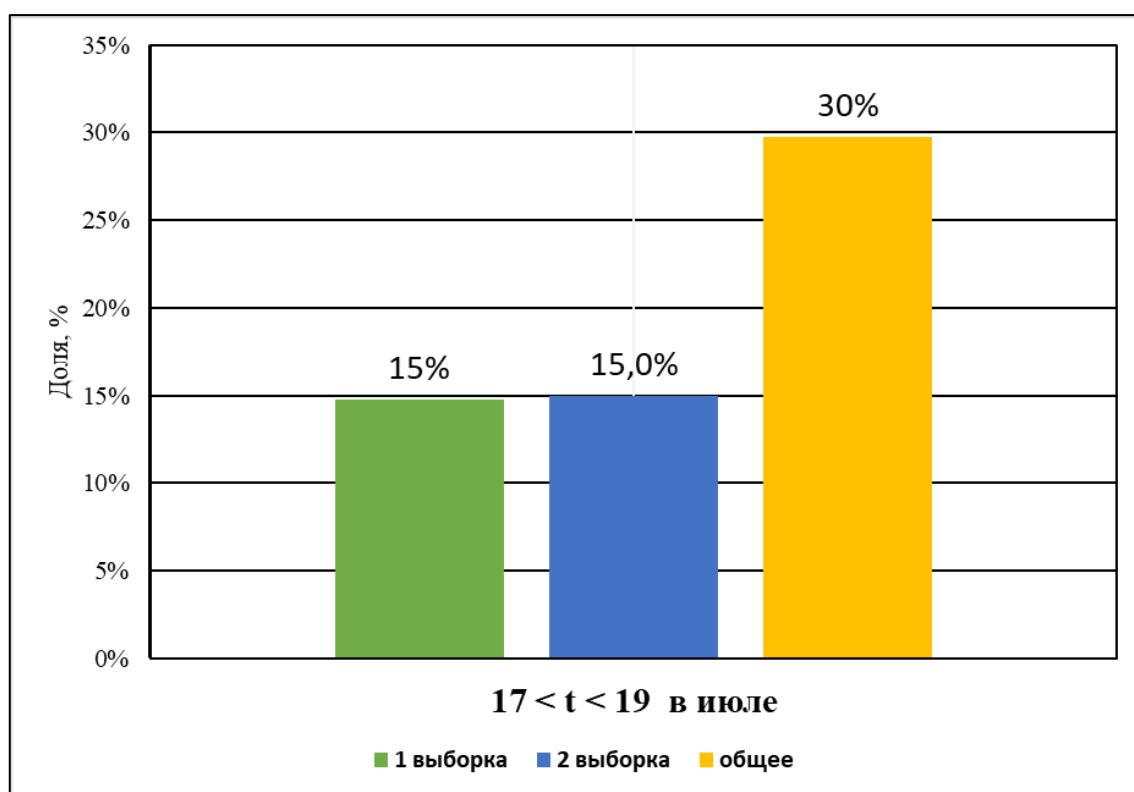


Рис. 11 - Долевое соотношение нахождения температуры в пределах оптимума

В период созревания виноград нуждается в определённом оптимуме ($t_{sr} \geq 16^{\circ}\text{C}$) температур, для достаточного накопления сахара в зависимости от сорта винограда по срокам созревания. Период созревания в Курганской области приходится на июль, август и сентябрь. Анализ обеспеченности оптимальными

температурами в период созревания ягод показал, что июль обеспечен температурой на 98%, и вносит 56% вклад в период созревания. Показатель обеспеченности во второй выборке упал на 4%. Август обеспечен температурой только на 77%, и вносит 44% вклад в период созревания. Во второй выборке обеспеченность выросла на 4%, что обусловлено трендом на увеличение среднемесячной температуры. Среднемесячные температуры в сентябре, не обеспечивают фазу созревания винограда (доля 0%) (см. рис. 12).

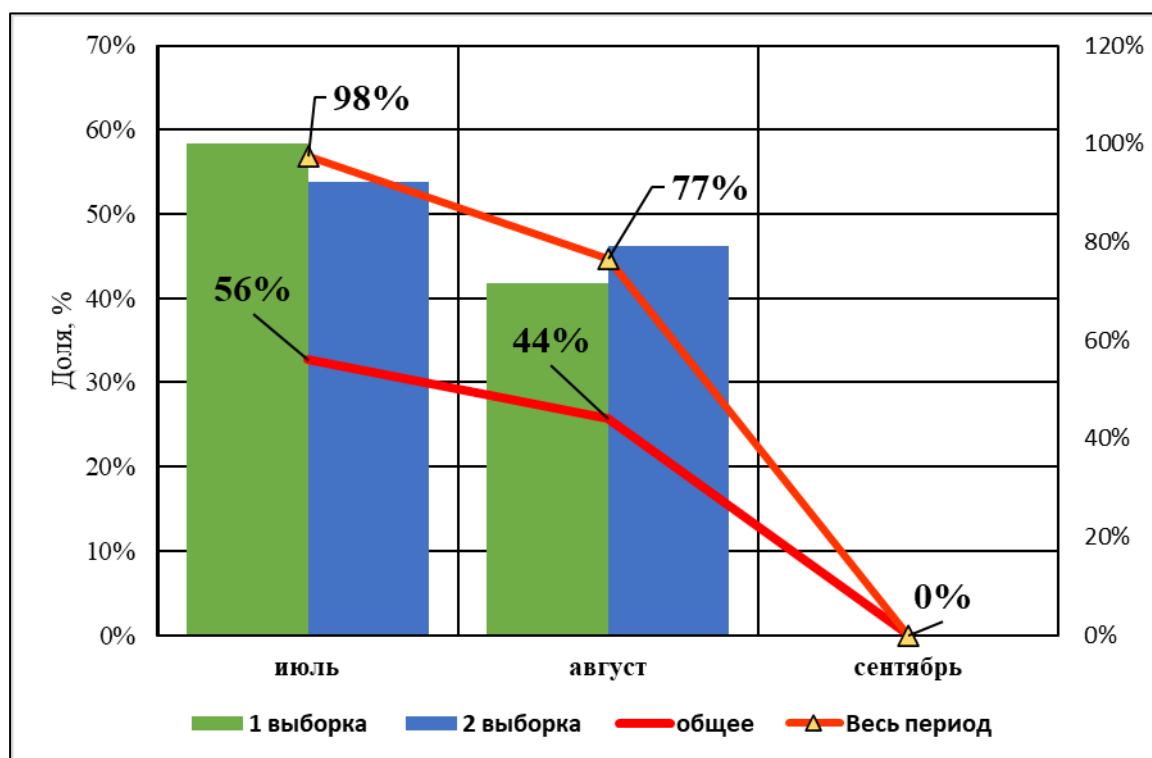


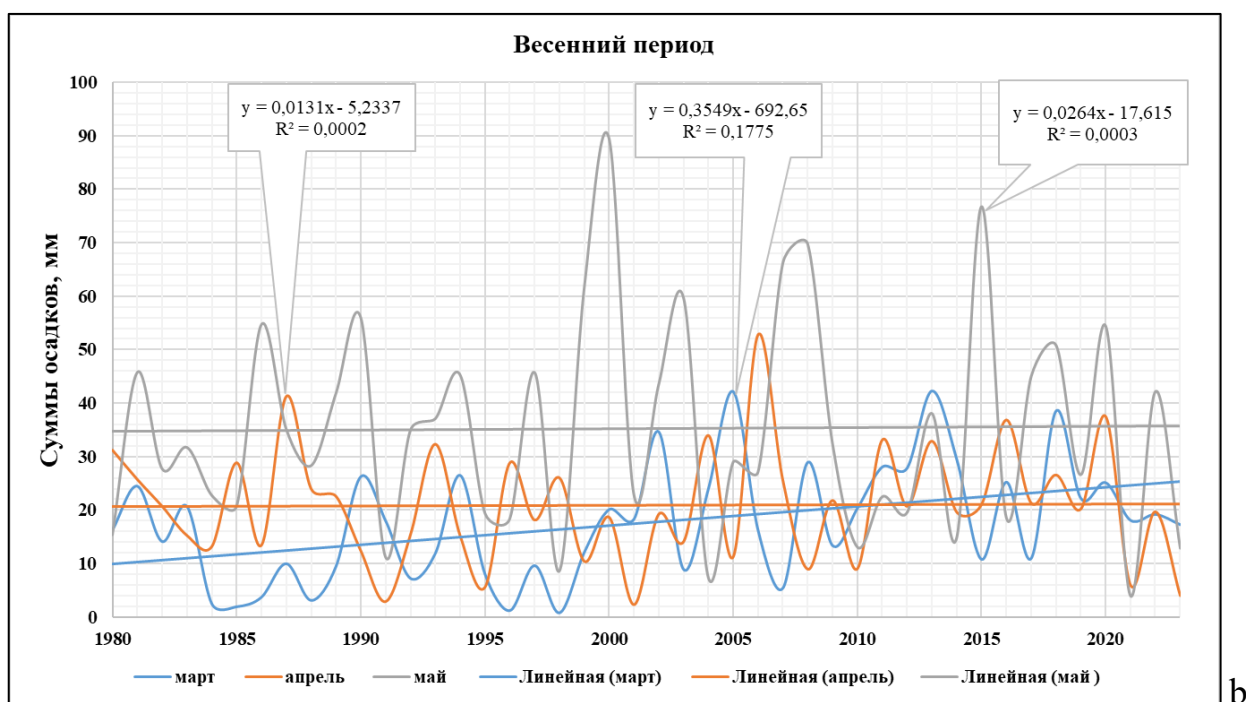
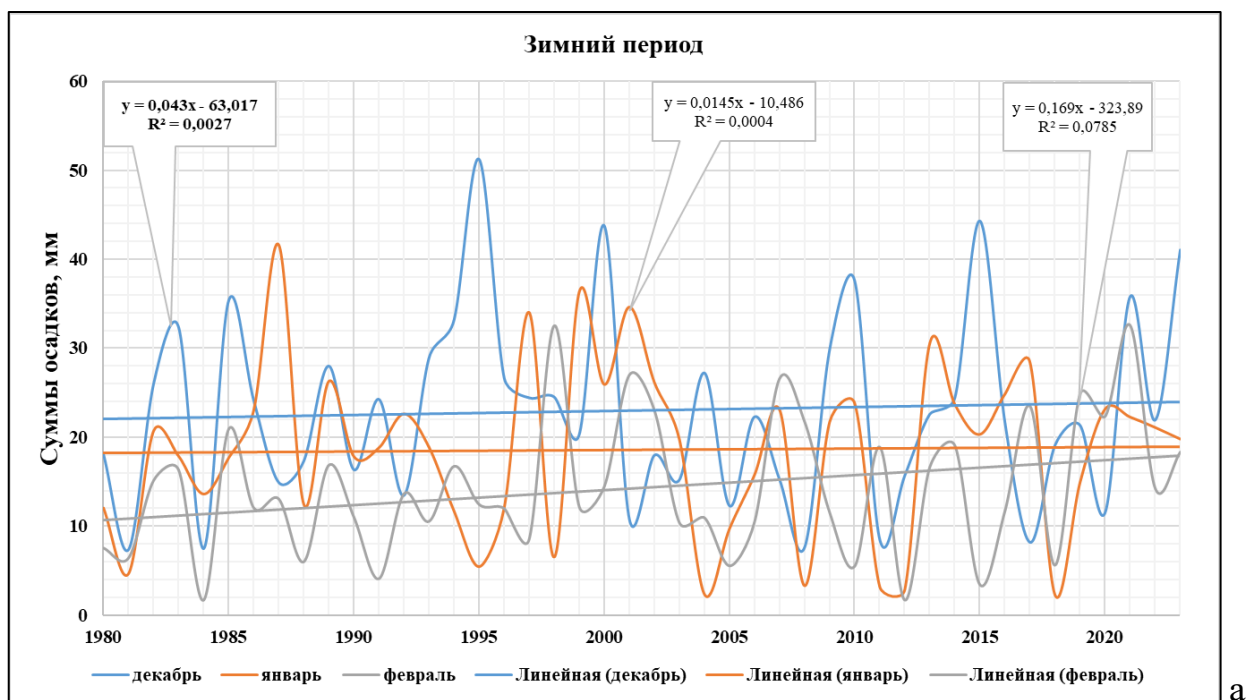
Рис. 12 - Доля обеспеченности винограда температурами выше 16⁰С в период цветения винограда

Атмосферные осадки

Проведенный анализ годовых сумм осадков показал слабую тенденцию к аридизации, за исключением отдельных метеорологических станций. На станции Звериноголовское наблюдается значимый тренд на увеличение годовых осадков. Исследование месячных сумм осадков показало, что в зимний период наблюдается слабое увеличение, наиболее существенное в феврале, где этот показатель составил 0,17 миллиметра в год. Весной не наблюдается существенных изменений, кроме марта, где скорость увеличения составляет

0,355 миллиметра в год. Летом в среднем по региону наблюдается снижение осадков, максимум в августе на 0,224 миллиметра в год и в сентябре на 0,426 мм в год. В остальные месяцы слабый тренд статистически не значимый.

Анализ долевого соотношения осадков по месяцам относительно нормы показал, что в декабре во второй выборке наблюдается увеличение на 5%, за 44 года 45% лет были с осадками выше нормы (см. рис. 13). Во второй выборке



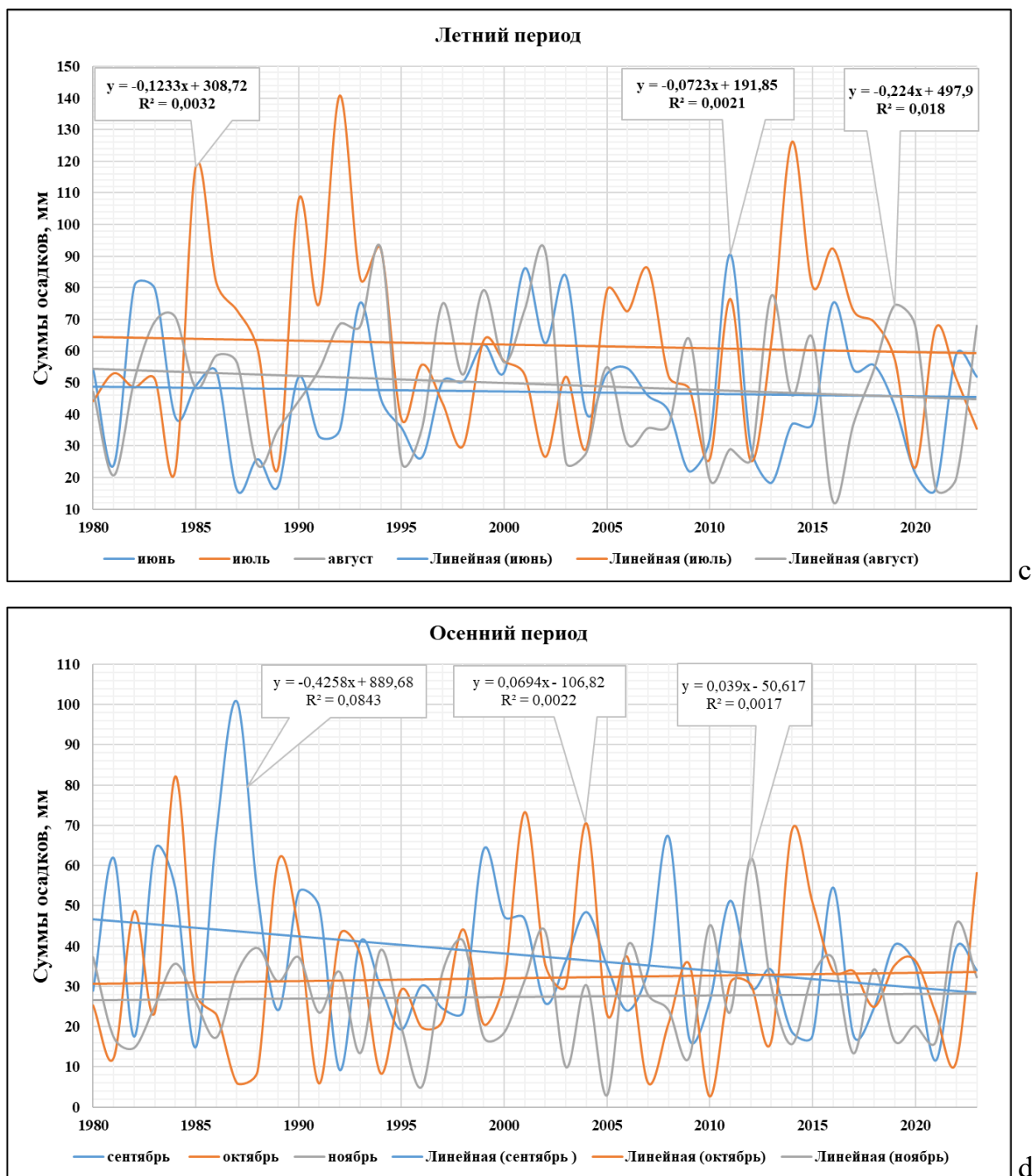


Рис. 13 - Изменение осадков за зимний(а); весенний(б); летний(с); осенний период(д) по десяти станциям

в январе на шестнадцать процентов, в феврале на пять процентов, в январе этот показатель составил тридцать четыре процента, а в феврале сорок пять процентов выше среднего. В весенний период также наблюдается увеличение доли осадков выше нормы. В марте доля выше нормы не изменилась, однако за 44 года 50% лет были с осадками выше нормы. В апреле и мае во второй выборке

доля выше нормы увеличилась на 5% (45% лет с осадками выше нормы). В июне изменений не наблюдается (50% лет с осадками выше нормы). В июле отмечен рост осадков выше нормы во второй выборке на 5% (45% лет с осадками выше нормы). В августе во второй выборке наблюдается уменьшение доли лет с осадками выше нормы на 2% (52% лет с осадками выше нормы).

Такие низкие показатели обеспеченности осадками выше нормы в летний период могут негативно сказаться на увлажнённости региона. Несмотря на заметный рост осадков выше нормы в самый жаркий месяц (июль), их количества недостаточно для естественного обеспечения потребностей винограда. В сентябре отмечен значительный рост лет с осадками выше нормы (увеличение во второй выборке на 9%), за 44 года 41% случаев обеспечены осадками выше нормы. В октябре также наблюдается рост лет с осадками выше нормы на 7% во второй выборке, месяц на 43% обеспечен осадками выше нормы. В ноябре заметно уменьшение доли лет с осадками выше нормы на 2%, при обеспеченности месяца на 52%.

Анализ агрометеорологических показателей является важным этапом для успешного развития виноградарства в Курганской области. Следует подчеркнуть, что годовой цикл развития винограда является ключевым элементом в установлении его успешного роста и урожайности. Умеренные широты формируют определённые условия для эффективного протекания процесса вегетации, который включает в себя период относительного покоя и период активной вегетации.

Вегетационный цикл винограда состоит из шести последовательных стадий, каждая из которых представляет собой определённый временной этап в развитии винограда, характеризующийся индивидуальным биологическим состоянием. Каждая стадия развития виноградной культуры требует определенных метеорологических условий, которые важны для обеспечения наилучшего роста и созревания ягод. Это подчеркивает значимость адаптации винограда к сменяющимся фазам в течение вегетационного периода [11], [12].

В данной главе будет проведен анализ агрометеорологических условий, характеризующих рост наиболее распространенных сортов винограда, предпочитаемых виноградарями Курганской области. К числу таких сортов относятся: Изабелла, Алёшенька, Двиевский, Мускат розовый, Поплавский и Кишмиш. Ниже приведена таблица 7, содержащая основные характеристики нескольких популярных сортов винограда, широко используемых в Курганской области. Эти характеристики включают в себя количество дней вегетации, зимостойкость, назначение сорта, сумму активных температур, группу сорта и устойчивость к болезням.

Таблица 7 - Основные характеристики наиболее популярных сортов винограда

	Изабелла	Алёшенькин	Двиевский	Мускат розовый	Поплавский	Кишмиш
Период созревания	150-180	110-118	115-120	110-140	105-115	160-170
Зимостойкость	-27-30	-19-22	-15-18	-15-18	-26-30	-15-18
Назначение сорта	столово-технический	столовый	столовый	столовый	столовый	столовый
Сумма активных температур	3100	2000	2400	2900	2200	3200
Группа сорта	поздний	сверхранний	раннего срока созревания	среднепоздний	очень ранний	среднепоздний
Устойчивость к болезням	среднеустойчивый	неустойчивый	высокая	неустойчивый	высокая	неустойчивый

3.1 Определение дат устойчивого перехода через 10⁰С весной и осенью. Анализ продолжительности вегетационного периода.

3.1.1. Установление сроков, значимого перехода температуры воздуха через отметку в 10⁰С весной.

Вегетационный период является определяющим фактором в процессе развития винограда и оказывает существенное влияние на его рост и формирование урожая. Длительность этого периода существенно влияет на способность сортов винограда адаптироваться к метеорологическим особенностям территории и определяет возможность получения качественного урожая в регионе.

Вегетационный период не является единственным фактором, влияющим на выбор сорта винограда, он играет решающую роль как первичный критерий при подборе сортов (см. таблицу 8). Понимание динамики изменения данного периода позволяет более точно подбирать оптимальные сорта винограда с учетом климатических и территориальных особенностей выбранных станций.

Таблица 8 - Классификация сортов винограда по срокам созревания

Сорт винограда по срокам созревания ягод	Число дней от распускания почек до полной зрелости ягод, днях
Сверхранний	90 - 105
Очень ранний	105 - 115
Ранний	115 - 125
Среднеранний	125 - 135
Средний	135 - 145
Среднепоздний	145 - 155
Поздний	155 - 165
Очень поздний	165 и более

Вегетационный период зависит от даты устойчивого перехода температуры через 10 °С весной и осенью. В работе для установления дат был использован метод Ф.Ф. Давитая. Метод Давитая широко используется в случаях, когда отсутствуют данные среднесуточных температур. Результаты расчёта устойчивого перехода температуры через 10 °С весной отображены в таблице 9.

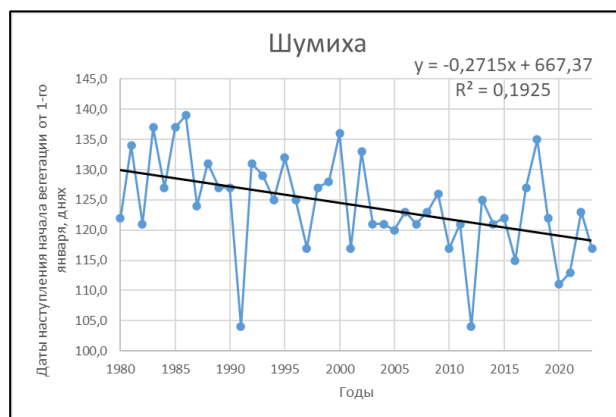
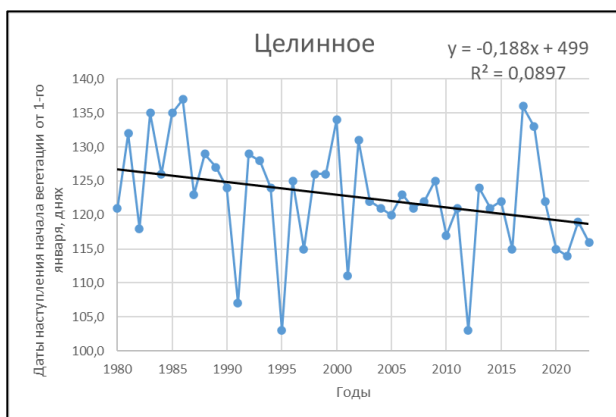
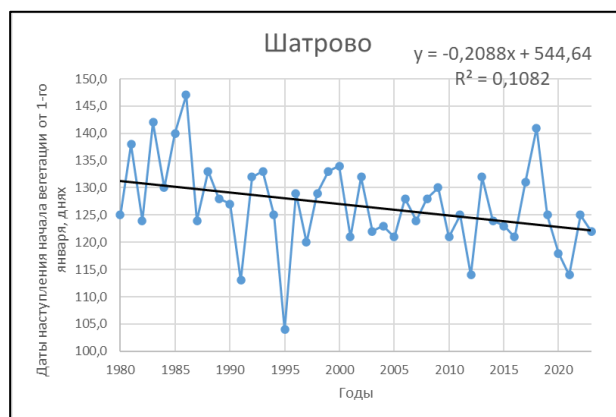
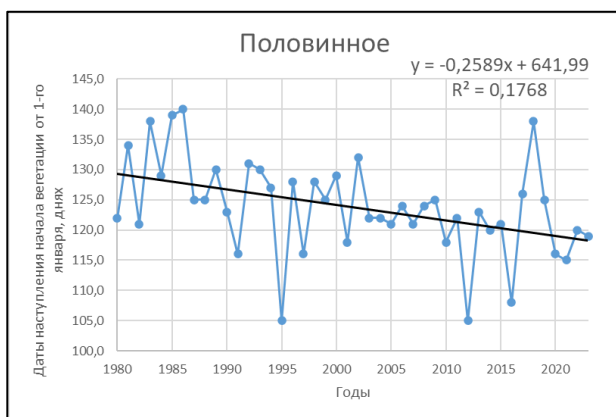
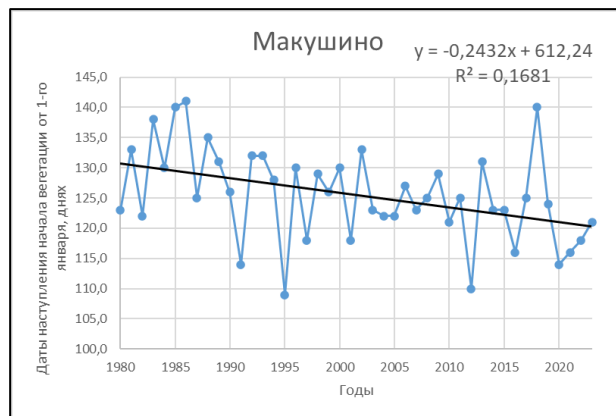
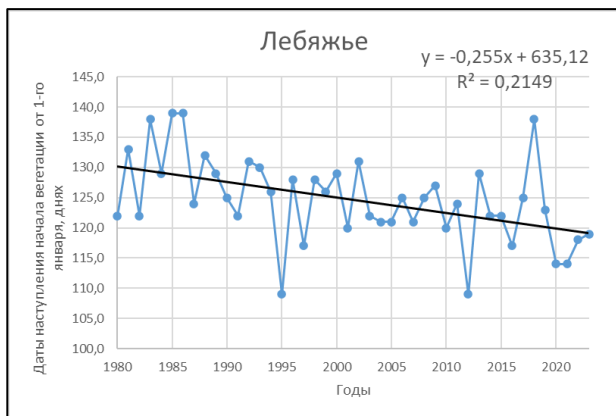
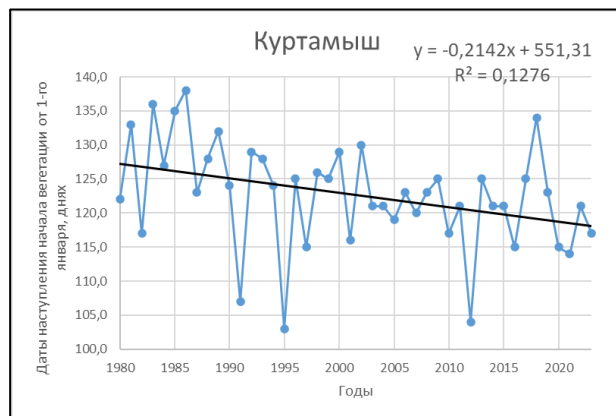
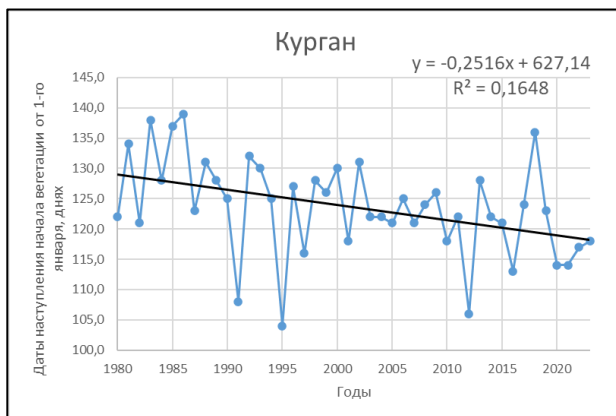
Таблица 9 - Даты начала вегетации по станциям Курганской области за период 1980-2023 гг.

Станции	Курган	Куртамыш	Лебяжье	Макушино	Половинное	Шатрово	Целинное	Шумиха	Звериноголовское	Шадринск
1980	3 май	3 май	3 май	3 май	2 май	6 май	2 май	3 май	30 апр	3 май
1981	15 май	14 май	14 май	13 май	14 май	19 май	13 май	15 май	11 май	15 май
1982	2 май	28 апр	3 май	2 май	1 май	5 май	29 апр	2 май	25 апр	1 май
1983	19 май	17 май	19 май	18 май	18 май	23 май	16 май	18 май	15 май	19 май
1984	9 май	8 май	10 май	10 май	9 май	11 май	7 май	8 май	7 май	10 май
1985	18 май	16 май	20 май	20 май	19 май	21 май	16 май	18 май	16 май	18 май
1986	20 май	19 май	20 май	21 май	20 май	28 май	18 май	20 май	16 май	22 май
1987	4 май	4 май	5 май	5 май	5 май	5 май	4 май	5 май	5 май	4 май
1988	12 май	9 май	13 май	15 май	5 май	14 май	10 май	12 май	7 май	13 май
1989	9 май	13 май	10 май	11 май	10 май	9 май	8 май	8 май	9 май	8 май
1990	6 май	5 май	6 май	6 май	3 май	8 май	5 май	8 май	2 май	9 май
1991	18 апр	18 апр	3 май	24 апр	26 апр	24 апр	18 апр	15 апр	20 апр	18 апр
1992	12 май	10 май	12 май	12 май	11 май	13 май	10 май	12 май	10 май	11 май
1993	10 май	9 май	11 май	12 май	10 май	14 май	9 май	10 май	10 май	10 май
1994	5 май	5 май	7 май	8 май	7 май	6 май	5 май	6 май	7 май	4 май
1995	14 апр	14 апр	20 апр	19 апр	15 апр	15 апр	14 апр	13 апр	13 апр	13 апр
1996	7 май	6 май	9 май	10 май	8 май	10 май	6 май	6 май	6 май	7 май
1997	26 апр	26 апр	28 апр	28 апр	26 апр	1 май	26 апр	28 апр	22 апр	28 апр
1998	8 май	7 май	9 май	9 май	8 май	10 май	7 май	8 май	7 май	9 май
1999	6 май	6 май	7 май	6 май	5 май	14 май	7 май	9 май	5 май	10 май

2000	10 май	10 май	10 май	10 май	9 май	15 май	15 май	17 май	2 май	16 май
2001	28 апр	27 апр	1 май	28 апр	28 апр	2 май	22 апр	28 апр	26 апр	28 апр
2002	11 май	11 май	12 май	13 май	12 май	13 май	12 май	14 май	10 май	13 май
2003	2 май	2 май	3 май	3 май	2 май	3 май	3 май	2 май	2 май	2 май
2004	2 май	2 май	2 май	2 май	2 май	4 май	2 май	2 май	2 май	2 май
2005	1 май	30 апр	2 май	2 май	1 май	2 май	1 май	1 май	2 май	28 апр
2006	5 май	4 май	6 май	7 май	4 май	9 май	4 май	4 май	3 май	5 май
2007	1 май	1 май	2 май	3 май	1 май	5 май	2 май	2 май	1 май	2 май
2008	4 май	4 май	6 май	5 май	4 май	9 май	3 май	4 май	3 май	5 май
2009	6 май	6 май	8 май	9 май	5 май	11 май	6 май	7 май	5 май	7 май
2010	28 апр	28 апр	1 май	1 май	28 апр	2 май	28 апр	28 апр	28 апр	28 апр
2011	2 май	2 май	5 май	5 май	2 май	6 май	2 май	2 май	2 май	3 май
2012	16 апр	15 апр	20 апр	20 апр	15 апр	25 апр	14 апр	15 апр	10 май	17 апр
2013	8 май	6 май	10 май	11 май	3 май	13 май	5 май	6 май	5 май	7 май
2014	2 май	2 май	3 май	3 май	30 апр	5 май	2 май	2 май	1 май	2 май
2015	1 май	2 май	3 май	3 май	1 май	4 май	3 май	3 май	2 май	1 май
2016	23 апр	26 апр	28 апр	26 апр	18 апр	2 май	26 апр	26 апр	26 апр	25 апр
2017	4 май	6 май	6 май	5 май	6 май	12 май	17 май	8 май	5 май	8 май
2018	16 май	15 май	19 май	20 май	18 май	22 май	14 май	16 май	14 май	17 май
2019	3 май	4 май	4 май	4 май	5 май	6 май	3 май	3 май	2 май	3 май
2020	24 апр	26 апр	25 апр	24 апр	26 апр	29 апр	26 апр	22 апр	25 апр	26 апр
2021	24 апр	25 апр	25 апр	26 апр	25 апр	25 апр	25 апр	24 апр	25 апр	23 апр
2022	27 апр	2 май	29 апр	28 апр	30 апр	6 май	30 апр	4 май	25 апр	3 май
2023	28 апр	28 апр	30 апр	1 май	29 апр	3 май	27 апр	28 апр	27 апр	27 апр

По данным таблицы 9. можно увидеть, что начиная с 2010 года тенденция устойчивого перехода смещалась в сторону апреля, а за последние 4 года почти все станции дают устойчивый переход в третье декаде апреля. Наблюдаемый тренд положительно влияет на виноград, так-как первая фаза активной вегетации начинается весной, когда температура стабильно превышает 10°C.

Зависимость дат от времени качественно отражает наблюдаемые изменения. Для построения графиков были использованы дни устойчивого перехода от первого января (рис. 14).



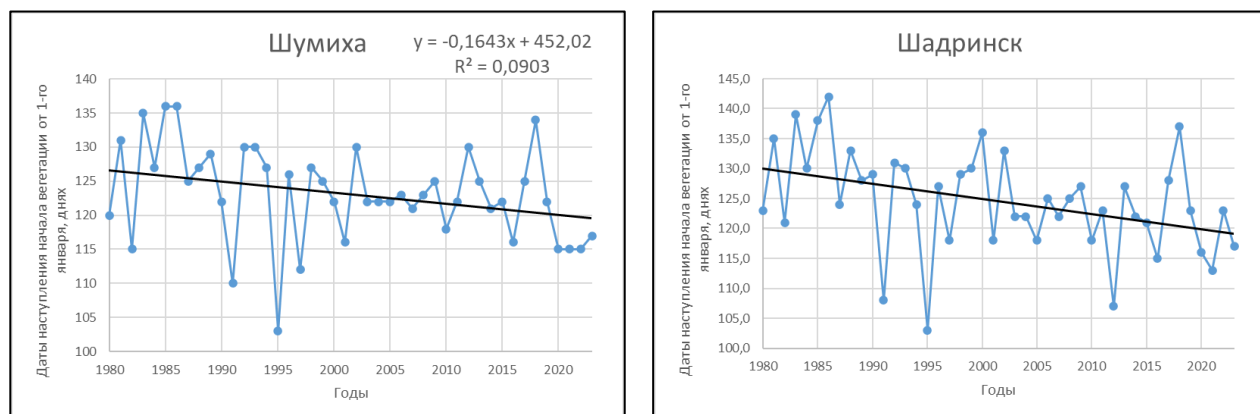


Рис. 14 - Даты перехода от первого января через 10 °С весной за период 1980-2023 гг.

Оценка значимости трендов, то-есть, существенен ли вклад тренда в изменчивость случайного процесса, является наиболее важным при оценке тренда. При проверке гипотезы о значимости результатов, был использован t-критерия Стьюдента, а также проведена оценка качества модели линейного тренда с помощью F-критерий Фишера. В качестве нулевой гипотезы было предположено, что коэффициенты при переменной α в линейной модели в одно и то же время равны нулю. Результаты показали, что при уровне доверия $\alpha=0,05$, тренд оказался значим на всех станциях по Стьюденту, то есть, нулевая гипотеза о равенстве средних не подтвердилась. Наблюдаемое значение на всех станциях превышает табличное (2,018) – имеет место тренд. Оценка тренда по Фишеру показала аналогичные результаты. Наблюдаемое значение на всех станциях превышает табличное (4,072) – дисперсии в выборках различны и имеет место тренд. По характеру линейного тренда можно понять, что наблюдается обратная зависимость параметра устойчивого перехода от года. Был рассчитан линейный показатель корреляции Пирсона. Наиболее слабая корреляция наблюдается на станции Целинное -0,30, сильная корреляция наблюдается на станции Лебяжье - 0,46.

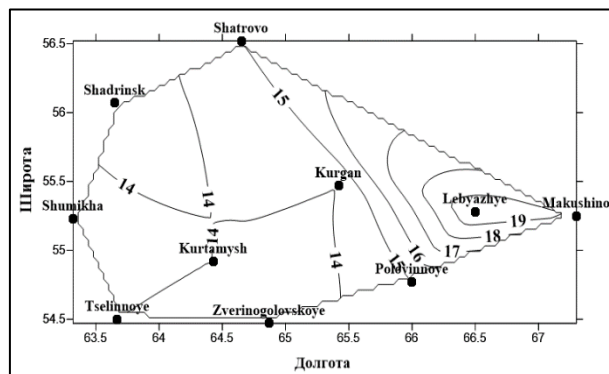
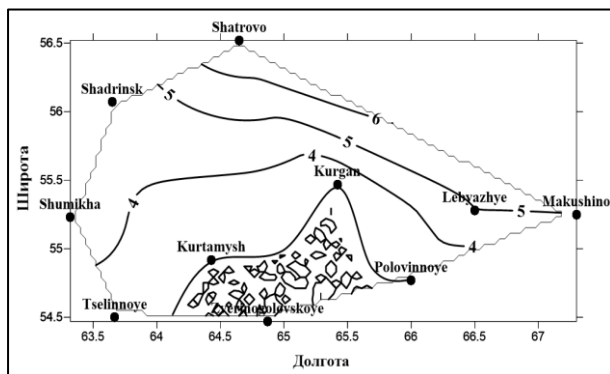
Показатель различий между средней нормой за период 1994–2023 гг. и средней многолетней 1980–2023 гг. имеет следующие показатели: от 13 дней в Звериноголовском до 22 дней в Шатрово. Анализ описательной статистики: σ

меняется от 7 до 8 дней, а R между самыми ранними и поздними датами 41 - 55 дней. Основные результаты анализа представлены в таблице 10. В таблице 10 содержатся данные о средних датах устойчивого перехода через +10 °С, рассчитанные на основе среднего многолетнего показателя для каждой станции, а также данные о самых ранних и поздних датах, их R и изменчивости. На рисунке 15 показано распределение дат осреднённых за последние 30 лет, из которого видно, что сначала средние даты перехода устанавливаются на S (Звериноголовское — 03.05), а затем перемещаются на N. Также видно, что юго-восточная часть быстрее реагирует на изменение устойчивого перехода.

Таблица 10 - Анализ весенних дат: переход температуры через +10 °С (1980–2023)

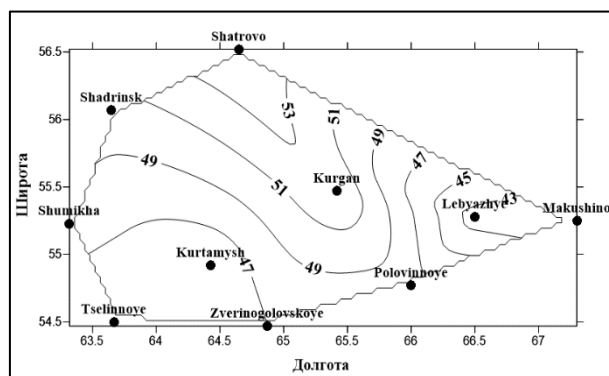
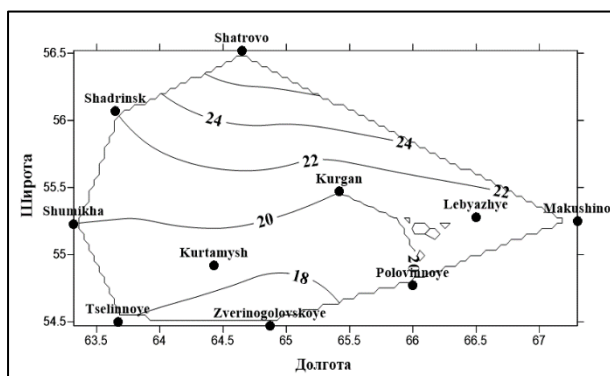
Станция	Средняя многолетняя Норма	Ранняя		Поздняя		Амплитуд а	σ
		дата	год	дата	год	Дни	
Курган	3 май	14 апр	1995	20 май	1986	53	8
Куртамыш	3 май	14 апр	1995	19 май	1986	45	8
Лебяжье	5 май	20 апр	1995 2012	20 май	1985 1986	42	7
Макушино	5 май	19 апр	1995	21 май	1986	41	8
Половинное	3 май	15 апр	1995 2012	20 май	1986	48	8
Шатрово	7 май	15 апр	1995	28 май	1986	55	8
Целинное	3 май	14 апр	1995 2012	18 май	1986	45	8
Шумиха	5 май	13 апр	1995	20 май	1986	48	8
Звериного- ловское	3 май	13 апр	1995	16 май	1985 1986	47	7
Шадринск	4 май	13 апр	1995	22 май	1986	50	8

Северная станция Курганской области одной из последних входит в фазу активной вегетации и как видно из рисунка 15(а), задержка фазы составляет 4 дня. Не смотря на наблюдаемую неоднородность в средней многолетней дате наступления вегетационного периода, в среднем, этот период приходится на первую декаду мая.



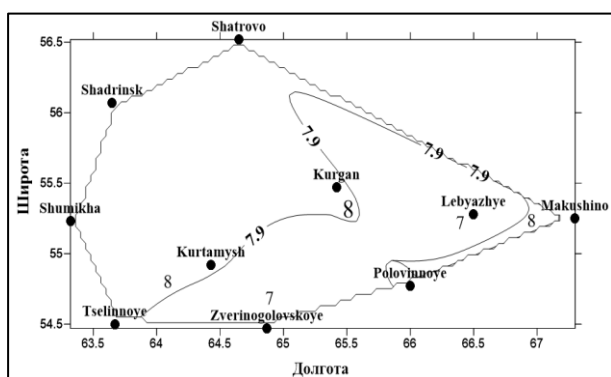
а

б



в

г



д

Рис. 15 - Весенние даты устойчивого перехода температуры воздуха через 10°C в период 1980-2023 гг.: среднее многолетнее (а); ранние даты перехода (все даты за апрель) (б); поздние даты перехода (все даты за май) (в); размах вариаций R (г); СКО (в днях) (д).

Рис. 15(б) отражает пространственное распределение наиболее ранних дат на каждой станции за исследуемый период. Наиболее ранние даты устойчивого перехода наблюдаются на юго-западе и северо-западе региона. Изолинии не однородны и имеют сложную структуру перехода. Минимальные даты наблюдаются на станциях: Шадринск, Куртамыш, Целинное, Звериноголовское и Курган. По мере продвижения на восток, устойчивый переход замедляется.

Станция Лебяжье позднее всех станций регистрирует дату перехода через $+10^{\circ}\text{C}$ (20.04), задержка составляет 6 дней.

Поздний переход температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$ (рис. 15(в)) отражает схожую со средними многолетними датами тенденцию. На станции Звериноголовское (16.05) и по мере продвижения на север увеличивается дата позднего перехода, достигая максимума на станции Шатрово (28.05). Станции Звериноголовское, Целинное, Половинное, Куртамыш, Шумиха, Курган и Лебяжье демонстрируют поздний переход во второй декаде. Станция Шадринск входит в эту фазу в начале третьей декады мая, в то время как Шатрово фиксирует устойчивый переход только в конце третьей декады.

Р самых ранних дат перехода представлена на рисунке 15(г). Изолиния = 50 дням, делит область на N и S. К N от изолинии R колеблется от 55 дней в Шатрово до 50 дней в Шадринске. Южнее 50 изолинии R была в пределах от 48 дней в Шумихе и Половинное до 42 в Макушино. Значение σ составляет 7–8 дней (рис. 15(д)).

Не смотря на очевидные тенденции к устойчивому смещению даты устойчивого перехода на более ранние сроки, для лучшего понимания внутрирядовой изменчивости были проанализированы на всех станциях статистические показатели двух выборок, первая 1980-2021, вторая 2002-2023 гг. Результаты анализа показали, что средняя и медиана второй выборки на всех станциях кроме Кургана, Половинное и Шатрово равны, то есть, вторая выборка по отношению к первой имеет нормальное распределение случайной величины. Вариативность показателей также упала. Размах вариации второй выборки упал, максимальная разница наблюдается на станции Шатрово 16 дней, минимальная в Лебяжье 1 день, в среднем по области R упал на 6 дней. Коэффициент осцилляции также уменьшился, максимальную изменчивость этого параметра показывает станции Шатрово 12% и Звериноголовское 11%, на станции Лебяжье наблюдается небольшой рост 0,2%, на остальных станциях видна небольшая тенденция к уменьшению $\bar{R}$. В среднем по области $\bar{R}$ уменьшился на 4%. Не смотря на изменения $\bar{R}$ в сторону уменьшения колебаний относительно среднего,

почти на всех станциях, за исключением Лебяжье, где $\bar{R}=16\%$, этот показатель остаётся существенно высоким и свидетельствует о существенной вариативности в данных. Показатели σ (СКО) подтверждают сказанное выше. Во второй выборке на всех станциях наблюдается тенденция к уменьшению σ . Максимальное уменьшение наблюдается в Звериноголовском σ уменьшилось на 4 дня, что составляет долю отклонения от среднего 2,8% и составило в среднем 5 дней ($V_x = 4\%$) во второй выборке. Минимальное изменение наблюдается в Лебяжье, где уменьшение σ составило 1 день, где доля среднего значения от величины составило 0,6% и в среднем во второй выборке 6 дней ($V_x = 5\%$). Если анализировать в целом, то можно сказать, что так как $V_x < 33\%$, то выборка является статистически однородной. Показатели эксцесса и асимметрии, которые отвечают за форма функции распределения в идеале должны быть равны нулю или ± 1 , только тогда мы можем говорить, что наши данные соответствуют нормальному закону распределения случайной величины. В первой выборке на всех станциях показатель асимметрии имеет левую асимметрию (в среднем $-0,75$) — преобладающая часть данных была сосредоточена в левой части распределения, а правый хвост был более длинным. Во второй выборке на всех станциях наблюдается значительное уменьшение показателя A_x (в среднем $-0,09$) — наблюдается уменьшение количества значений "левее" среднего значения. Рост эксцесса с 0,91 до 1,46 говорит о том, что распределение значений даты устойчивого перехода через 10^0C стало более "тяжелым", с более выраженными "хвостами". Это может быть связано с увеличением частоты как ранних, так и поздних переходов температуры через 10^0C . Возможными причинами существенных изменений некоторых параметров могут быть: изменение среднемесячной температуры воздуха в важные для начала вегетации месяцы (апрель-май) [см. выводы, сделанные в разделе "Анализ температурного режима в период вегетации"]. Активная застройка и расширение городских территорий, оказывает существенное влияние на повышение температуры воздуха, что приводит к смещению даты начала активной вегетации на более ранние сроки. На основании выявленных фактов

можно сделать вывод, что наблюдается тенденция изменения сроков начала вегетации, что благоприятно сказывается на росте и более раннем созревании винограда. Однако, как уже было сказано в начале главы, в анализе нужно учитывать множество других факторов, которые могут влиять на виноград. Делать вывод о снижении рисков заморозков в период цветения и плодоношения пока не приходится. Дополнительный анализ перехода в осенний период и изучение сезонной активности винограда помогут получить более точное представление о наблюдаемых тенденциях.

3.1.2. Установление сроков, значимого перехода температуры воздуха через отметку в 10°C осенью.

Переход $T_{\text{воз}}$ через 10°C осенью свидетельствует о прекращении периода активной вегетации и подготовки винограда к перезимовке. Полученные данные об устойчивом переходе осенью (см. таблицу 11) очень важны не только для виноградарей, но и для фермеров и садоводов. Они могут использовать эту информацию для планирования времени сбора урожая, подготовки почвы к зиме и защиты растений от ранних заморозков. Переход $T_{\text{воз}}$ через 10 °C может сигнализировать о наступлении осеннего периода, что важно для оптимального управления сельскохозяйственными процессами.

Таблица 11 - Даты конца вегетации по станциям Курганской области с 1980-2023 гг.

Год	Курган	Куртамыш	Лебяжье	Макушино	Половинное	Шатрово	Целинное	Шумиха	Звериноголовское	Шадринск
1980	20 сен	20 сен	19 сен	21 сен	20 сен	15 сен	19 сен	19 сен	24 сен	17 сен
1981	21 сен	21 сен	20 сен	20 сен	21 сен	16 сен	20 сен	21 сен	25 сен	20 сен
1982	20 сен	22 сен	20 сен	22 сен	20 сен	18 сен	21 сен	20 сен	25 сен	20 сен
1983	6 сен	11 сен	10 сен	11 сен	10 сен	7 сен	10 сен	11 сен	11 сен	9 сен
1984	13 сен	13 сен	14 сен	13 сен	13 сен	9 сен	13 сен	12 сен	16 сен	12 сен
1985	19 сен	20 сен	18 сен	24 сен	18 сен	17 сен	19 сен	19 сен	20 сен	20 сен
1986	14 сен	15 сен	14 сен	14 сен	15 сен	8 сен	14 сен	14 сен	17 сен	11 сен
1987	15 сен	14 сен	15 сен	16 сен	15 сен	6 сен	14 сен	13 сен	16 сен	14 сен
1988	20 сен	20 сен	20 сен	20 сен	20 сен	19 сен	20 сен	20 сен	24 сен	20 сен
1989	17 сен	17 сен	17 сен	17 сен	20 сен	13 сен	17 сен	17 сен	19 сен	17 сен
1990	17 сен	17 сен	16 сен	17 сен	21 сен	17 сен	16 сен	17 сен	19 сен	15 сен
1991	28 сен	27 сен	21 сен	28 сен	30 сен	27 сен	27 сен	26 сен	1 окт	25 сен

1992	12 сен	14 сен	11 сен	9 сен	11 сен	9 сен	15 сен	16 сен	14 сен	15 сен
1993	8 сен	7 сен	8 сен	8 сен	8 сен	5 сен	6 сен	6 сен	8 сен	7 сен
1994	21 сен	22 сен	19 сен	20 сен	20 сен	19 сен	20 сен	25 сен	22 сен	25 сен
1995	21 сен	22 сен	21 сен	22 сен	22 сен	20 сен	21 сен	23 сен	25 сен	22 сен
1996	11 сен	12 сен	9 сен	9 сен	12 сен	2 сен	12 сен	12 сен	16 сен	8 сен
1997	2 окт	1 окт	28 сен	29 сен	2 окт	26 сен	30 сен	1 окт	5 окт	28 сен
1998	13 сен	13 сен	12 сен	13 сен	14 сен	9 сен	13 сен	14 сен	16 сен	10 сен
1999	17 сен	19 сен	16 сен	18 сен	20 сен	10 сен	18 сен	19 сен	24 сен	15 сен
2000	14 сен	18 сен	15 сен	15 сен	15 сен	11 сен	14 сен	14 сен	16 сен	13 сен
2001	18 сен	14 сен	17 сен	13 сен	16 сен	16 сен	17 сен	17 сен	19 сен	18 сен
2002	23 сен	23 сен	21 сен	21 сен	23 сен	19 сен	23 сен	22 сен	25 сен	22 сен
2003	24 сен	24 сен	23 сен	24 сен	25 сен	20 сен	24 сен	19 сен	24 сен	25 сен
2004	21 сен	22 сен	20 сен	20 сен	24 сен	16 сен	23 сен	22 сен	26 сен	20 сен
2005	21 сен	22 сен	20 сен	22 сен	22 сен	18 сен	21 сен	24 сен	20 сен	22 сен
2006	24 сен	21 сен	22 сен	22 сен	23 сен	20 сен	20 сен	19 сен	19 сен	24 сен
2007	25 сен	25 сен	24 сен	25 сен	26 сен	19 сен	25 сен	26 сен	27 сен	23 сен
2008	10 сен	10 сен	10 сен	9 сен	11 сен	6 сен	10 сен	10 сен	12 сен	9 сен
2009	27 сен	26 сен	23 сен	24 сен	25 сен	23 сен	25 сен	26 сен	26 сен	27 сен
2010	23 сен	23 сен	21 сен	21 сен	20 сен	17 сен	22 сен	23 сен	24 сен	22 сен
2011	29 сен	28 сен	27 сен	29 сен	30 сен	23 сен	29 сен	28 сен	1 окт	28 сен
2012	25 сен	24 сен	23 сен	24 сен	25 сен	19 сен	23 сен	22 сен	25 сен	23 сен
2013	20 сен	25 сен	18 сен	19 сен	22 сен	15 сен	20 сен	20 сен	21 сен	20 сен
2014	12 сен	12 сен	12 сен	12 сен	13 сен	9 сен	11 сен	12 сен	13 сен	11 сен
2015	19 сен	19 сен	17 сен	17 сен	20 сен	17 сен	20 сен	19 сен	20 сен	20 сен
2016	20 сен	20 сен	20 сен	20 сен	21 сен	17 сен	24 сен	19 сен	20 сен	20 сен
2017	15 сен	17 сен	15 сен	14 сен	16 сен	11 сен	23 сен	16 сен	19 сен	15 сен
2018	20 сен	24 сен	22 сен	22 сен	23 сен	20 сен	24 сен	24 сен	25 сен	25 сен
2019	14 сен	14 сен	14 сен	17 сен	14 сен	10 сен	12 сен	12 сен	15 сен	13 сен
2020	20 сен	19 сен	18 сен	19 сен	18 сен	16 сен	19 сен	19 сен	20 сен	20 сен
2021	15 сен	14 сен	14 сен	14 сен	13 сен	11 сен	15 сен	14 сен	15 сен	9 сен
2022	24 сен	23 сен	22 сен	22 сен	23 сен	16 сен	21 сен	20 сен	25 сен	23 сен
2023	27 сен	25 сен	25 сен	26 сен	26 сен	23 сен	24 сен	25 сен	26 сен	27 сен

По данным таблицы 11, можно увидеть, что конец периода вегетации в большинстве случаев приходится на сентябрь месяц. Осенняя дата конца вегетационного периода относительно стабильна по сравнению с весенней. Это объясняется тем, что на неё в основном влияют астрономические факторы. Например, по мере того, как Земля вращается вокруг своей оси, солнце освещает разные зоны поверхности планеты всё меньше в течение дня. Постепенно это приводит к снижению количества получаемого солнечного света, что оказывает непосредственное влияние на температуру и фотосинтез, необходимые для роста и развития винограда. Уменьшение продолжительности дня и угла падения

солнечных лучей приводит к увеличению ночной температуры, что может приводить к заморозкам. Заморозки, в свою очередь, являются наиболее губительным и опасным явлением погоды для винограда. Именно поэтому устойчивый переход через $+10^{\circ}\text{C}$ ознаменует окончание вегетационного периода винограда и других теплолюбивых растений.

Для лучшего понимания изменения исследуемого параметра, используя данные, представленные в таблице 11 были построены графики хода дат устойчивого перехода температуры через 10°C весной по станциям Курганской области (рис. 16).



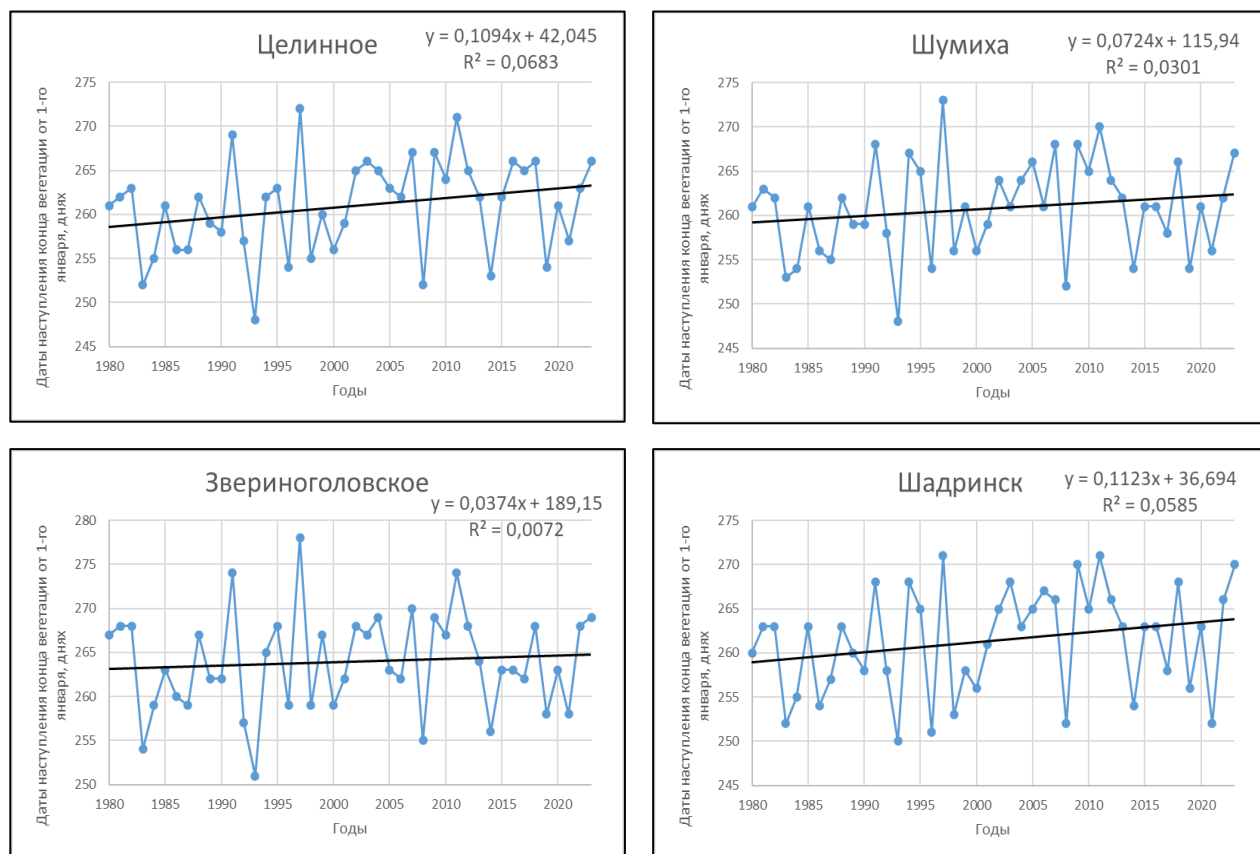


Рис. 16 - Даты устойчивого перехода температуры воздуха через 10°C осенью за период 1980-2023 гг.

Несмотря на низкий коэффициент детерминации R^2 на всех станциях, была проведена оценка значимости трендов, то есть, определено, существенен ли вклад тренда в изменчивость изучаемого процесса. При проверке гипотезы о значимости результатов, как в случае анализа трендов весенних дат устойчивого перехода (см. пункт 3.1.1), использовался t-критерий Стьюдента, а также проведена оценка качества модели линейного тренда с помощью F-критерия Фишера. В качестве нулевой гипотезы было предположено, что коэффициенты при переменной α в линейной модели в одно и то же время равны нулю. Результаты показали, что при уровне значимости $\alpha=0,05$, тренд оказался незначим на всех станциях по Стьюденту и по Фишеру, то есть, нулевая гипотеза о равенстве средних и дисперсий подтвердилась. Низкий уровень значимости трендов свидетельствует о том, что изменения в изучаемом процессе, вероятно, не являются следствием линейных тенденций в рассматриваемом периоде. На всех графиках в начале периода осреднения с 1980-1989 до 1992-2001 год

наблюдается легкий рост и падание, при этом амплитуды изменения не значительны. Однако, начиная с 1992-2001 наблюдается интенсивный рост в сторону увеличения изучаемого параметра. Однако, с 2003-2012 годы наблюдается резкий спад, который достигает своего пика в 2012-2021 года. После, наблюдается опять небольшой рост. Поведение функции лучше всего описывается полиномом 2 степени. В целом, по графикам можно сказать, что даты устойчивого перехода хоть и имеют тренд на повышение, прослеживается существенное увеличение амплитуды колебаний, а значит о точном прогнозировании говорить не приходится. Полученные данные не дают чёткого ответа о поведении ряда наблюдений.

На рис. 16 видно, что линейный тренд имеет прямую зависимость, то есть, мы наблюдаем незначительное увеличение устойчивого перехода. Был рассчитан линейный показатель корреляции Пирсона. Стационарность, то есть, постоянство во времени дисперсии и средних выборок, является наиболее важным определением случайного процесса. Наиболее распространенным и простым способом проверки постоянства является статистические гипотезы о равенстве выборочных дисперсий и средних. В качестве критерия для проверки стационарности служат параметрические критерии Фишера и Стьюдента. Во всех случаях нулевая гипотеза о равенстве дисперсий и средних была принята. Наблюдаемые значения не превышают табличные – тренд не значим. Наиболее сильный коэффициент корреляции наблюдается на станции Курган ($\text{cor}=0,30$). Станция Звериноголовская показывает минимальную изменчивость ($\text{cor}=0,09$) показателя устойчивого перехода во времени.

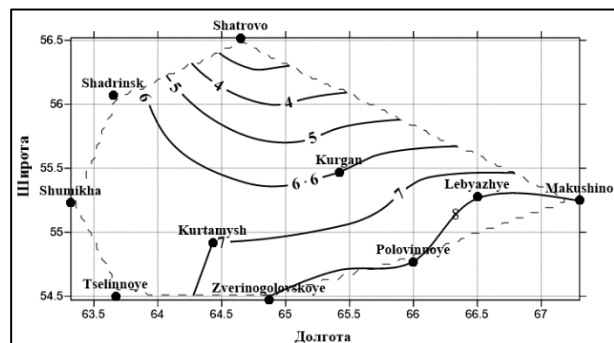
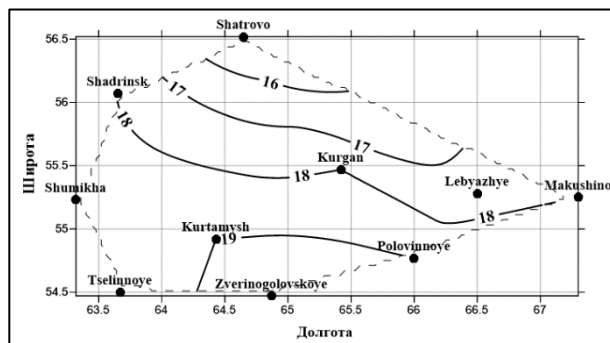
Показатель различий между средней нормой за период 1994–2023 гг. и средней многолетней 1980–2023 гг. имеет следующие показатели: от 10 дней в Лебяжье до 14 дней в Звериноголовское. Анализ описательной статистики: σ меняется от 5 до 6 дней, а R между самыми ранними и поздними датами 20 – 27 дней. Основные результаты анализа представлены в таблице 12. В таблице 12 содержатся данные о средних датах устойчивого перехода через $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$, рассчитанные на основе среднего многолетнего показателя для каждой станции,

а также данные о самых ранних и поздних датах, их R и изменчивости. На рисунке 17 показано распределение дат осреднённых за последние 30 лет, из которого видно, что сначала средние даты перехода устанавливаются на N (Шатрово – 15.9), а затем перемещаются на S. В среднем по области, на станции Звериноголовское зафиксированы самые поздние даты устойчивого перехода. (20.09). Аналогичная картина прослеживалась при анализе дат устойчивого перехода весной, то есть, мы наблюдаем почти зеркальное поведение дат.

Таблица 12 - Анализ осенних дат: переход температуры через +10 °C (1980–2023)

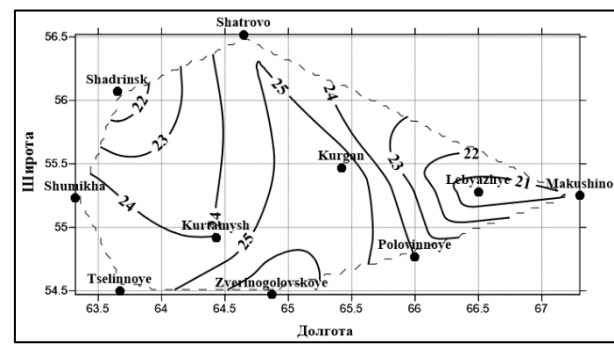
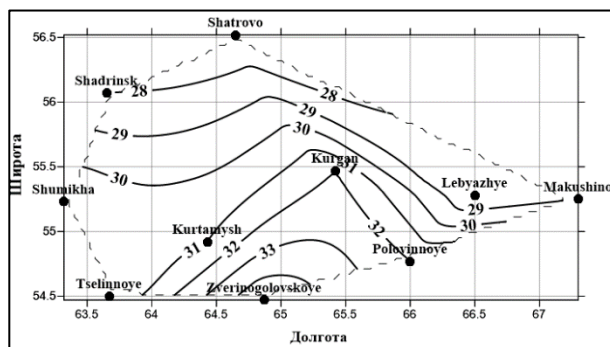
Станция	Норма	Ранняя		Поздняя		Амплитуда	σ
		дата	год	дата	год		
Курган	18 сен	6 сен	1983	2 окт	1997	26	6
Куртамыш	19 сен	7 сен	1993	1 окт	1997	24	5
Лебяжье	17 сен	8 сен	1993	28 сен	1997	20	5
Макушино	18 сен	8 сен	1993	29 сен	1997 2011	21	5
Половинное	19 сен	8 сен	1993	2 окт	1997	24	6
Шатрово	15 сен	2 сен	1996	27 сен	1991	25	6
Целинное	18 сен	6 сен	1993	30 сен	1997	24	5
Шумиха	18 сен	6 сен	1993	1 окт	1997	25	5
Звериноголовское	20 сен	8 сен	1993	5 окт	1997	27	6
Шадринск	18 сен	7 сен	1993	28 сен	1997 2011	21	6

Северная станция Курганской области – Шатрово, одной из последних входит в фазу активной вегетации и одной из первых из неё выходит. Как видно из рисунка (а), наиболее ранний выход из фазы составляет 5 дней. В среднем, дата прекращения активной вегетации винограда в Курганской области наблюдается во 2 декаде сентября.



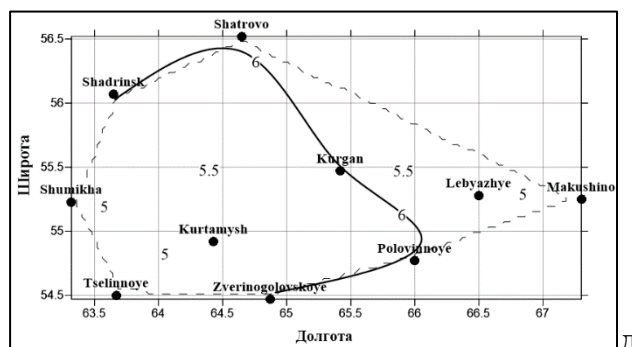
а

б



в

г



д

Рис. 17 – Динамика устойчивого перехода температуры воздуха на границе 10^0C для осенних дат в период 1980-2023 гг.: среднее многолетнее (все даты за сентябрь) (а); ранние даты перехода (от 1 сентября) (б); поздние даты перехода (от 1 сентября) (в); размах вариаций R (г); СКО (в днях) (д).

Графическое изображение, представленное на рисунке 17(б) отражает данные о самых ранних переходах температуры воздуха через $+10^0\text{C}$ осенью. Наиболее ранние даты выхода из фазы активной вегетации наблюдаются на севере региона (Шадринск). Изолинии однородны и имеют хорошо выраженный градиент с севера на юг. Станции Звериноголовское, Половинное, Лебяжье и Макушино позднее всех регистрирует дату перехода через $+10^0\text{C}$ (8.09), задержка составляет 6 дней.

На рис. 17(в), видно, что даты наиболее поздних выходов из вегетационного периода демонстрируют северные, частично северо-западные и северо-восточные станции, минимум наблюдается в Шатрово (27.09). Средняя изолиния поздних дат (1.10) проходит чуть севернее Кургана. По мере приближения к самой южной станции можно увидеть сгущение изолиний, которые свидетельствуют о более существенных и резких датах перехода. Максимум достигается на станции Звериноголовское (5.10). По рисунку также можно заметить, что на всех станциях находящиеся выше 30.09 изолинии (Шатрово, Шадринск, Лебяжье и Макушино) даты устойчивого перехода регистрировались только в третьей декаде сентября.

Амплитуда колебаний между наиболее ранними и поздними датами устойчивого перехода через $+10^{\circ}\text{C}$ представлена на рисунке 17(г). Размах вариаций на территории Курганской области очень неоднороден. Максимальные размахи в наблюдаемом параметре наблюдаются на станции Звериноголовское (27 дней). Изолиния с амплитудой колебаний в 25 дней имеет очень вытянутую форму и доходит до самой северной станции Шатрово. Получается, что наибольшим колебаниям подвержены станции в районе реки Тобол, который вероятнее всего вносит вклад в даты устойчивого перехода. Наименьшие амплитуды наблюдаются на станциях Шадринск (21 день), Макушино (21 день) и Лебяжье (21 день). В отличие от весенних дат, показатели вариативности R осенних дат свидетельствуют об очень неустойчивом изменении даты наступления осеннего перехода. Такие показатели R свидетельствуют о сложностях в прогнозировании дат устойчивого перехода и, как следствие, могут оказать существенное влияние на безопасное выращивание винограда. Среднее квадратическое отклонение дат перехода $T_{\text{воз}}$ через $+10^{\circ}\text{C}$ осенью составляет 5–6 дней (рис. 17(д)). СКО подтверждает слова, сказанные выше; возможно, вклад более существенного R и СКО вносит крупная артерияльная река Тобол, а также нахождение станций в более низких, по сравнению с другими станциями, зонах.

Как и в случае с весенними датами для лучшего понимания внутрирядовой изменчивости осенних дат были проанализированы на всех станциях

статистические показатели двух выборок, первая 1980-2021, вторая 2002-2023 гг. Результаты анализа показали, что средняя и медиана первой и второй выборки равны, но не на всех станциях. Данные показатели не понесли существенных изменений. Среднее минимальное (Шатрово = 256 и 259) и максимальное (Звериноголовское 263 и 265) значение двух величины выборок не поменялось. X_{max} второй выборки уменьшился в среднем на 2 дня, максимальное уменьшение наблюдается на станции Шатрово (4 дня) и Звериноголовское (4 дня), минимальное на станциях Макушино (0 дней) и Шадринск (0 дней). X_{min} второй выборки увеличилось в среднем на 3 дня, максимальное уменьшение наблюдается на станции Курган (5 дней), минимальное уменьшение на станции Макушино (1 день). В среднем по области, даты устойчивого перехода во второй выборке происходят позже. Показатель вариативности выборки R показывает, что длина вариаций значений случайной величины упала в среднем по области на 5 дней ($\bar{R}=2\%$). Максимальное уменьшение можно увидеть на станции Курган, Шатрово и Звериноголовское, где $R=8$ дней ($\bar{R}=3\%$). Минимальное уменьшение регистрируется на станции Макушино ($R=1$ день, $\bar{R}=0,5\%$). Колебания изучаемого параметра не превышает 20%, что свидетельствует о незначительном отклонении вариации случайной величины от средней. Эти выводы также подтверждаются показателем σ , который в среднем по области уменьшился на 0,85. Максимальное σ наблюдается на станции Шатрово в первой выборке (7 дней) и во второй выборке Шадринск (6 дней). Максимальное уменьшение σ на станции Шатрово (2 дня), минимальное, в Шадринске (0 дней). V_x в среднем по области показатель уменьшился на составила 0,4%. Максимальная разность составила 0,8% на станции Шатрово, минимальная на станции Лебяжье 0,1%. Доля V_x на всех станциях в первой и второй выборке не превышает 10%, это означает, что данные имеют низкую степень изменчивости относительно среднего значения, что подтверждает стабильность и предсказуемость данных. Положительные значения A_x в первой выборке указывают на то, что данные сконцентрированы слева от среднего значения, при этом правый «хвост» длиннее. Вторая выборка имеет отрицательные значения

A_x , что говорит о правосторонней концентрации большинства значений относительно среднего значения, при этом, левый «хвост» распределения более выраженный и длинный. На всех станциях наблюдается снижение асимметрии во второй выборке по сравнению с первой. Такая тенденция указывает на менее симметричное распределение данных во второй период. Наибольшее снижение асимметрии отмечается на станциях Куртамыш (1,35), Половинное (1,26) и Целинное (1,46), что указывает на более асимметричные распределения данных на этих станциях во второй период. Наименьшее снижение асимметрии наблюдается на станциях Лебяжье (0,83) и Звериноголовское (0,83). Как уже было сказано в пункте 3.1.1, при нормальном законе распределения показатели A_x и E_x должны быть равны нулю, но, как и в случае A_x , так и E_x эти показатели не равны нулю. Положительные значения эксцесса в первой выборке указывают на наличие более крутых и более высоких "пиков" в распределении данных. Этот факт подтверждает, что распределение имеет более выраженные пики на всех станциях кроме Макушино, где $E_x = -0,45$, Шатрово ($E_x = -0,42$) и Шадринске ($E_x = -0,62$). Вторая выборка характеризуется отрицательными или около нулевыми значениями эксцесса, что указывает на более плоское распределение данных с менее выраженными "пиками". Например, станция Куртамыш имеет ($E_x = 0$). На большинстве станций наблюдается снижение эксцесса во второй выборке по сравнению с первой. Это указывает на более плоские распределения данных во втором периоде.

Конечным этапом анализа устойчивого перехода дат через 10 °C осенью, проводилась оценка возможного «сдвига» в статистических характеристиках окончания вегетации по результатам двух выборок. Для этой цели был применён статистический тест, оценивающий значимость обнаруженных различий. Согласно статистической теории, если произошли изменения, то объект изменился, и данные в начале наблюдений отличаются от данных в конечном периоде. Первый период измерений охватывал 22 года (с 1980 по 2001 год), второй период - последние 22 года (с 2002 по 2023 год). Основная гипотеза предполагает, что средние значения на начальном и конечном периодах равны,

что подразумевает проверку того, что разница между средними равна нулю. Альтернативная гипотеза заключается в том, что средние значения отличаются, что подразумевает проверку гипотезы о том, что разница между средними не равна нулю. При этом данные, относящиеся к начальному и конечному периодам, рассматривались как самостоятельные, независимые выборки. Для проверки гипотезы о различии средних в двух выборках использовался t-критерий Стьюдента для случая различных дисперсий (см. таблицу 13)

Таблица 13 - Результаты оценки двухвыборочного t-теста для независимых выборок с различными дисперсиями

	Объем выборки N1	Объем выборки N2	Количество степеней свободы N1+N2-2	уровень значимости	Дисперсия выборки (σ_1)	Дисперсия выборки (σ_2)	Среднее значение за 1980-2001	Среднее значение за 2002-2023	t - статистика (наблюдаемое)	t - статистика (табличное)	p-value	Вывод	ΔX
Курган	22	22	42	0,05	36,2	25,4	260	264	2,49837	2,01954	0,01657	значимы	4,2
Куртамыш					30,1	23,2	260	263	2,07220	2,01954	0,04457	значимы	3,2
Лебяжье					22,1	19,3	258	262	2,35393	2,01808	0,02332	значимы	3,2
Макушино					34,0	23,1	260	263	1,80620	2,01954	0,07823	незначимы	2,9
Половинное					34,2	24,7	261	264	1,94408	2,01954	0,05876	незначимы	3,2
Шатрово					43,5	21,8	256	259	1,74173	2,02439	0,08964	незначимы	3,0
Целинное					28,4	23,5	259	263	2,42761	2,01808	0,01956	значимы	3,7
Шумиха					31,8	23,8	260	262	1,57338	2,01954	0,12331	незначимы	2,5
Зверноголовское					39,3	24,3	263	265	0,96220	2,02107	0,34172	незначимы	1,6
Шадринск					33,1	31,5	259	263	2,30792	2,01808	0,02599	значимы	4,0

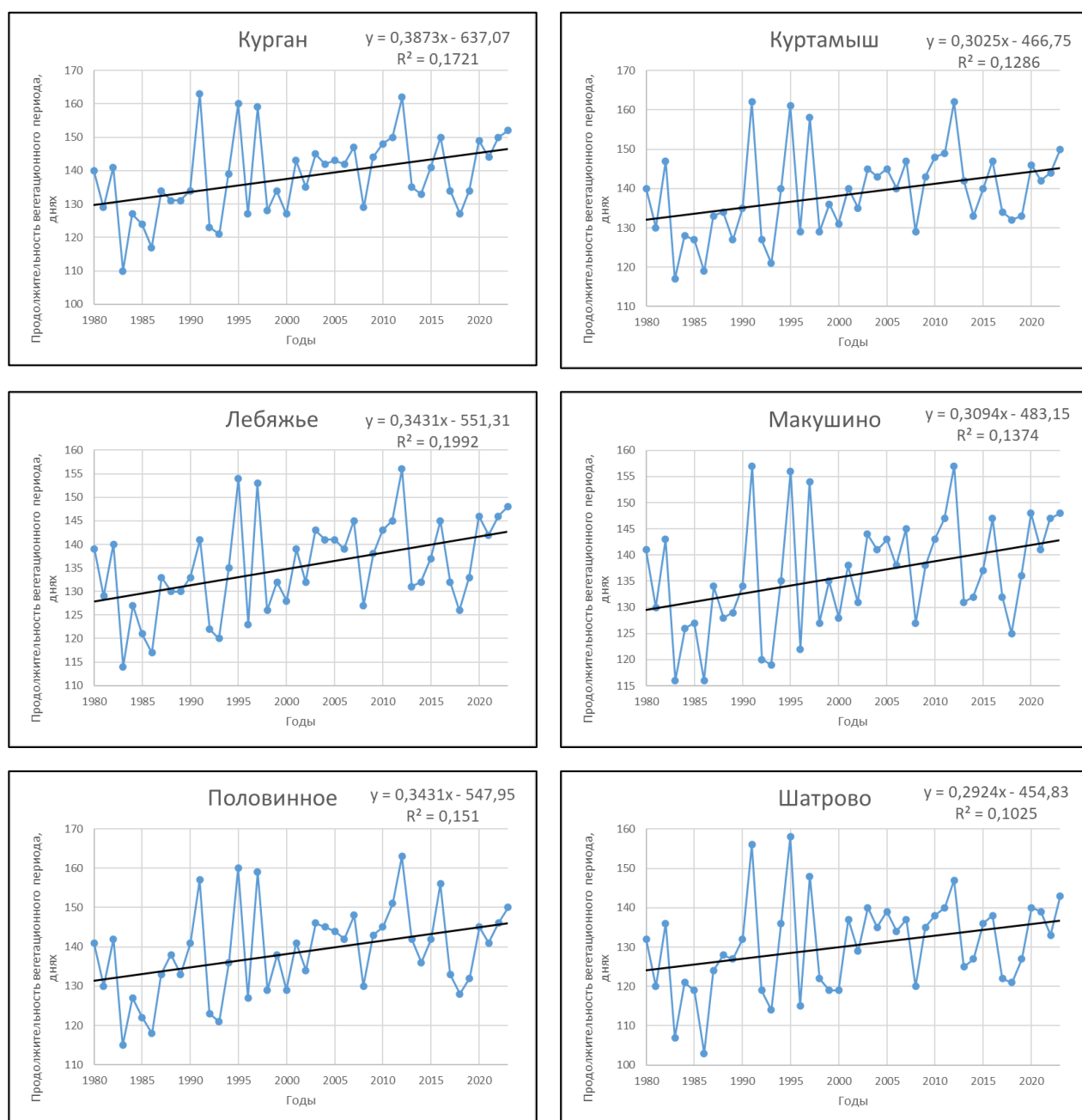
Из таблицы 13 видно, что при уровне значимости $\alpha=0,05$ и 42 степенями свободы на 5 из 10 станций нулевая гипотеза о равенстве средних была принята. На станции Курган отмечается самый низкий уровень доверительной вероятности, то есть, только в 1,6% случаев будет принята нулевая гипотеза, что довольно низко. Наибольший показатель p-value на станции Звериноголовское, там, в 34,2% случаев будет принята нулевая гипотеза, что является недопустимо высоким и свидетельствует об относительной "однородности" первой выборки по отношению ко второй. Наибольшее различие в средних достигнуто на станции Курган (4,2 дня), наименьшее на станции Звериноголовское (1,6 дней).

В таблице 13 также указана D, видно, что во второй выборке D в среднем по Курганской области уменьшилась на 27,7%, при этом максимальное уменьшение зафиксировано на станциях Шатрово (49,9%) и Звериноголовское (38,2%), минимальное в Шадринске (4,9%). В общем, можно сказать, что устойчивость перехода температуры во второй выборке стала менее случайной. Даты перехода сместились в сторону более ранних дат, а именно третья декада апреля. Наблюдаемые результаты свидетельствуют о благоприятных тенденциях и в перспективе, при сохранении наблюдаемых тенденций, в будущем будет возможно строить регрессионные модели, которые позволят более точно прогнозировать продолжительность вегетационного периода и, как следствие, подбирать более адаптивные и продуктивные сорта винограда в изменяющихся метеорологических условиях области.

3.1.3. Анализ продолжительности вегетационного периода

Имея даты устойчивого перехода температуры через $+10^{\circ}\text{C}$ весной и осенью, можно рассчитать продолжительность вегетационного периода (Приложение 3). Тщательный анализ этого параметра является важным аспектом агрометеорологических исследований, особенно в регионе с континентальным климатом. В разделе 3.1.3 будет проведен анализ продолжительности вегетационного периода винограда в Курганской области на основе полученных данных, описанных в пунктах 3.1.1 и 3.1.2. Основной целью является выявление особенностей и трендов изменения продолжительности вегетационного периода, а также оценка влияния климатических факторов на этот процесс. Дальнейшее изучение темы важно не только для сельскохозяйственной части сектора, но и для науки. При сохранении наблюдаемых изменений, появиться возможность оценить воздействие климатических изменений на процедуру выращивания винограда и других растений, чья жизнедеятельность зависит от колебаний изучаемого параметра.

Результаты, представленные в приложении 3, послужили основой для графического представления динамики периода вегетации (см. рис. 18). На всех графиках наблюдается четкая тенденция роста продолжительности вегетации. Относительно слабый коэффициент R^2 объясняется сильным разбросом продолжительности вегетации в начале периода наблюдений. Детальный анализ изменчивости статистических показателей выборки, а также проверка тренда на значимость, позволят сделать точную оценку изменений, видимых на рисунке 18.



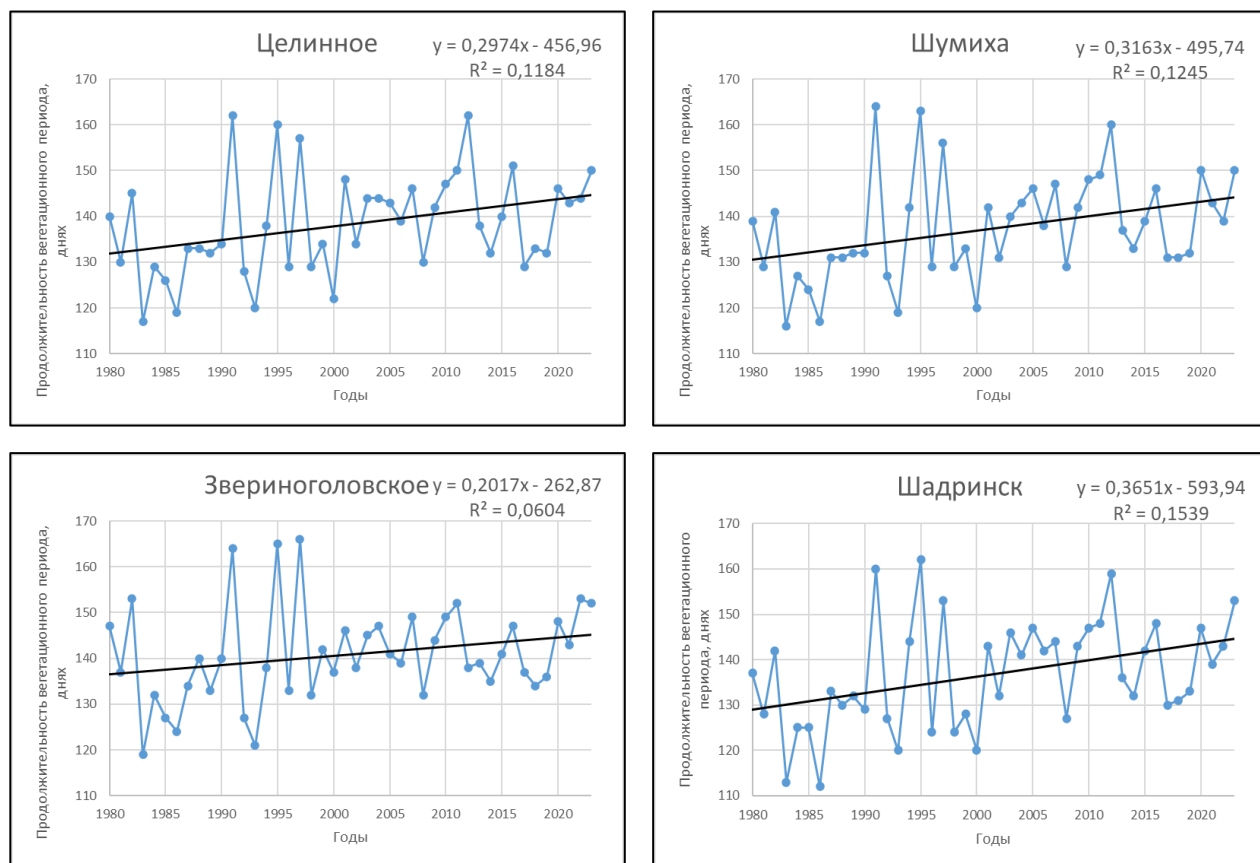
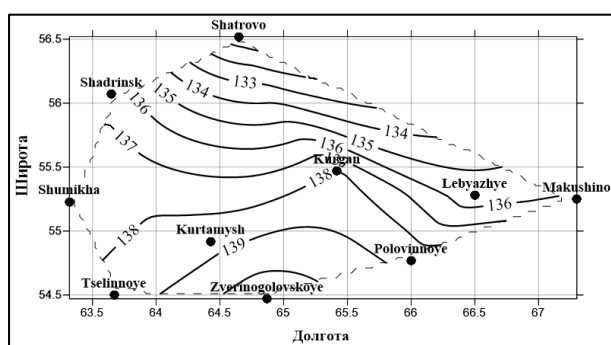


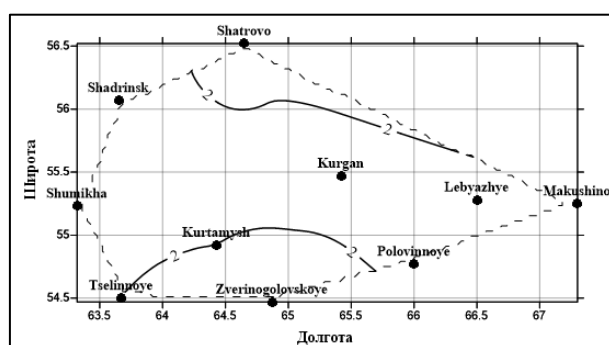
Рис. 18 - Продолжительность вегетационного периода по станциям Курганской области

Как уже отмечалось ранее, несмотря на заметную тенденцию на всех станциях, устойчивый и значимый тренд по критерию Стьюдента подтвержден только на четырех из десяти станций: Курган, Лебяжье, Половинное и Шадринск. Максимальная степень связи наблюдается в Лебяжье ($\text{cor}=0,45$), а минимальная - в Звериноголовском ($\text{cor}=0,25$). Следует отметить, что максимальное значение p -value составляет 29% на станции Звериноголовское. Оценка значимости тренда по критерию Фишера подтверждается на девяти из десяти станций. По этому показателю не подтвердила свою значимость станция Звериноголовское, где $p\text{-value}=10,7\%$. Deskriptivные статистики, такие как среднее, медиана и мода, на станциях Куртамыш и Половинное подтверждают нормальное распределение данных, в то время как на остальных станциях наблюдаются значительные различия между этими показателями. Самые значимые результаты статистической обработки выборки представлены на рисунке 19. Коэффициент вариации R по области меняется от 41 до 55 дней, что

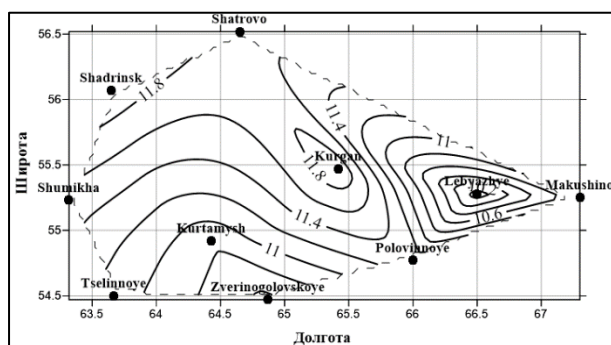
существенно. В среднем по области этот коэффициент составляет 47 дней. Распределение амплитуды колебаний неоднородно, с наибольшими значениями, зафиксированными на станции Шатрово (55 дней) и Кургане (55 дней). Минимальные амплитуды наблюдаются на востоке области, на станциях Макушино (41 день) и Лебяжье (42 дня). Показатель колебаний случайной величины относительно тренда σ варьируется в пределах от 10 до 12 дней. В среднем по области этот показатель составляет 11 дней, что составляет 34,6% от показателя Ros. Максимальное стандартное отклонение в 12 дней ($Ros=42\%$) наблюдается в Кургане и Шадринске, а минимальное в 10 дней ($Ros=30\%$) - в Лебяжье.



а

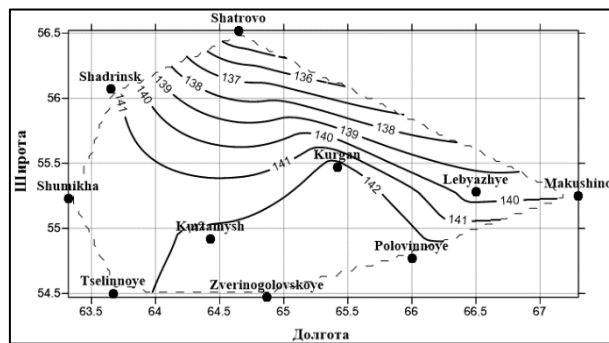
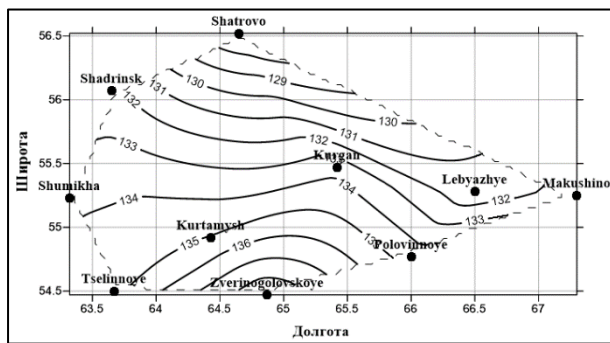


б



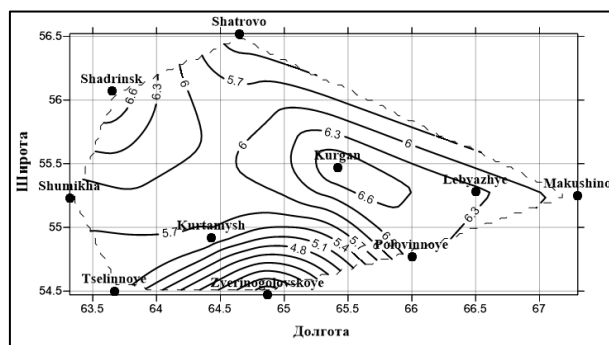
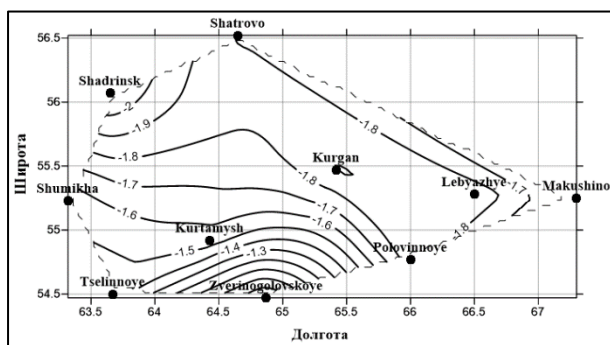
к увеличению этого показателя. Максимум отмечается в Кургане (2,5 дня), почти аналогичное значение наблюдается на станции Шадринск (2,4 дня). По мере смещения на север интенсивность изменений падает, хотя и не значительно. Широтное изменение составляет 0,29 дня на 1^0 широты, при этом долготное изменение отсутствует.

Анализ выборки за весь период наблюдений обнаружило определенную тенденцию к изменению продолжительности вегетационного периода. Однако такой анализ не отражает внутригрупповой изменчивости, которая может выявить изменения, ранее не учтенные при анализе статистических данных выборки. Для оценки климатических изменений были сформированы две выборки с равным количеством лет наблюдений (см. рис. 20). Максимальное значение во второй выборке в среднем по области уменьшилось на 3 дня. Максимальная минимальная продолжительность составила 13 дней в Звериноголовском, на станции Куртамыш, Макушино и Целинное не зафиксировано изменений в данном показателе. Минимальная продолжительность вегетационного периода в среднем по области увеличилась на 13 дней, что является существенным и компенсирует среднее по области уменьшение максимальной продолжительности. Максимальная разница в минимальных получена на станции Курган и Шатрово и составила 17 дней. Минимальные изменения получены на станции Макушино (9 дней). Среднее значение ряда во второй выборке выше и в среднем по области составляет 141 день, при 133 в первой выборке, то есть, увеличение составило 5,5%. Минимальное значение среднего в обеих выборках на станции Шатрово увеличилось на 4 дня. Максимально среднее значение в первой выборке наблюдалось на станции Звериноголовское, изменения по отношению ко второй составило также 4 дня. Однако, максимально среднее во второй выборке наблюдается не только на Звериноголовской, но и в Половинном (143 дня).



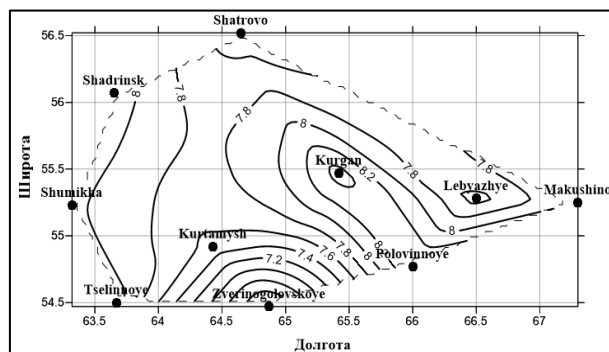
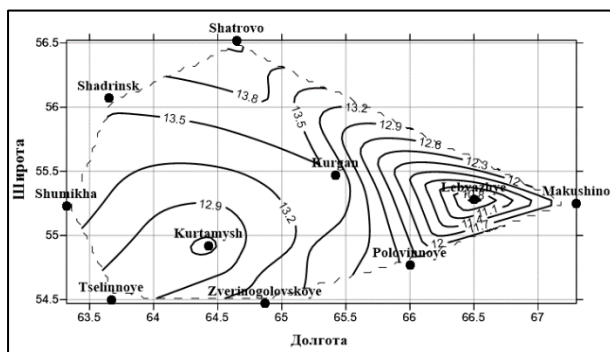
а

б



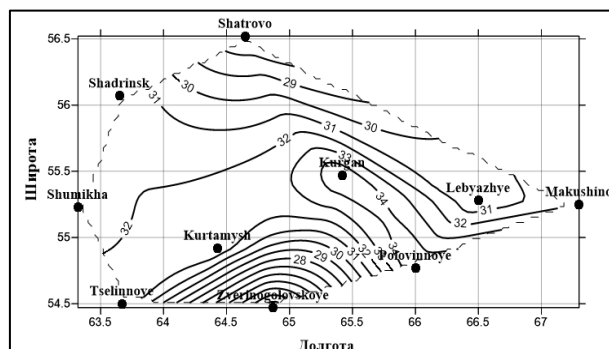
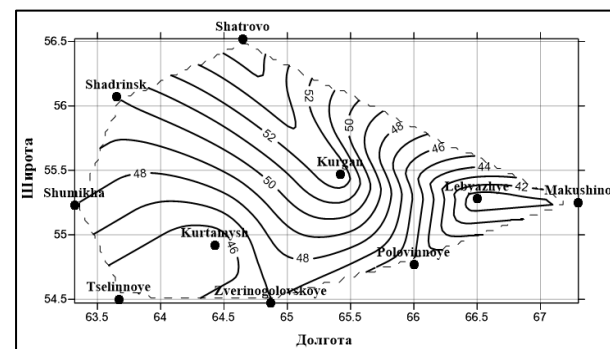
В

Г



Д

е



Ж

з

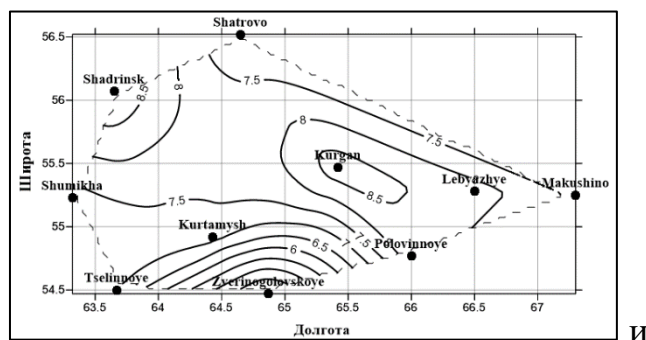


Рис. 20 - Пространственное изменение основных статистических показателей: средняя продолжительность вегетационного периода первой выборки (а), второй выборки (б); отклонение от нормы (за норму был взят период 1980-2009) первой выборки (в), второй выборки (г); СКО первой выборки (д), второй выборки (е); амплитуда колебаний первой выборки (ж), второй выборке (з); разница между средними по двум выборкам (и).

Изменение продолжительности вегетационного периода в Курганской области происходит с юга на север. В первом периоде наблюдалась широтная зависимость продолжительности вегетационного периода, в то время как во втором периоде средняя продолжительность вегетационного периода фиксируется на четырёх станциях одновременно. Это говорит о более равномерной изменчивости в продолжительности вегетационного периода во второй выборке. Следует отметить, что градиент изолиний продолжительности вегетационного периода остался практически неизменным при приближении к северу области. Таким образом, сохраняется интенсивное уменьшение продолжительности вегетационного периода при приближении к станции Шатрово, как и ранее. Изменчивость в средней продолжительности периода (см. рис. 20(и)) неоднородна. В среднем по области вегетационный период изменился на 7 дней. Максимальная разница наблюдается на станциях Курган и Шадринск (9 дней). Скорее всего, такая большая разница обусловлена тем, что эти станции расположены в довольно крупных городах. Крупные города, как известно, являются "островами тепла" и вносят вклад в среднюю продолжительность вегетационного периода. В Звериноголовском $Min = 4$ дня. Низкая изменчивость может быть объяснена наиболее южным положением станции, которая граничит с Казахстаном, а также близостью крупноартериальной реки Тобол.

Анализ отклонения продолжительности вегетационного периода от нормы (см. рис. 20(в), (г)) показал, что в первой выборке все отклонения были отрицательными и колебались от 0,8 до 2,1 дня ниже нормы. В среднем продолжительность вегетационного периода была ниже нормы и составляла 1,6 дня по области. Наибольшие отклонения наблюдаются на станциях, расположенных в относительно крупных городах, таких как Курган (1,9 дня), и максимальное значение достигается в Шадринске (2,1 дня). Однако сложно сделать однозначные выводы о строгой широтной зависимости, так как станция Половинное, находящаяся на юге, демонстрирует отклонение от нормы в 1,9 дня, тогда как на Звериноголовском, расположенном севернее, это значение составляет всего 0,8 дня.

Во второй выборке на всех станциях отклонения от нормы оказались положительными. Данные варьируются от 3 дней в Звериноголовском до 7 дней в Кургане. В среднем по области отклонение составило 5,8 дней. Стоит отметить, что ситуация во второй выборке повторяет тенденцию первой выборки, но с положительными значениями на всех станциях, что свидетельствует о более высокой продолжительности вегетационного периода в сравнении с нормой.

Пространственное распределение отклонения вегетационного периода от нормы повторяет характер изменчивости средней продолжительности вегетационного периода. То есть, станции, на которых наблюдается максимальное увеличение, демонстрируют максимальные положительные отклонения от нормы. Наблюдаемая тенденция к увеличению продолжительности вегетационного периода сохраняется.

Среднеквадратическое отклонение (σ) в первой выборке изменяется в пределах $\pm 10 \leq X \leq \pm 14$ дней. В среднем по области СКО составляет ± 13 дней ($V_x=9,6\%$), при этом минимальное отклонение регистрируется на станции Лебяжье (10 дней), а максимальное - в Шатрово (14 дней). Во второй выборке наблюдается значительное уменьшение среднего по области σ на 5 дней. В результате, наблюдается снижение среднего по области σ до $\pm 7,8$ дней ($V_x=5,5\%$). Минимальное уменьшение σ отмечено на станции Лебяжье (3 дня),

а максимальное - на станции Звериноголовское (7 дней). Минимальный разброс величины сместился с востока на юг области, а максимальный - с севера в центр. На всех станциях наблюдается тенденция к уменьшению вариативности в среднем на 4 дня ($V_x=4,1\%$).

Дополнительный анализ изменения такого важного параметра как R подтверждает серьезные изменения в вариативности вегетационного периода на всех станциях (см. рис. 20(ж),(з)). В первой выборке диапазон колебаний составил 47 дней ($R_{os}=35\%$). Пространственное распределение амплитуд схоже с σ : минимум в Лебяжье (40 дней), максимум в Шатрово (55 дней). Во второй выборке амплитуда уменьшилась и в среднем по области составила 31 день ($R_{os}=22\%$). Пространственно амплитуда максимума сместилась в центр и составила 35 дней ($R_{os}=25\%$) на станции Курган, а амплитуда минимума ушла на юг и составила 21 день ($R_{os}=15\%$) на станции Звериноголовское.

В среднем по области R уменьшился на 16 дней ($R_{os}=13\%$), при этом R_{max} уменьшился на 9 дней ($R_{os}=8,1\%$), а R_{min} уменьшился на 28 дней ($R_{os}=23\%$). Уменьшение вариативности, амплитуды колебаний и, как следствие, подавление стохастичности в данных случайной величины, то есть, количество экстремумов уменьшилось. В дальнейшем, при сохранении наблюдаемых тенденций, имеющиеся ряды наблюдений могут быть использованы для составления регрессионной модели, которая послужит для будущих прогнозов и анализа изменчивости вегетационного периода в Курганской области.

3.1.4. Оценка значимости наблюдаемых изменений в положительности вегетационного периода. Регрессионная модель для определения длительности вегетационного периода.

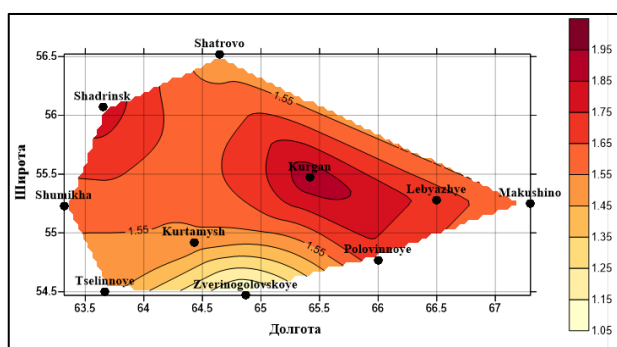
Проведённый анализ дат устойчивого перехода весной (см пункт 3.1.1) и осенью (см пункт 3.1.2), а также анализ продолжительности вегетационного периода (см пункт 3.1.3) подтверждает существенное изменение в исследуемом параметре. За 44 года наблюдений, вегетационный период на станциях изменился, но не однородно по всем станциям. В таблице 13 отражена динамика изменения в продолжительности вегетационного периода.

Таблица 13 - Динамика изменения продолжительности вегетационного периода за 44 года

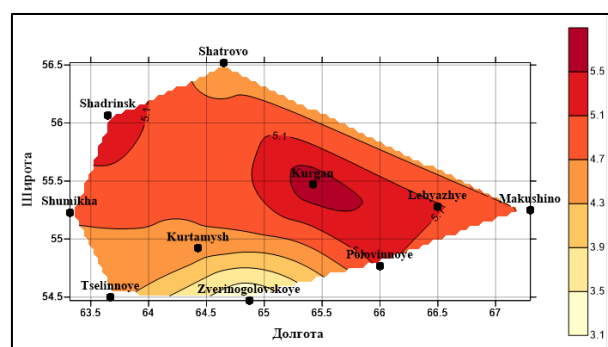
Станция	Было, дней	Стало, дней	ΔX , дней
Курган	130	146	17
Куртамыш	132	145	13
Лебяжье	128	143	15
Макушино	130	143	13
Половинное	131	146	15
Шатрово	124	137	13
Целинное	132	145	13
Шумиха	130	144	14
Звериноголовское	136	145	9
Шадринск	129	145	16

На большей части станции вегетационный период способен обеспечить сорта винограда среднего и среднепозднего созревания, в то время как раньше он мог обеспечить только сорта ниже среднеранних сортов созревания. Такие сорта как Изабелла и Кишмиш имеют более высокие шансы вызревания так как они относятся к поздним и среднепоздним сортам созревания. Общая тенденция в изменении продолжительности вегетационного периода рекомендует использовать сорта, соответствующие более позднему созреванию, однако, стоит учитывать зимостойкость сорта, а также другие агрометеорологические потребности винограда, которые будут рассмотрены ниже. На основе временного ряда наблюдений на 10 станциях, который описывается линейной моделью тренда вида: $y = ax + b$. В процессе статистического анализа была выявлена хоть и значимая, но слабая корреляционная связь продолжительность вегетационного периода от времени. По линейному тренду вегетационный период по Курганской области в год увеличивается на 0,32 дней. Полученные уравнения линейного тренда, были использованы для построения прогноза

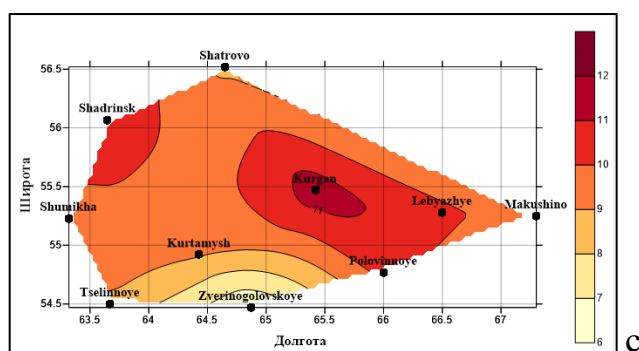
изменения вегетационного периода через 5, 15 и 30 лет, при условии, что будет сохраняться состояние минимальной стохастичности. В первом случае мы полагаем, что случайная величина будет изменяться вдоль тренда, то есть, на изменчивость случайной величины не влияют внешние факторы и изменчивость вегетационного периода будет описываться точно вдоль линии тренда. Результаты моделирования первой ситуации приведены на рис. 18(а), (б) и (в). Пространственная визуализация первого метода выполнена по всем станциям. В среднем по области рост на 5 лет составит 1,6 день, через 15 лет 4,7 лет, через 30 лет 9,5 дней, однако, стоит отметить, что данный прогноз не учитывает экстремумы и отражает тенденцию роста только в идеальных условиях. Если тенденция роста сохраниться, то в перспективе, через 30 лет в Курганской области можно будет получать качественный результат с поздних сортов винограда.



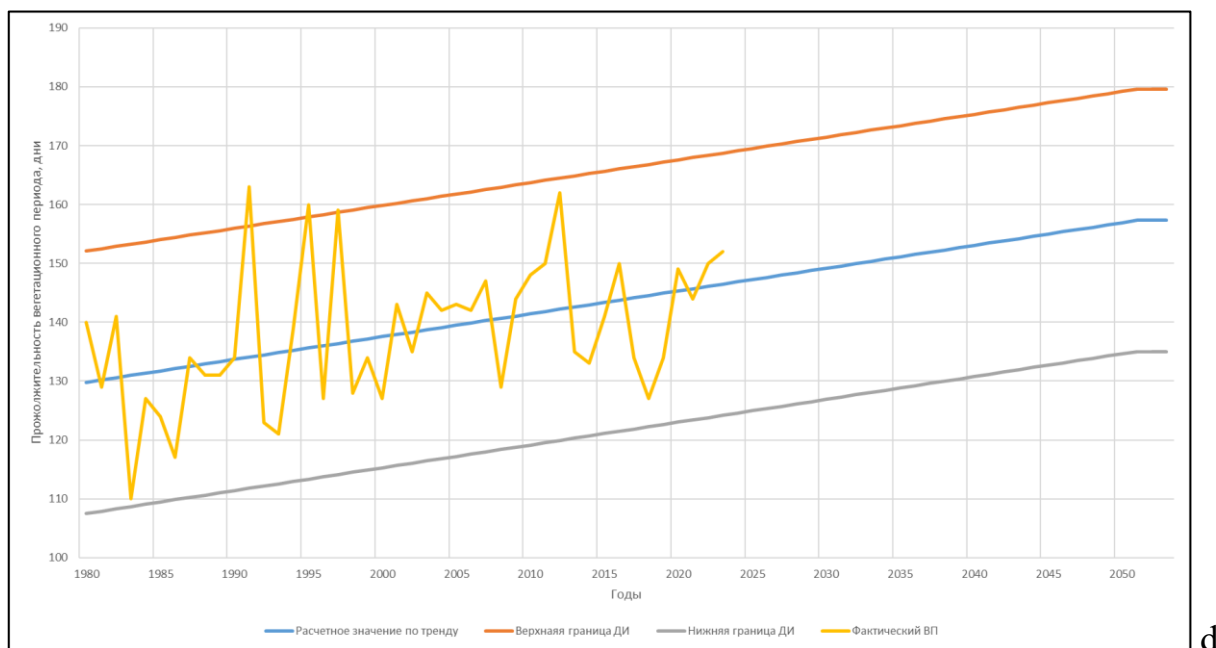
а



б



в



d

Рис. 21 - Прогноз увеличения (днях) продолжительности вегетационного периода по тренду на 5 (а), 15 (б), 30 (с) лет; дисперсионный прогноз (d).

Учитывая то, что реальные данные существенно колеблются относительно уровня тренда, очевидно, что реальные будущие значения не могут лежать точно на прямой, а будут варьироваться. В этом случае точечный прогноз никогда не выполниться, для этого мы используем второй тип прогнозирования, при котором мы полагаем, что случайная величина будет меняться в пределах доверительного интервала, то есть, с вероятностью 95% мы будем получать прогноз в рамках заданного диапазона колебания случайной величины. Результаты второго прогноза представлены на рис. 21(d). Графический прогноз представлен только по станции Курган, для остальных станций он имеет аналогичный вид и слабо отличается. Дисперсионный прогноз охватывает действительно наблюдаемые значения, по данному прогнозу следует ожидать изменение в продолжительности вегетационного периода в пределах ± 22 дня от трендового. Через 30 лет нижняя и верхняя граница доверительного интервала сместиться в положительную сторону на 10 дней, тем самым сместиться и доверительный интервал, в котором будут наблюдаться прогнозные оценки.

С помощью корреляционно регрессионного анализа был получен большой коэффициент детерминации, который по шкале Чеддока был оценён как сильный

между датами устойчивого перехода через 10⁰С весной и продолжительностью вегетационного периода, в связи с чем, было принято использовать этот параметр как основной предиктор продолжительности вегетационного периода. Тренды продолжительности вегетационного периода от дат весеннего устойчивого перехода по данным метеостанции Курганской области описываются уравнениями, представленными в таблице 15.

Таблица 15 - Простые регрессные модели, полученные по станциям Курганской области для прогноза продолжительности вегетационного периода

Станция	Уравнение линейного тренда
Курган	$y = -1,3618x + 306,45$
Куртамыш	$y = -1,2473x + 291,63$
Лебяжье	$y = -1,2469x + 290,76$
Макушино	$y = -1,2316x + 290,74$
Половинное	$y = -1,2771x + 296,76$
Шатрово	$y = -1,2783x + 292,36$
Целинное	$y = -1,2254x + 288,61$
Шумиха	$y = -1,2164x + 287,49$
Звериноголовское	$y = -1,3043x + 301,37$
Шадринск	$y = -1,2499x + 292,5$

Данные, приведённые в таблице 15 могут быть использованы виноградарями для прогнозирования продолжительности вегетационного периода. Эти данные также важны для будущей оценки эффективности и качества данной модели, а также последующего её улучшения. В статье Новиковой О.А. и Двалишвили М.П, где анализировались даты устойчивого перехода, а также продолжительность вегетационного периода, на основе уравнений линейного тренда (см. таблицу 15) для города Курган был дан прогноз продолжительности вегетационного периода. Так как в последние годы наблюдается устойчивое смещение дат начала вегетации на третью декаду апреля (см пункт 3.1.3) было предположено, что и в этом году дата устойчивого

перехода произойдёт в третье декаде апреля. В таком случае, в этом году, в Кургане, следует ожидать продолжительность вегетационного периода в пределах от 143 до 157 дней, что является благоприятным прогнозом для большинства сортов винограда, который выращивается на огородах Курганской области вот уже более 30 лет. Данный прогноз может послужить дополнительным поводом для посадки винограда среднепоздних сортов [13]. В дипломной работе был сделан прогноз для остальных девяти станций. На станциях были установлены следующие пределы прогноза: Куртамыш от 142 до 154 дней; Лебяжье от 141 до 154 дней; Макушино от 143 до 155 дней; Половинное от 144 до 156 дней; Шатрово от 139 до 152 дней; Целинное от 142 до 154 дней; Шумиха от 142 до 154 дней; Звериноголовское от 145 до 158 дней; Шадринск от 143 до 155 дней.

3.2 Анализ аккумулярованных активных температур для винограда в Курганской области (1980-2023). Регрессионный анализ и построение прогностической модели

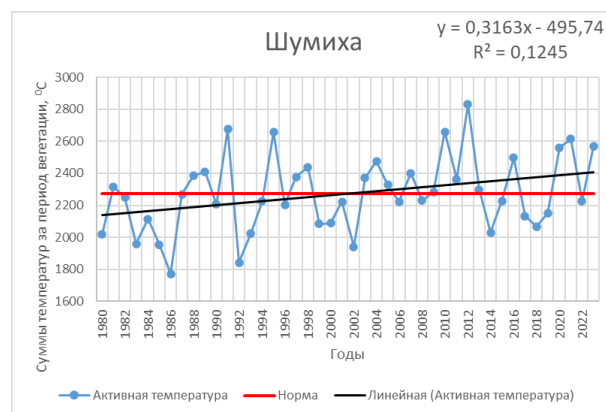
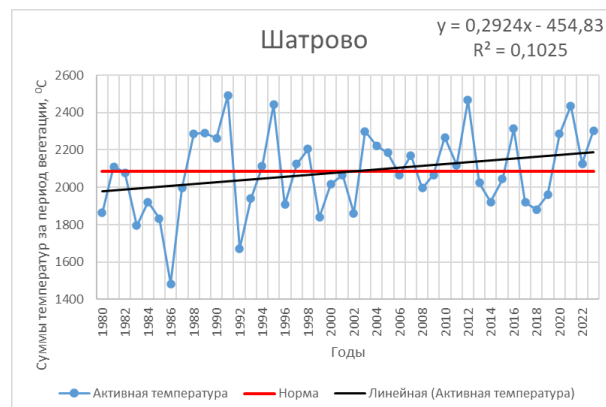
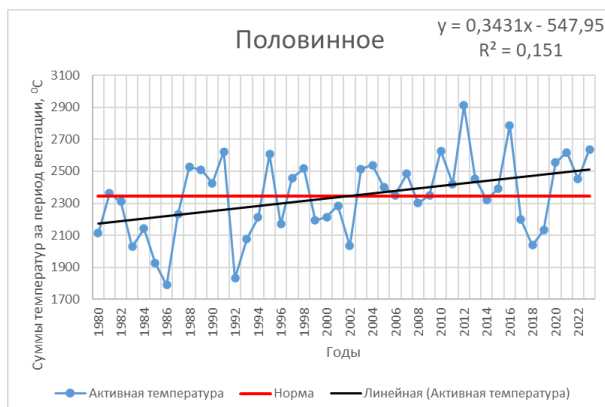
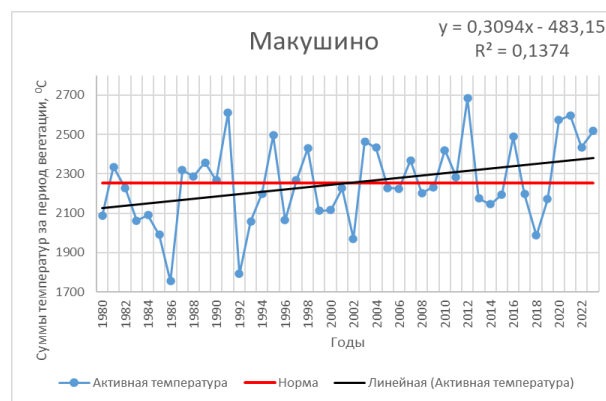
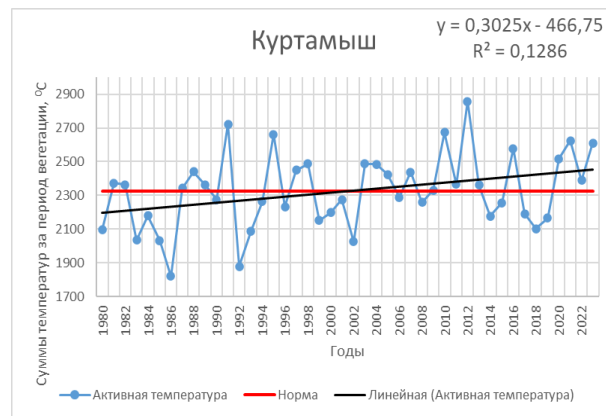
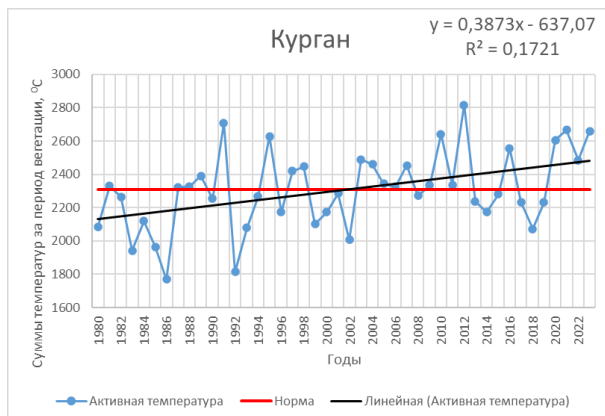
Суммы активных температур (САТ) – является одним из важнейших биологических параметров, характеризующих любую культуру. Для винограда $T_{\text{активная}}$ — это такая $T_{\text{минимальная}}$, при которой начинается вегетация. В таблице 7 видно, что для созревания разных сортов винограда требуется разное количество тепла. Важна знать, сколько тепла накопится за период вегетации для полноценного созревания ягод. САТ за период вегетации учитывает среднесуточные температуры только больше 10°C . Данных по сахаристости ягод в зависимости от накопленных сумм активных температур по Курганской области нет, однако, зная среднюю температуры за месяц, в котором проходит та или иная фаза развития винограда, можно предположить, на сколько в среднем, виноград обеспечивает нужную сахаристость ягод. Важно, что при среднемесячных значениях температуры воздуха в фазу созревания грозди $+16^{\circ}\text{C}$, винограда способен набрать минимальное количество сахара. При

температурах $+25^{\circ}\text{C} \dots +28^{\circ}\text{C}$ – накопление сахара может быть максимальным. В таблице 15 представлена зависимость винограда с разным сроком созревания от САТ.

Таблица 14 - Классификация сортов винограда по срокам созревания

Сорт винограда по срокам созревания ягод	САТ, $^{\circ}\text{C}$
Сверхранний	2100 - 2200
Очень ранний	2200 - 2400
Ранний	2400 - 2600
Среднеранний	2400 - 2800
Средний	2800 - 2900
Среднепоздний	2900 - 3200
Поздний	3200 - 3300
Очень поздний	3300 - 3400

В данной главе будет проведён анализ суммы активных температур за период вегетации. Для оценки изменчивости, как и ранее будут применены статистические критерии, а также будет произведена оценка климатической изменчивости с помощью статистических показателей. На рисунке 22 представлено графическое изменение суммы активных температур на выбранных станциях. Можно заметить, что на всех станциях наблюдается рост анализируемой величины. Оценка значимости наблюдаемых изменений по тренду показали, что на 5 из 10 станций изменения в сумме активных температур носит устойчивый характер, то есть, для этих станций наблюдаемые изменения в росте тренда значимы во времени. В целом, коэффициент корреляции Пирсона на всех станциях мал так как он в основном зависит от ряда наблюдений, который в нашем случае довольно мал.



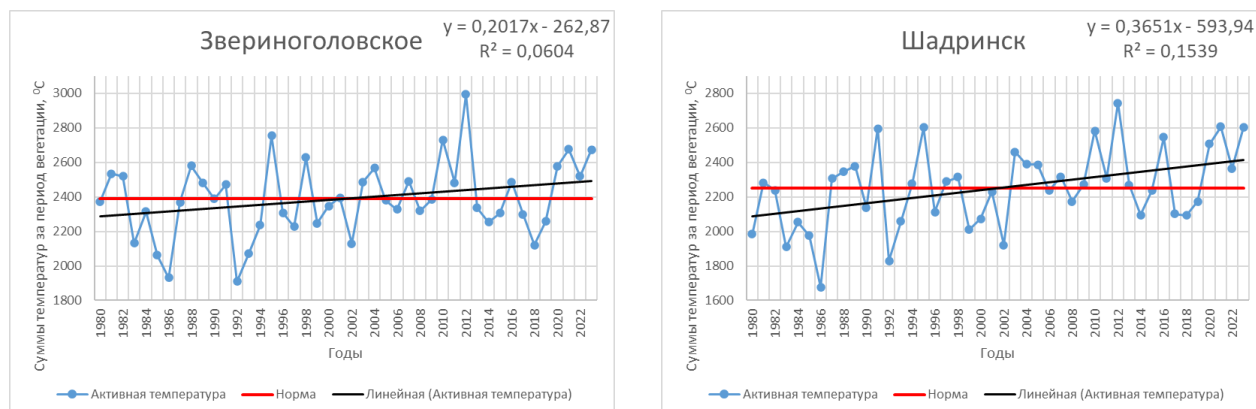


Рис. 22 - Изменчивость сумм активных температур на станциях Курганской области

Максимальный $\text{cor} = 4,4$ на станции Курган. При этом вероятность того, что наблюдаемые изменения незначимы составляет $\approx 0,88\%$. Минимальный $\text{cor}=2,8$ на станции Звериноголовское ($p\text{-value} \approx 16\%$, что очень велико). Значимость тренда, как в пункте 3.1 и 3.2 была оценена по критерию Фишера и Стьюдента. Получается, что при уровне доверия $\alpha=0,05$, тренд оказался значим на 9 из 10 станциях по Фишеру. Получается, что на 9 станциях рассчитанное значение превышает табличное (4,072), — наблюдается тренд. По характеру линейного тренда можно понять, что наблюдается прямая зависимость параметра суммы активных температур от года. Оценка значимости тренда по Стьюденту, то есть предположение о равенстве средних при уровне доверия $\alpha=0,05$ нулевая гипотеза не подтвердилась на 5 из 10 станциях (см. таблицу 16).

Таблица 15 - Оценка значимости тренда по статистическому критерию Стьюдента и Фишера

Станция	Оценка значимости температурного тренда								
	t-критерий Стьюдента				По Фишеру				Коэффициент корреляции
	Наблюдаемое	Табличное	P-Значение	Значим/Незначим	Наблюдаемое	Табличное	Значимость F	Значим/Незначим	
Курган	2,75	2,02	0,00883	Значим	10,25	4,07	0,000976	Значим	0,44
Куртамыш	1,89	2,02	0,06557	Незначим	5,54	4,07	0,055627	Значим	0,34
Лебяжье	2,25	2,02	0,02940	Значим	7,57	4,07	0,015850	Значим	0,39
Макушино	2,11	2,02	0,04126	Значим	6,72	4,07	0,021743	Значим	0,37
Половинное	2,49	2,02	0,01700	Значим	8,55	4,07	0,008873	Значим	0,41

Шатрово	1,70	2,02	0,09620	Незначим	4,79	4,07	0,039815	Значим	0,28
Целинное	1,74	2,02	0,08943	Незначим	4,78	4,07	0,045063	Значим	0,32
Шумиха	1,94	2,02	0,05926	Незначим	5,60	4,07	0,010013	Значим	0,34
Зверного-ловское	1,43	2,02	0,16000	Незначим	3,63	4,07	0,052290	Незначим	0,28
Шадринск	2,58	2,02	0,01339	Значим	9,18	4,07	0,004029	Значим	0,42

Видимые изменения в значениях на 5 станциях превышает табличное (2,02) — тренд значим во времени. Так как не все станции показали значимые изменения случайной величины во времени, было решено проанализировать климатическую изменчивость по двум выборкам, как это уже было сделано в пунктах 3.1 и 3.2. При анализе двух выборок, было предположено, что средние показатели сумм активных температур в первой выборке отличаются от средней второй выборки. По результатам оценки значимости с помощью двухвыборочного статистического критерия Стьюдента с разными дисперсиями показал, что на конец периода наблюдений, суммы активных температур оказались статистически значимы на 6 станциях, чем на начало периода наблюдений. 4 станции не подтвердили наличие статистической связи, однако приближение пороговой доверительной вероятности на многих станциях к минимальному показателю 5%, позволяет предположить, что в перспективе, и на этих станциях можно будет наблюдать статистически значимые изменения в сумме активных температур. Качественная оценка различий по станциям составила $\max = 180^{\circ}\text{C}$ на станции Половинное, $\min = 100^{\circ}\text{C}$ на станции Шатрово, в среднем по области изменения составили 139°C .

На графиках, представленных на рисунке 22 видно, что относительно средней многолетней суммы активных температур за последние 22 года на всех станциях наблюдается устойчивое смещение сумм выше средней. При оценке долевого соотношения (см. рис. 23) относительно нормы было получено, что в Кургане, доля больше средней во второй выборке увеличилась на 27,3% по отношению к первой, суммы меньше нормы уменьшились на 27,3%.

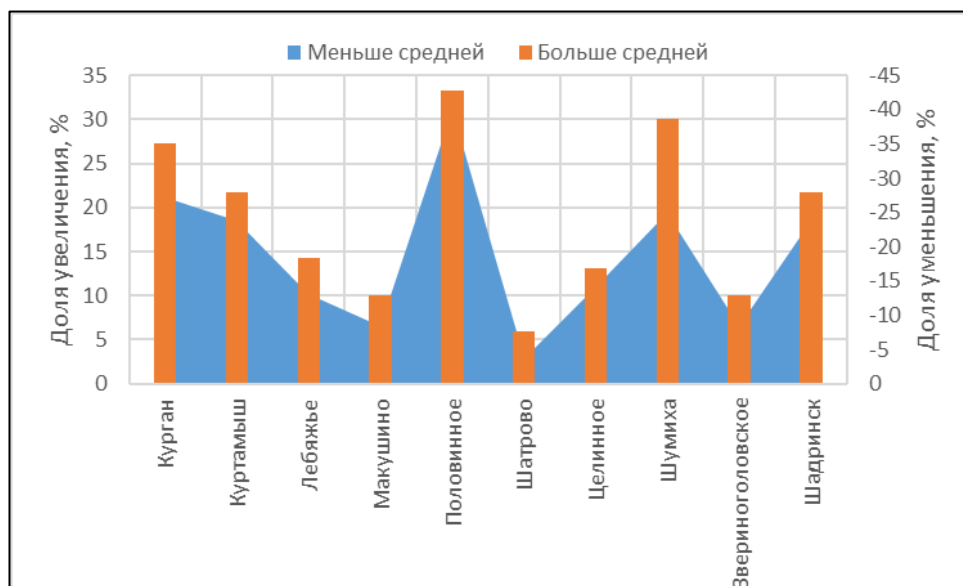


Рис. 23 - Долевое соотношения изменения суммы активных температур относительно средней многолетней по двум выборкам

Куртамыш, доля больше средней во второй выборке увеличилась на 21,7% по отношению к первой, доля меньше средней уменьшилась на 23,8%. Лебяжье, доля больше средней во второй выборке увеличилась на 14,3% по отношению к первой, доля меньше средней уменьшилась на 13,0%. Макушино, доля больше средней во второй выборке увеличилась на 10,0% по отношению к первой, доля меньше средней уменьшилась на 8,3%. Половинное, доля больше средней во второй выборке увеличилась на 33,3% по отношению к первой, доля меньше средней уменьшилась на 40,0%. Шатрово, доля больше средней во второй выборке увеличилась на 5,9% по отношению к первой, доля меньше средней уменьшилась на 3,7%. Целинное, доля больше средней во второй выборке увеличилась на 13,0% по отношению к первой, доля меньше средней уменьшилась на 14,3%. Шумиха, доля больше средней во второй выборке увеличилась на 30,0% по отношению к первой, доля меньше средней уменьшилась на 25,0%. Звериноголовское, доля больше средней во второй выборке увеличилась на 10,0% по отношению к первой, доля меньше средней уменьшилась на 8,3%. Шадринск, доля больше средней во второй выборке увеличилась на 21,7% по отношению к первой, доля меньше средней уменьшилась на 23,8%.

Анализ статистических показателей ряда показал, что ряд, в котором медиана и среднее (мода при данной характеристике не обнаружена) не совпадают, имеет относительно нормальное распределение так как показатели асимметрии и эксцесса находятся в пределах ± 1 . Показатель σ в среднем по области колеблется в пределах $\pm 223,9^{\circ}\text{C}$, минимальный разброс $\pm 204,7^{\circ}\text{C}$ на станции Лебяжье, максимальный $\pm 243,5^{\circ}\text{C}$ на станции Половинное, при этом, $V_x \approx 10\%$, что является допустим отклонением от среднего. Амплитуда колебаний в среднем по области составляет $1035,3^{\circ}\text{C}$ ($R_{os}=45,5\%$). И хотя СКО находится в допустимых пределах, за счёт сильной амплитуды колебаний, которая также вносит существенный вклад в слабую детерминированность модели, говорить о предсказуемости данного параметра на данном этапе не приходится. Сильные амплитуды колебаний могут негативно сказаться уже на этапе выбора сорта. За 44 года наблюдений, САТ по тренду существенно изменился (см. таблицу 17).

Таблица 16 - Динамика изменения суммы активных температур за 44 года

Станция	Было, $^{\circ}\text{C}$	Стало, $^{\circ}\text{C}$	ΔX , $^{\circ}\text{C}$
Курган	2134	2482	349
Куртамыш	2199	2453	254
Лебяжье	2116	2384	268
Макушино	2125	2382	258
Половинное	2175	2510	335
Шатрово	1981	2186	206
Целинное	2184	2426	242
Шумиха	2137	2407	270
Звериноголовское	2286	2492	206
Шадринск	2088	2415	328

По данным таблицы 17, САТ в начале периода наблюдений хватало для того, чтобы обеспечить сорта только сверх-ранних сроков созревания ($2200 - 2400^{\circ}\text{C}$), если брать данные показатели применительно к винограду, который

наиболее популярен у виноградарей в Курганской области, то следует отметить, что виноград сорта Изабелла ни 44 года назад ни сейчас не обеспечен достаточным количеством активной температуры. Аналогичная ситуация обстоит и с виноградом сорта Мускат розовый и Кишмиш (см. таблицу 7). Благодаря росту САТ, наблюдаемый на всех станциях, повышается вероятность вызревания сортов, которые ранее были недостаточно обеспечены САТ. Повышение этого показателя на прямую влет и на содержание сахаристости в ягодах. На практике, виноград, который ранее мог идти только на вино или виносодержащие напитки, сейчас можно использовать в качестве столового. При сохраняющемся росте САТ, а тенденции к этому росту есть, причём существенные, уже сейчас можно выращивать виноград ранних сортов, которые в 30 – 34% случаев могут как получить больше, так и меньше САТ. В 70% случаев виноград сорта ранний будет обеспечен необходимым количеством САТ. Из-за существенных амплитудных колебаний сложно гарантировать вызревание винограда сортов выше ранних, однако, при постоянном мониторинге таких ОЯ явлений как заморозки, град, и благодаря внедрению систем увеличивающих показатели САТ. Например, осадив виноград на S склоне, покрыв почву под кустами темным материалом, используя полимерные укрытия или выращивая кусты в парниках, можно выращивать сорта винограда со среднеранним и средним сроком созревания. Первичный анализ всего ряда наблюдений не показывает, как менялись статистические показатели внутри ряда в первый период (1980-2001) и второй период (2002-2023) времени. Начальная оценка изменения средних уже показала на 6 из 10 станциях значимые изменения. При анализе статистических показателей были обнаружены следующие изменения. Показатели асимметрии и эксцесса в первой выборке на преобладающем числе станции имеют слабоотрицательные значения или находятся около нуля, те же показатели во второй выборке в основном имеют только положительное значение, самые минимальные колеблются возле нуля. В обоих случаях асимметрия и эксцесс соответствуют нормальному распределению так как меняются в пределах ± 1 . Стоит отметить, что в первой

выборке плотность распределения случайной величины имеет левостороннюю асимметрию, то есть, мода, медиана и среднее имеют более низкие показатели сумм активных температур. Во второй выборке плотность распределения сместилась в сторону правосторонней асимметрии, то есть, мода медиана и среднее имеют показатели сумм активных температур выше по сравнению с первой выборкой. Вариативность данных тоже упала, об этом говорит уменьшение σ в среднем на $21,5^{\circ}\text{C}$ ($V_x \approx 1,5\%$), при этом максимальное уменьшение колебаний наблюдается на станции Шатрово ($67,9^{\circ}\text{C}$, $V_x \approx 3,7\%$). Минимальное увеличение σ на станции Лебяжье ($2,5^{\circ}\text{C}$, $V_x \approx 0,4\%$). Не смотря на незначительные изменения, в целом они носят положительный характер. Амплитуда колебаний во второй выборке уменьшилась на всех станциях кроме Половинное, на которой произошло увеличение на $45,8^{\circ}\text{C}$. Максимальное уменьшение наблюдается на станции Шатрово ($402,8^{\circ}\text{C}$). Опять-таки же, хочется отметить важность подбора сортов, адаптированных к сохраняющимся стохастичным условиям обеспеченности района в суммах активных температур.

В условиях меняющегося климата важно оценить скорость изменения параметра, для этого было рассчитаны параметры линейного тренда для каждой станции. Скорость изменения САТ в год на станциях Курганской области следующие: Курган $8,1^{\circ}\text{C}$, Куртамыш $5,9^{\circ}\text{C}$, Лебяжье $6,2^{\circ}\text{C}$, Макушино $6,0^{\circ}\text{C}$, Половинное $7,8^{\circ}\text{C}$, Шатрово $4,8^{\circ}\text{C}$, Целинное $5,6^{\circ}\text{C}$, Шумиха $6,3^{\circ}\text{C}$, Звериноголовское $4,8^{\circ}\text{C}$, Шадринск $7,6^{\circ}\text{C}$. В среднем по области приrost САТ составляет $6,3^{\circ}\text{C}$. В пункте 3.2 была описана методика прогноза по тренду, а также дисперсионный прогноз. Для САТ также был построен прогноз на 5, 15 лет по всем станциям (см рис. 22 (a), (b), на рисунке 22(с) будет отображена предполагаемая средняя САТ через 30 лет по тренду. В качестве примера дисперсионного прогноза была также выбрана станция Курган (см. рис. 22 (d)).

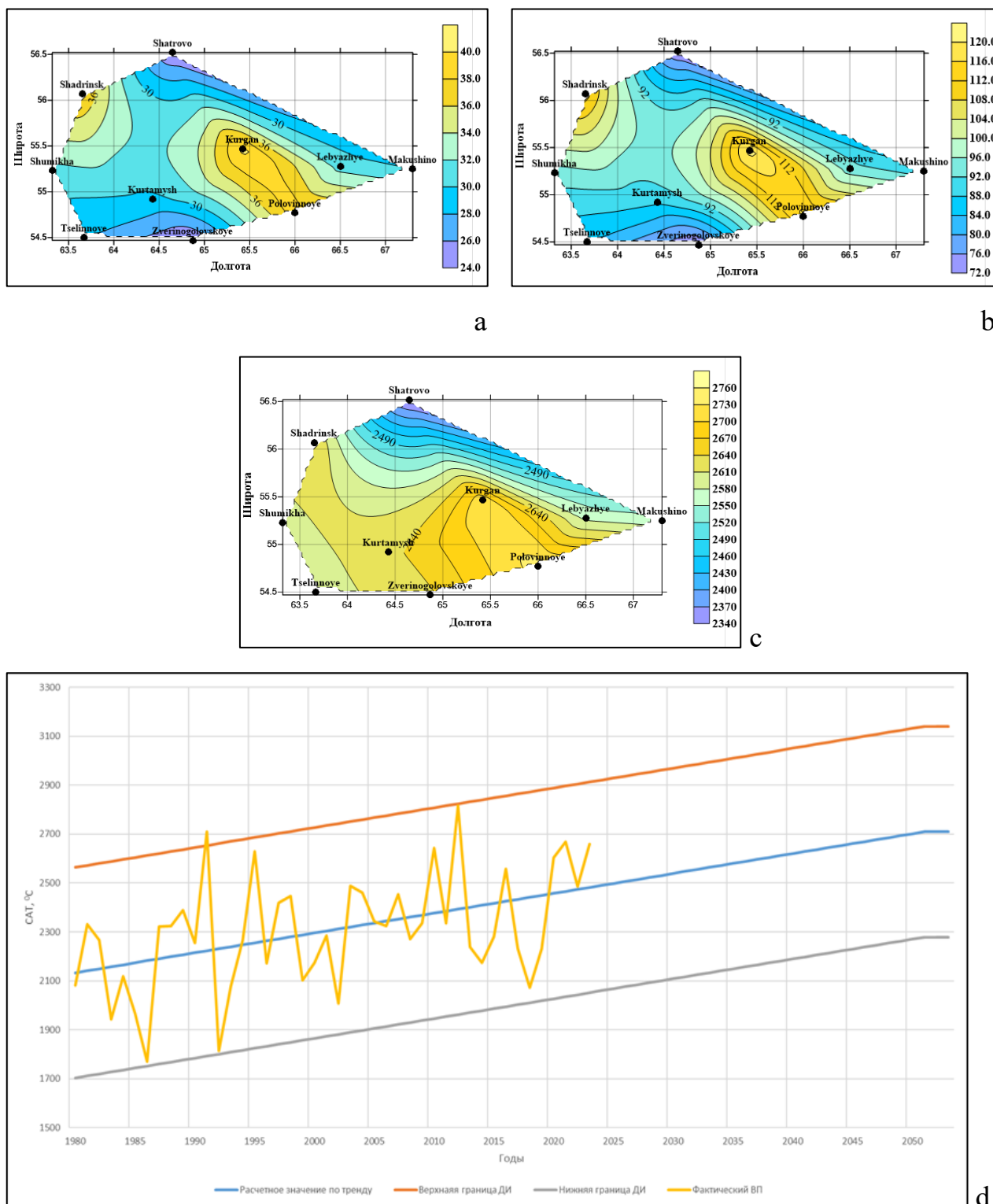


Рис. 24 - Прогноз увеличения САТ ($^{\circ}\text{C}$) по тренду на 5 (а), 15 (b), 30 (с) лет; дисперсионный прогноз (d).

По рисунку 24(а) и (b) видно, что основное увеличение показателя САТ приходится на Курган и Шадринск. Станция Звериноголовское, не смотря на самое южное положение имеет минимальный прирост, как и самая северная

станция. При этом, если посмотреть на конечный прогноз по тренду (см. рис. 24(b)) видно, что несмотря на слабый годовой прирост САТ, на станции Звериноголовское следует ожидать довольно высокие показатели суммы активных температур ($САТ_{2054г} \approx 2635^0C$). Максимальные показатели САТ следует ожидать в Кургане и Половинном ($САТ_{2054г} \approx 2735^0C$). При условии, что в Курганской области будет сохраняться тенденция уменьшения амплитудных колебаний, а также σ , то через 30 лет, в Курганской области средние суммы активных температур позволят выращивать виноград средних и среднепоздних сортов.

3.2.1 Прогноз суммы активных температур

Знание изменчивости многолетних данных в датах устойчивого перехода, положительность вегетационного периода, а также САТ позволяет с помощью корреляционно регрессионного анализа рассчитывать нужные для благоприятно роста и развития винограда показатели. Для создания модели был произведён корреляционно регрессионный анализ между различными метеорологическими параметрами, которые вносят вклад в накопление САТ. Наиболее тесная связь была обнаружена между САТ и началом вегетационного периода и как следствие его продолжительность. По шкале Пирсона детерминированность модели оценивается как высокая, то есть, коэффициент R находится в пределах от 0,7 до 0,9 (связь прямая). Сила связи, указывает на то, что переменные X1 (независимая) и X2 (зависимая) способны объяснить переменную Y (САТ). Однако, из-за сильной связи X1 и X2 (мультиколлинеарности) не целесообразно использовать оба параметра. В результате, была построена линейная модель по станциям, на которых уровень связи выше 0,7 (см. таблицу 18).

Таблица 17 - Однофакторные регрессные модели САТ, полученные по станциям Курганской области

Станция	Уравнение регрессии	Ошибка модели, %
---------	---------------------	------------------

Курган	$\sum t = -24,6x + 5348,2$	4,4
Куртамыш	$\sum t = -22,984x + 5145,2$	4,5
Лебяжье	$\sum t = -22,466x + 5050,7$	4,5
Макушино	$\sum t = -21,007x + 4889,4$	4,8
Половинное	$\sum t = -25,099x + 5449,3$	4,7
Шатрово	$\sum t = -20,485x + 4679$	5,3
Целинное	$\sum t = -22,407x + 5053,5$	4,7
Шумиха	$\sum t = -22,275x + 5020,1$	4,7
Шадринск	$\sum t = -22,169x + 5012,8$	4,9

Примечание. $\sum t$ – ожидаемая САТ, x – дата устойчивого перехода t через 10^0C весной, в днях от 1-го января.

При использовании уравнений регрессий (см. таблицу 18) для расчёта ожидаемой суммы САТ рекомендуется сравнивать результаты со средними многолетними показателями приведёнными в таблице 19. В перспективе, сравнительный анализ рассчитанных и средних многолетних показателей, позволит определять обеспеченность винограда необходимыми показателями САТ. Также, это позволит следить за динамикой этого показателя и делать количественную и качественную оценку с возможностью доработки полученных моделей.

Зная показатели средних многолетних САТ по номограмме разработанной Ф.Ф. Давитая, можно определить дату накопления температур, необходимых для различных сортов винограда. Для уже активно выращиваемых сортов были получены результаты, которые представлены в таблице 19.

Таблица 18 - Даты накопления САТ от средней многолетней для различных сортов винограда на станциях Курганской области (1980-2023 гг.)

Станция	Средняя многолетняя	Изабелла	Алёшенькин	Дивеевский	Мускат розовый	Поплавский	Кишмиш
		3100	2000	2400	2900	2200	3200
Курган	2307,9	-	26.авг	-	-	14.сен	-
Куртамыш	2326,0	-	25.авг	-	-	12.сен	-
Лебяжье	2250,1	-	29.авг	-	-	19.сен	-
Макушино	2253,5	-	29.авг	-	-	19.сен	-
Половинное	2342,7	-	25.авг	-	-	10.сен	-
Шатрово	2083,5	-	10.сен	-	-	-	-
Целинное	2304,6	-	26.авг	-	-	14.сен	-
Шумиха	2272,1	-	31.авг	-	-	17.сен	-
Зверноголовское	2388,5	-	25.авг	-	-	10.сен	-
Шадринск	2251,7	-	29.авг	-	-	19.сен	-

По таблице видно, что для винограда сорта Изабелла, Дивеевский, Мускат и Кишмиш по номограмме Ф.Ф. Давитая, установить даты необходимого количества САТ не удалось. Стоит отметить, что не смотря на невозможность установления предполагаемых дат накопления не означает, что данный вид сорта невозможно или не стоит выращивать. Как уже было сказано ранее, дефицит показателя САТ при грамотном подходе можно компенсировать. Также, не стоит полагаться только на показатели средних многолетних САТ, ведь подобное осреднение полностью сглаживает экстремумы, то есть, данный показатель может колебаться в среднем $\pm 230^{\circ}\text{C}$, тем самым обеспечивая виноград необходимыми суммами активных температур.

3.3 Анализ гидротермического коэффициента засушливости Селянинова. Регрессионный анализ и построение прогностической модели

Одним из ключевых аспектов в изучении агроклиматических изменений на территории Курганской области является анализ гидротермических условий. Гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) является информативным показателем для оценки отношения осадков к их испаряемости (см. таблицу 20). В данной части главы будет произведена оценка динамики изменений

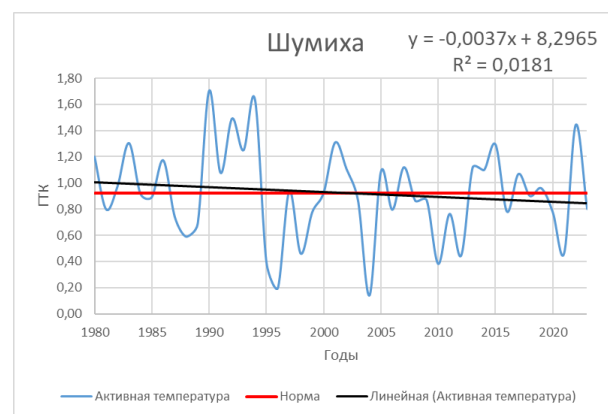
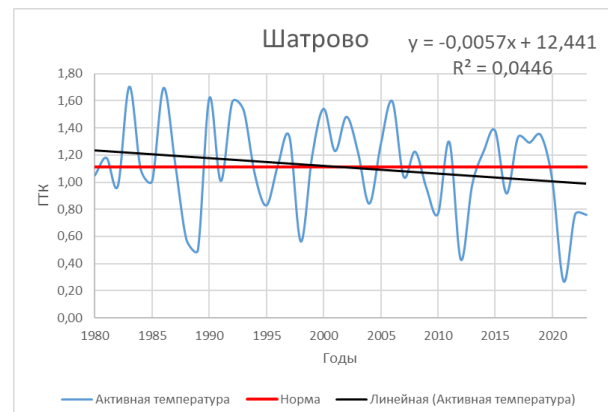
гидротермического коэффициента Селянинова на территории Курганской области в период с 1980 по 2023 год. Данный период характеризуется значительными изменениями в температурных и влажностных показателях, что может оказать влияние на сельское хозяйство и природные экосистемы региона.

Анализ изменений ГТК в Курганской области позволит оценить тенденции агроклиматических изменений в этом регионе за последние десятилетия и выявить возможные тенденции, которые могут иметь важное значение при выборе винограда и других видов сельскохозяйственных культур. Результаты анализа помогут лучше понять долгосрочные тренды и разработать адаптивную стратегию для выращивания винограда в условиях изменяющегося климата.

Таблица 19 - Границы гидротермического коэффициента при оценке увлажнения территории

Зона увлажнения	ГТК
Избыточно влажная	$>1,6$
Влажная	$1,6 - 1,3$
Слабо – влажная	$1,3 - 1,0$
Засушливая	$1,0 - 0,7$
Очень засушливая	$0,7 - 0,4$
Сухая	$<0,4$

На рисунке 25 представлен графический ход изменения ГТК, красной линией отмечен средний многолетний показатель. По графикам видно, что на всех станциях, за исключением звериноголовское наблюдается тенденция к засушливости района и в целом засушливости Курганской области. Проверка трендов на значимость не дала положительной результат, однако, это совсем не значит, что нет предпосылок для уменьшения этого показателя. При анализе пороговой доверительной вероятности выяснилось, что в среднем вероятность того, что наблюдаемые изменения значимы 74,5%, и, хотя этот процент не входит в принятую доверительную вероятность 95% он всё равно довольно велик.



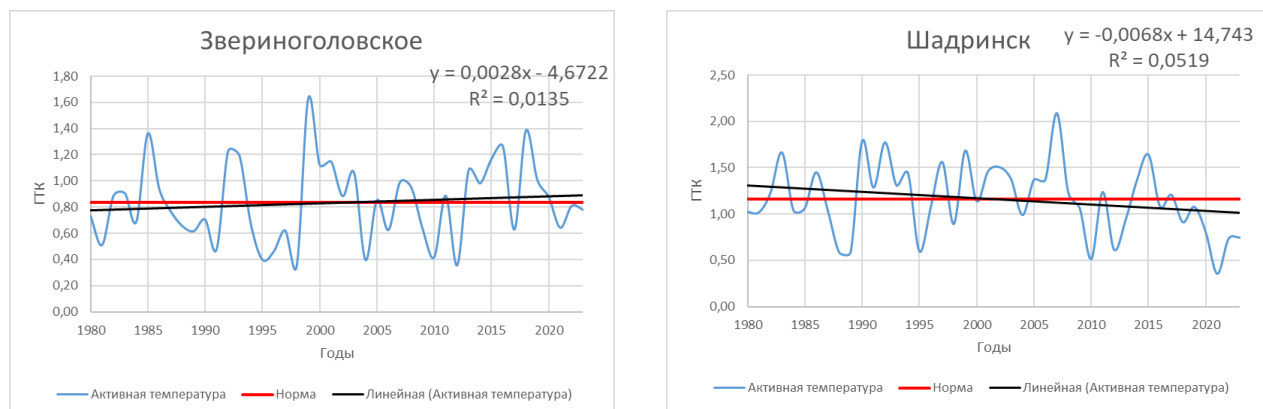


Рис. 25 - Изменчивость гидротермического коэффициента увлажнения за период 1980-2023 гг. (по данным метеостанций Курганской области)

По графикам также видно, что колебания ГТК значительны на всём промежутке времени. Амплитуда колебаний в среднем по области 1,4 ($R_{os}=136\%$), минимальный показатель $R=1,2$ ($R_{os}=131\%$) на станции Курган, максимальный $R=1,7$ ($R_{os}=149\%$) на станции Шадринск. Плотность распределения ГТК имеет слегка правостороннее смещение, то-есть наиболее повторяемый показатель ГТК больше среднего в среднем на 0,15 (α). При сравнение полученного значения с показателем Пирсона ($\alpha \leq 3$), получается, что наблюдаемая асимметрия лёгкая и ею можно пренебречь и считать, что распределение симметричное. Показатель $E_x < 0$ в среднем по области, - наблюдается низко вершинная совокупность ряда, также присутствует более сильный разброс членов ряда относительно среднего, то-есть ГТК коэффициент характеризуется как разно однородный. Выводы сделанные выше подтверждаются показателем σ , который в среднем равен 0,33 ($V_x \approx 35\%$).

Следующим этапом анализа ГТК Селянинова бала установка зависимости данного показателя от различных факторов. В результате многократного корреляционно регрессионного анализа было установлено, что наибольший вклад в иссушение региона делает рост среднемесячной температуры в июне, июле и августе. Повышение температуры при почти неизменных осадках (см. главу 2 пункт 2.2) приводит к аридизации почвы в период активной вегетации. При построении совмещённых графиков сумм среднемесячных температур,

осадков и ГТК были получены вполне закономерные результаты. Годы, когда наблюдались максимальные осадки и минимальные температуры, гидротермический коэффициент давал максимально увлажнённые показатели (от 1,5 до 2,1) по области. Годы, когда наблюдались противоположных значениях, показатель ГТК имел минимальные значения (от 0,1 до 0,4) по области. При средних показателях влаги и температуры, ГТК менялся по области от 0,8 до 1,2 по области. Анализ значения ГТК по годам позволил определить года сухие, очень засушливые и т.д. (см. таблицу 21).

Таблица 20 - Результаты анализа ГТК в разные годы по станциям Курганской области за период 1980-2023 гг.

Станция	Границы гидротермического коэффициента											
	<0,4		0,4-0,7		0,7-1,0		1,0-1,3		1,3-1,6		>1,6	
	год	ГТК	год	ГТК	год	ГТК	год	ГТК	год	ГТК	год	ГТК
Курган			2010		1984		1982		1992		1986	
			2012	0,4	2022	0,7	1990		1993		2002	
			1989		1987		2003		2011			
			2020	0,5	1991		2016	1,0	1994	1,4		
			2021		1996		2017		2000			
			1981		2004		2019		1999	1,5		
			1995		2006	0,8	1997					
			1998	0,6	2013		2001					
			2009		2018		2005	1,1				
					2023		2014					
					1980		2015					
					1985		1983					
					1988							
					2007	0,9		1,2				
					2008							
Куртамыш	2021	0,3	1989		1988		2008		1983	1,3	1992	1,6
			1995		1991		2009	1,0	1993		1999	1,7
			2010	0,4	1996	0,7	2001		2017			
			2012		2005		2002		1986	1,4		
			2004	0,5	1980		2011	1,1	1994			
			1998		1982		2016		2000			
			2022	0,6	1997	0,8	2020		2007			
					2006		1985					
					1981		1990	1,2				
					1984		2003					
					1987	0,9						
					2013							
					2014							

					2015 2018 2019 2023									
Лебяжье	2010	0,3	1989 2021	0,4	1981 1984	0,7	1987 2005	1,0	1993 1999	1,3	1986	1,6		
			2006 2020	0,5	1996 2004		1994 2001	2011 2015						
			1995 2009 2012	0,6	2007 2008		2014 2018	1985 1992						
					1980 1991 2003 2016 2017 2023	0,8	2000	1,2						
					1982 1983 1988 1990 1997 1998 2002 2013 2019 2022	0,9								
Макушино	1989	0,3	2021	0,4	1984	0,7	1980 2000 2001	1,0	1986 1992 1997	1,3	1994	1,6		
			1981 1998 2010 2020	0,5	1995 2003 2004 2008		1987 1999	1993 1985	1,4 1,5					
			1996 2012	0,6	2009 2013 2017 2023		2002 2011 2015 2019	1,1	1985 2018	1,5				
					1982 1988 1991 2006 2014 2016		0,8						1983 2005 2022	1,2
					1990 2007	0,9								
			Половинное	2004	0,3	1981	0,4	1997	0,7	1982			1,0	1990
2010	0,3	1989 2020		2006 2009	1993 2014	1985 1999		1,4						
		1995 2012 2021		0,5	2022 2023	2015		1986 1994		1,5				
		1983			0,8	2001	1,1							

			1980 1984 1996	0,6	1988 1991 1998 2003 2005 2013		2016 2018 2019														
					2000 2002 2007 2008 2017	0,9		1,2													
Шатрово	2021	0,3	2012	0,4	1995	0,8	1980	1,0	1997	1,3	1990	1,6									
			1989	0,5	2004		1982		2005		1992										
			1988 1998	0,6	2010 2022 2023		1985 1991 1994		2011 2017 2018 2019		2006	1,7									
			2016		0,9		2007 2009 2013 2020		2015		1,4		1983 1986								
			1984 1987 1996		1,1	1,5															
			1981 1999 2001 2003 2008 2014		1,2																
			Целинное	1995 2021	0,3	1988 1996 1998 2004	0,4	1980 1984 2016 2023	0,7	2001 2003 2005 2015	1,0	1990 1994 2014	1,3								
						2010 2012		1997 2006	0,8	1983 1987 2008	1,1	1992	1,5								
						1991	0,5	2007		1985 1986	1,2	1,4	1,5								
						1981 1989 2009 2022	0,6	2017 2019	1993 2011 2013 2020												
1982 2000 2002 2018	0,9																				
Шумиха	2004	0,1				1995	0,4	1987	0,7	1982						1,0	1983	1,3	1994	1,6	
	1996	0,2				2010 2012		1989		2019							1993		1990	1,7	
	1998	0,5				1981	0,8	1991	1,1	2001											
	2021		1999	2002	2015																
	1988	0,6	2006	2005	2022	1,4															
		2011 2016	2007 2013	1992	1,5																

					2020 2023		2014 2017					
					1984 1985 1997 2000 2003 2008 2009 2018	0,9	1980 1986	1,2				
Звериноголовское			1995		1980		2007		2016	1,3	1999	1,6
			1998		1984		2014	1,0	1985			
			2004	0,4	1988	0,7	2019		2018	1,4		
			2010		1990		2000					
			2012		1994		2001	1,1				
			1981		1987		2003					
			1991	0,5	2022	0,8	2013					
			1996		2023		1992					
			1989		1982		1993	1,2				
			1997		1983		2015					
Шадринск			2021	0,4	2022		1980		1991	1,3	1997	1,6
			2010	0,5	2023	0,7	1981		1993		2015	
			1988		2020	0,8	1984	1,0	1994		1983	1,7
			1989	0,6	1998		1987		2003		1999	
			1995		2013	0,9	2004		2005	1,4	1990	1,8
			2012		2018		1985		2006		1992	
							1996		2014		2007	2,1
							2000	1,1	1986			
							2009		2001	1,5		
							2016		2002			
							2019					
							1982 2008 2011 2017	1,2				

Таблица 21 даёт представление о годах с различными показателями ГТК по станциям. Лидером по количеству засушливых лет является Лебяжье, где из 44 лет периода наблюдений 22 являются засушливыми. Очень засушливые годы наиболее часто наблюдались на станции Целинное (11 лет). Слабовлажные годы

преобладают на станции Шатрово (18 лет). Влажные годы наиболее часто встречаются в Шатрово и Шадринске (10 лет). Наиболее увлажнённым в период вегетации можно выделить станцию Шадринск, где 7 лет наблюдались годы с избыточным увлажнением. На основе средних многолетних показателей ГТК была построена пространственная карта районирования ГТК (см. рис. 25).

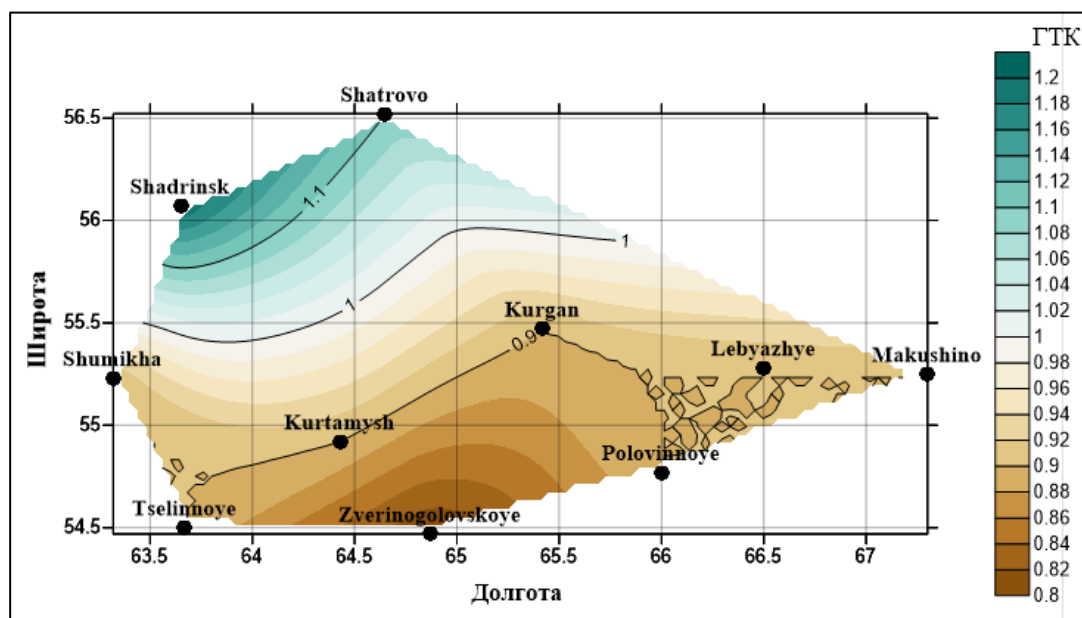


Рис. 26 - Распределение ГТК Селянинова за период 1980–2023 гг.

На рисунке 26 видно, что ГТК Селянинова имеет минимальное (0,8) значение на станции Звериноголовское, по мере движения на север территория становится, меняя засушливой. Наиболее благоприятны с точки зрения увлажнения можно считать Шадринск, где ГТК достигает 1,2 и характеризует этот район, как слабо-влажный. Исходя из результатов: ГТК имеет явную зависимость от широты, по долготы изменчивость почти не наблюдается. Стоит уточнить, что данный показатель на этой станции за весь период наблюдений почти не изменился. Такое поведение обусловлено тем, что почти при неизменных значениях в осадках за летний период тренд по температурам так же не наблюдается.

Такая зависимость с одной стороны даёт этому району отсутствие непредсказуемости, однако, отсутствие тенденции в сторону благоприятных показателей также негативно сказывается на возможностях выращивать винограда в данных условиях без постоянного мониторинга

влагообеспеченности (или в диких условиях). Используя полученные результаты в таблице 10, для наглядности была построена гистограмма частот распределения показателя ГТК (см. рисунок 27).

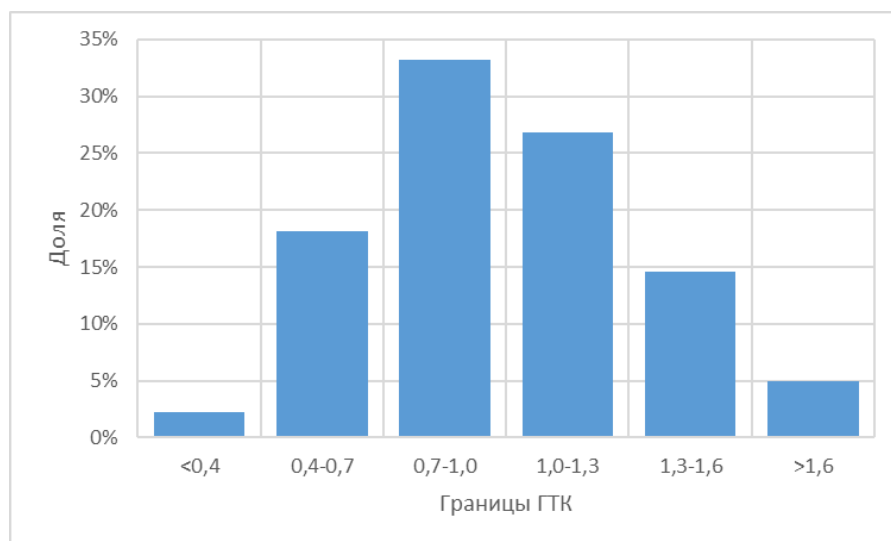


Рис. 27 - Распределение частот ГТК по Курганской области за 44 года наблюдения

По рисунку 27 видно, что плотность распределения частот имеет отрицательную (левостороннюю) асимметрию. Такое поведение функции плотности вероятности свидетельствует о том, что территории Курганской области можно охарактеризовать как засушливую. Однако, следует отметить, что «хвост» плотности распределения лучше выражен в правой части, то есть, вероятность очень засушливого или сухого показателя ГТК меньше. Всё выше сказанное, не смотря на редкие годы засухи, носит благоприятный характер для выращивания винограда. Стоит также отметить, что данный показатель не учитывает влагозапас почвы, а только температуру и осадки. Виноград в целом является культурой засухоустойчивой, что при постоянном мониторинге состояния почвы позволяет минимизировать риски повреждения или гибели данного вида в годы отсутствия достаточной обеспеченности осадками.

3.3.1 Прогноз ГТК Селянинова

При анализе графиков изменения ГТК был установлено, что на всех станциях наблюдается отрицательный тренд коэффициента увлажнения. Динамика ГТК с 1980 по 2023 годы диктуется одномерными регрессионными уравнениями в среднем по области имеющего вид: $y = -0,0035x + 1,0237$. Представленное уравнение подтверждает общую тенденцию к небольшой засушливости региона. На рисунке 28 представлен прогноз на основе уравнений регрессий, которые представлены на рисунке 25. На рисунке 26(а) видно, что пространственное распределение ГТК во многом схоже со средним многолетним, однако, на рисунке 26(б) заметны значимые изменения в данном показателе. Наиболее засушливый зона в районе станции Звериноголовское

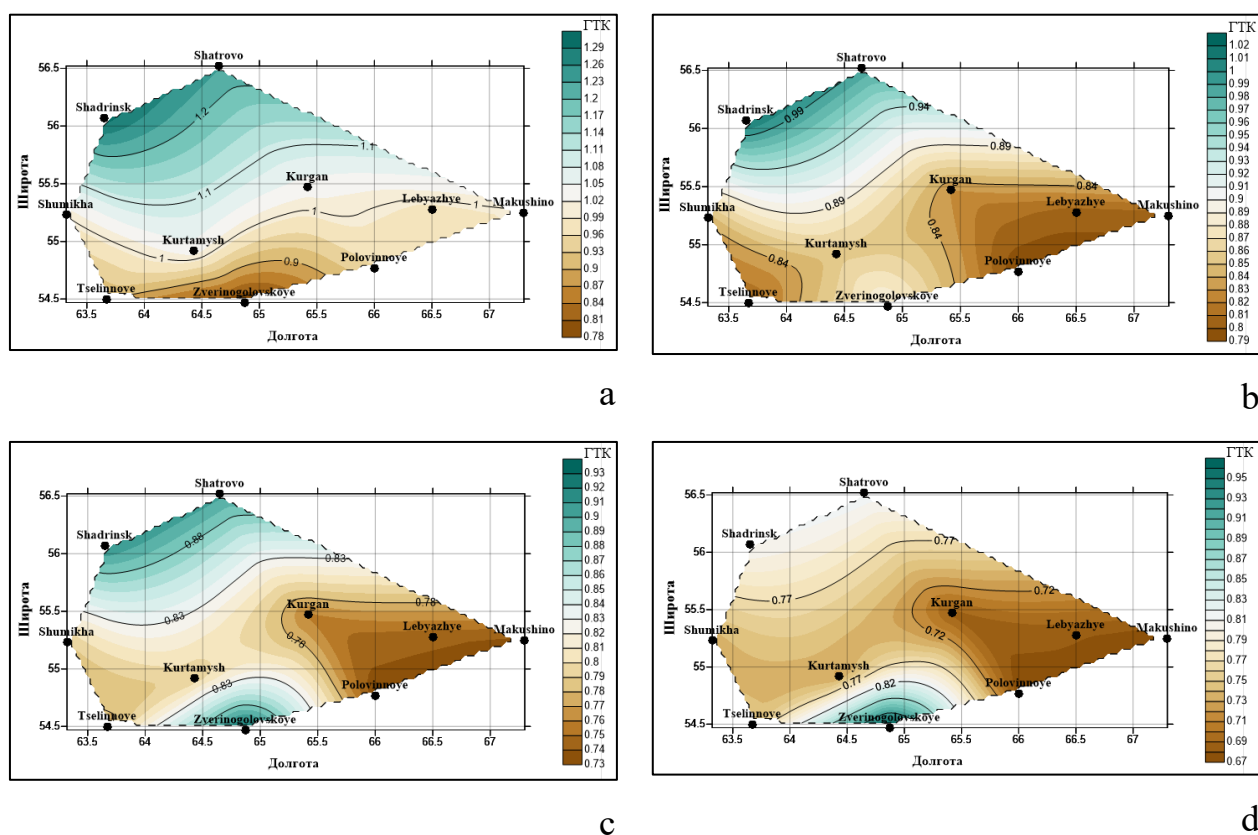


Рис. 28 - Результаты анализа изменения ГТК по линейному тренду: было в 1980(а), стало в 2023(б), прогноз через 15(с), 30(д) лет

начинает смешаться на юго-запад и юго-восток, причём на юго-востоке интенсивнее. На рисунке 26(с) и (д) видно, что северная часть Курганской области постепенно иссушается, а южная увлажняется. Прогноз через 30 лет, представленный на рисунке 26(д) не утешительный. На большей части области

показатель ГТК характеризует территорию, как очень засушливую. Особенно низкий показатель на станции Макушино и Половинное. Единственная станция, где наблюдаются тенденция роста - Звериноголовское. По линейному уравнению тренда, территория на самой южной точке будет характеризоваться как засушливая, но с тенденцией постепенного увлажнения. Если анализировать Курганскую область в целом, то можно сказать, что территория подвержена интенсивной ирригации, которая обусловлена хоть и слабым, но ростом температур в период вегетации при неизменных, а на некоторых станциях и тенденции уменьшения осадков. На некоторых станциях наблюдается слабый тренд на увеличение осадков, но проведя корреляционно регрессионный анализ, было установлено, что более сильная связь показателя ГТК с температурой. Такая связь позволяет сделать предположение, что изменчивость коэффициент засушливости зависит от температуры в период вегетации, а не от осадков.

Заключение

Анализ метеорологических условий произрастания винограда в Курганской области показал положительную динамику в температуре. Среднегодовая температура в регионе увеличивается со скоростью $0,027\text{ }^{\circ}\text{C}$ в год. Согласно тренду, в 1980 году среднегодовая температура составляла $2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, а к 2023 году она возросла до $3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. За 44 года $T_{\text{среднегодовая}} > 1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, что является значительным изменением в контексте климатических изменений. По прогнозу регрессионной модели, при сохранении текущих тенденций, к 2054 году $T_{\text{среднегодовая}} >$ до $4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В декабре температура уменьшается на $0,0022\text{ }^{\circ}\text{C}$ в год, в январе — на $0,047\text{ }^{\circ}\text{C}$, тогда как в феврале температура растет на $0,037\text{ }^{\circ}\text{C}$ в год. За последние 22 года температура в декабре уменьшилась на $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, в январе — на $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в феврале увеличилась на $1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. В марте температура увеличивается на $0,087\text{ }^{\circ}\text{C}$ в год, в апреле — на $0,048\text{ }^{\circ}\text{C}$, в мае — на $0,062\text{ }^{\circ}\text{C}$. За последние 22 года в эти месяцы температура возросла на $3,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно.

Температура в июне уменьшается на $0,0214\text{ }^{\circ}\text{C}$ в год, в июле повышается на $0,0094\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в августе — на $0,046\text{ }^{\circ}\text{C}$. За последние 22 года температура в июне снизилась на $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, в июле увеличилась на $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в августе — на $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. В сентябре и октябре скорость роста температуры составляет примерно $0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$ в год, а в ноябре — $0,067\text{ }^{\circ}\text{C}$. За последние 22 года температура в этих месяцах возросла на $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $2,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно.

Наиболее значительное повышение температуры по тенденции наблюдается в марте, где прирост за 44 года составил $3,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, что является значительным климатическим изменением. Если тенденции роста сохранятся, то к 2054 году следует ожидать повышение температуры в марте на $2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, в апреле — на $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, в мае — на $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, в августе — на $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в ноябре — на $2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. В январе температура снизится на $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, в июне — на $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в декабре — на $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. В остальные месяцы наблюдается слабое увеличение среднемесячной

температуры. Анализ годовых сумм осадков показал слабую тенденцию к их уменьшению. В среднем по области количество осадков уменьшается на 0,012 миллиметра в год, и за 44 года, Σ осадков сократилась на 5 мм. Однако на станциях Половинное, Целинное и Шумиха наблюдается незначительный рост осадков на 0,73 мм, 0,43 мм и 0,06 мм в год.

Станция Звериноголовское отметилась как единственная станция с существенной тенденцией к увеличению годовых сумм осадков, где скорость прироста составляет 2,26 мм в год. По прогнозу трендовой модели, при сохранении текущих тенденций, к 2054 году ожидается уменьшение осадков на 4 мм. На станциях, демонстрирующих тенденцию к увеличению осадков, к 2054 году следует ожидать прирост: на станции Звериноголовское — на 70 мм, на станции Половинное — на 23 мм, на станции Целинное — на 14 мм, и на станции Шумиха — на 2 мм. Летние месяцы, а также сентябрь характеризуются отрицательной тенденцией в осадках. Наиболее значительное уменьшение наблюдается в августе и сентябре, где скорость сокращения составляет 0,32 мм в год. По прогнозу, к 2054 году снижение осадков составит 2 мм, 4 мм и 11 мм в летние месяцы и 13 мм в сентябре. В целом, существенных изменений в осадках не наблюдается. Общая тенденция показывает слабое снижение осадков по региону, существенных климатических изменений в количестве годовых осадков не ожидается, за исключением отдельных станций, таких как Звериноголовское, где наблюдается значительный рост.

Изменения в температурных показателях привели к тому, что и агрометеорологические параметры вегетационного периода также изменились.

Весной даты перехода через десять градусов сдвинулись на 7-12 дней раньше по сравнению с 1980 годом, а осенью - на 2-6 дней позже. Продолжительность вегетации увеличился на 9-17 дней. В первые 22 года его средняя продолжительность составляла 133 дня, что было достаточно только для вызревания сверхранних сортов винограда. В последние 22 года этот показатель увеличился до 141 дня. За этот период увеличение составило 7 дней, а средняя скорость его роста составила 0,32 дня в год. По прогнозу уравнения линейного

тренда, к 2054 году следует ожидать увеличение в продолжительности вегетационного периода 154 дня. Такая продолжительность вегетационного периода теперь способна обеспечить виноград сверхранних, средних и среднепоздних сроков созревания, что является бесспорно существенным и положительным показателем в изменениях условий роста винограда.

Суммы активных температур за 44 года увеличились на 205,8 – 348,7°C. В первые 22 года значения САТ составляли 2206,5°C, что позволяло выращивать только сверхранние сорта винограда. За последние 22 года САТ увеличились до 2347,8°C. Такие значения способны обеспечить более качественное созревание ягод и, в сочетании с увеличением продолжительности вегетационного периода, способствовать большему накоплению сахара.

ГТК Селянинова, характеризующий степень засушливости региона. Расчёт и последующий анализ показал, что наблюдается постепенное снижение этого показателя (на 0,0037 в год). Это уменьшение обусловлено значительным увеличением сумм активных температур (САТ), при почти неизменных осадках. За последние 22 года показатель ГТК сократился на 0,2. Если такая тенденция аридизации сохранится, то к 2054 году показатель составит 0,7.

Учитывая результаты динамики агрометеорологических показателей, следует постепенно внедрять виноград ранних и среднеранних сортов для адаптации к изменяющимся условиям. В условиях засушливости региона и недостаточной влагообеспеченности в период вегетации необходим постоянный мониторинг состояния влагозапаса почвы.

1. Почвоведение с основами экологии почв (региональный компонент): учебное пособие / Н. П. Несговорова, В. Г. Савельев. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2020. – 300 с.
2. Бахарева, А. Ф. Почвы Курганской области / А. Ф. Бахарева. – Курган: Красный Курган, 1959. – 152 с.
3. Негруль А.М. 'Винаградство' - Москва: Сельхозиздат, 1952 - с.427
4. Давитая Ф.Ф. Метод прогноза обеспеченности теплом вегетационного периода// Метеорология и гидрология. – 1963. – №11. – С.3–11.
5. Мержаниан А.С. Виноградарство/3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1967. – 464 с
6. Лазаревский М.А. Роль тепла в жизни европейской виноградной лозы. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1961. – 99 с.
7. Лазаревский М.А. Влияние тепла на скорость развития ягод до начала созревания у сортов винограда *V.vinifera*. – В кн.: Русский виноград: Сб.науч.работ. – Новочеркасск, 1970. – С.12–26.
8. Horney Y. Die Vorhersage des Bluhtermins der Reben. – Weinberg und Keller. – 1966. – №13. – P. 262-270.
9. Карта Курганской области с населенными пунктами и дорогами подробная // Карта мира URL: <https://mapsworld.ru/subekty-rf-na-karte/kurganskaya-oblast-na-karte.html> (дата обращения: 13.02.2024)
10. Responsive web mapping application providing data subsetting, charting, and visualization tools in an easy-to-use interface. // NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources URL: <https://power.larc.nasa.gov/> (дата обращения: 05.03.2024).
11. Лазаревский М.А. Изучение сортов винограда. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1963. – 151 с.
12. Улитин В.О., Ключникова Г.Н. Сортвые особенности реакции урожайности и качества винограда на погодно-климатические факторы. Часть II.

Первый год формирования урожая: период начала цветения – начала вызревания побегов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2006

13. Новикова О.А., Двалишвили М.П. Анализ дат устойчивого перехода через 10 градусов на станциях Курганской области.

Приложение 1

Годы	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1980	-18,55	-19,5	-11,37	2,24	15,41	15,84	18,23	13,76	11,28	3,15	-7,31	-9,98
1981	-13,49	-12,02	-7,99	2,6	10,22	18,95	20,33	20,88	11,19	5,09	-4,35	-10,97
1982	-15,13	-15,97	-11,61	6,99	12,73	17,86	18,98	16,68	11,95	1,91	-3,97	-8,55
1983	-9,39	-9,92	-6,85	7,25	8,93	18,48	21,02	16,46	8,77	4,59	-5,32	-8,02
1984	-13,04	-15,97	-5,57	1,19	12,34	17,86	20,38	16,65	9,47	2,42	-13,7	-20,82
1985	-14,75	-17,71	-8,5	4,2	9,13	16,87	17,48	16,92	11,47	0,81	-9,2	-13,14
1986	-13,91	-17	-6,72	7,52	8,56	16,08	17,08	14,95	9,73	2,24	-6,26	-18,37
1987	-17,66	-10,87	-12,01	0,11	14,93	19,65	20,61	16,59	9,8	1,68	-12,84	-12,59
1988	-15,84	-16,28	-6,05	6,23	10,63	19,85	21,87	19,06	11,55	3,45	-6,34	-11,78
1989	-15,85	-13,92	-5,6	0,61	12,35	21,44	23,73	16,45	10,53	3,56	-4,9	-11,59
1990	-14,27	-11,1	-2,54	5,56	12,04	19,38	19,9	17,02	10,61	2,55	-5,03	-10,9
1991	-12,78	-14,82	-9,37	8,55	16,18	22,08	19,31	14,72	12,18	7,08	-5,93	-16,71
1992	-11,69	-11,94	-7,72	2,65	11,1	14,75	17,84	14,59	9,57	2,98	-5,73	-12,36
1993	-10,35	-14,67	-8,85	1,62	11,42	18,6	19,45	17,42	7,39	2,92	-16,26	-13,62
1994	-13,38	-21,12	-10,12	3,72	12,64	19,93	16,9	16,17	11,02	6,45	-6,31	-15,32
1995	-14,44	-8,14	-3,35	10,27	13,19	17,7	20,84	18,08	11,76	4,36	-3,65	-14,14
1996	-17,65	-16,5	-10,73	-0,46	13,43	20,78	20,61	14,14	9,23	1,56	-5,27	-12,44
1997	-17,91	-12,15	-3,22	7,64	13,53	17,77	16,9	15,95	12,36	7,64	-7,96	-16,79
1998	-16,5	-15,21	-7,88	-0,78	13,19	20,28	23,9	19,74	9,21	4,45	-13,01	-8,07
1999	-13,12	-10,36	-12,87	4,41	11,91	14,74	20,68	16,6	10,32	7,03	-9,17	-7,78
2000	-13,78	-10,78	-4,86	7,96	10,21	19,69	20,03	16,8	9,73	1,74	-8,93	-12,67
2001	-14,5	-17,29	-4,02	5,68	15,49	16,08	17,89	16,62	10,76	2,15	-4,75	-15,05
2002	-9,08	-6,87	-2,14	1,42	10,9	15,48	18,79	14,48	12,13	3,31	-3,24	-19,87
2003	-13,05	-15,83	-7,93	3,75	14,66	16,53	18,59	21,79	12,44	4,06	-8,02	-7,22
2004	-12,67	-11,36	-6,18	1,44	16,59	18,88	21,65	17,18	11,83	3,67	-2,33	-14,52
2005	-15,04	-18,72	-6,26	4,88	14,77	18,52	19,16	16,56	11,42	4,94	-2,39	-10,42
2006	-23,17	-13,94	-2,85	3,34	13,21	20,1	17,59	15,77	11,93	3,23	-7,36	-6,75
2007	-7,08	-15,89	-7,16	6,21	13,14	16,26	20,55	18,7	12,2	5,41	-6,05	-13,42
2008	-18,27	-11,47	-2,53	5,25	12,49	17,6	22,03	17,89	8,33	5,94	0,92	-9,23
2009	-14,48	-15,24	-3,96	3,64	12,34	18,47	18,28	16,95	12,62	5,05	-4,72	-16,84
2010	-22,74	-20,28	-7,76	6,16	14,46	19,88	19,9	20,32	11,93	3,53	-1,96	-15,16
2011	-18,85	-17,43	-8,71	5,72	12,91	17,61	19,25	15,51	13,67	5,34	-9,06	-14,33
2012	-18,33	-18,93	-7,07	9,78	14,25	20,38	22,4	18,81	11,66	5,79	-4,2	-20,15
2013	-16,84	-11,69	-8,54	5,18	11,67	18,37	19,59	17,62	11,33	2,75	0,81	-9,69
2014	-15,54	-17,65	-2,61	3,54	14,84	18,42	15,26	18,7	8,95	0,02	-6,73	-10,16
2015	-14,16	-10,54	-5,71	5,1	13,67	20,76	17,7	14,34	11,22	1,65	-7,73	-8,08
2016	-18,85	-7,58	-4,92	8,4	13,03	17,53	19,57	21,39	11,93	0,68	-10,94	-17,24
2017	-15,54	-15,28	-5,77	5,31	11,78	17,6	18,33	18,24	10,24	1,31	-2,48	-11,67
2018	-18,43	-13,82	-9,19	2,89	9,62	15,2	20,53	16,4	12,07	4,83	-5,32	-15,43
2019	-15,13	-15,28	-3,32	3,93	13,72	16,38	20,41	16,81	9,59	5,83	-7,63	-9,67
2020	-9,46	-6,79	-0,45	6,89	15,73	15,63	21,92	18,91	10,78	4,66	-6,4	-12,79
2021	-18,42	-16,7	-7,18	5,88	18,62	18,45	19,6	20,22	9,56	3,96	-5,77	-10,44
2022	-14,73	-9,84	-8,9	7,27	12,64	16,75	20,23	18,51	11,82	4,36	-8,29	-14,13
2023	-12,94	-12,69	-2,19	5,74	15	17,63	22,71	17,33	12,59	5,17	-1,26	-13,43

Приложение 2

Год	январь	февраль	март	апрель	май	сентябрь	октябрь	ноябрь	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1980	12	8	16	31	15	55	44	47	29	25	37	18
1981	5	6	24	26	46	24	53	21	62	12	17	7
1982	21	15	14	21	28	81	48	51	18	49	15	26
1983	18	16	21	15	32	80	51	69	64	24	25	32
1984	14	2	3	13	23	39	22	71	54	82	36	8
1985	18	21	2	29	21	49	118	48	15	28	26	35
1986	23	12	4	13	55	54	81	59	68	23	17	24
1987	42	13	10	41	35	16	73	56	101	6	33	15
1988	12	6	3	24	28	26	61	24	53	9	39	17
1989	26	17	10	23	42	17	23	35	24	61	31	28
1990	18	11	26	12	56	52	108	44	53	44	37	16
1991	19	4	18	3	11	33	75	54	50	6	23	24
1992	23	14	7	15	35	35	141	68	9	43	34	14
1993	19	11	12	32	37	75	83	68	41	38	13	29
1994	12	17	27	15	45	45	92	93	30	8	39	33
1995	5	12	8	6	19	36	39	25	19	29	20	51
1996	12	12	1	29	18	27	56	36	30	20	5	27
1997	34	9	10	18	46	50	43	75	24	21	34	24
1998	7	33	1	26	9	50	30	53	24	44	41	25
1999	36	12	12	10	62	62	63	79	64	21	17	20
2000	26	14	20	19	89	53	57	56	47	31	18	44
2001	35	27	18	2	23	86	52	73	47	73	31	11
2002	26	23	35	19	44	63	27	92	26	35	44	18
2003	20	10	9	14	60	84	52	25	36	30	10	15
2004	2	11	24	34	7	40	29	28	48	71	30	27
2005	10	6	42	11	29	53	79	55	35	23	3	12
2006	16	10	16	53	27	55	73	31	24	37	40	22
2007	23	27	5	26	66	46	86	36	34	6	28	15
2008	3	22	29	9	70	41	52	37	67	21	24	8
2009	22	11	13	22	32	22	48	64	17	36	12	30
2010	24	5	20	9	13	32	26	19	26	3	45	38
2011	3	19	28	33	23	91	76	29	51	31	24	9
2012	3	2	28	21	20	30	25	26	30	30	62	16
2013	31	17	42	33	38	18	63	78	34	16	30	23
2014	24	19	29	20	15	37	126	46	19	69	16	24
2015	20	3	11	21	77	37	81	64	18	51	33	44
2016	25	12	25	37	19	75	92	12	55	34	37	22
2017	28	23	11	21	45	54	73	37	18	34	13	8
2018	2	6	39	27	51	56	69	54	25	25	34	19
2019	15	25	22	20	27	43	58	74	40	35	16	21
2020	23	22	25	38	54	22	23	68	35	36	20	12
2021	22	33	18	6	4	17	67	17	12	23	16	36
2022	21	14	19	20	42	59	51	20	40	11	46	22
2023	20	18	17	4	13	52	35	68	34	58	32	41

Приложение 3

	Курган	Куртамыш	Лебяжье	Макушино	Половинное	Шатрово	Целинное	Шумиха	Звериноголовское	Шадринск
1980	140	140	139	141	141	132	140	139	147	137
1981	129	130	129	130	130	120	130	129	137	128
1982	141	147	140	143	142	136	145	141	153	142
1983	110	117	114	116	115	107	117	116	119	113
1984	127	128	127	126	127	121	129	127	132	125
1985	124	127	121	127	122	119	126	124	127	125
1986	117	119	117	116	118	103	119	117	124	112
1987	134	133	133	134	133	124	133	131	134	133
1988	131	134	130	128	138	128	133	131	140	130
1989	131	127	130	129	133	127	132	132	133	132
1990	134	135	133	134	141	132	134	132	140	129
1991	163	162	141	157	157	156	162	164	164	160
1992	123	127	122	120	123	119	128	127	127	127
1993	121	121	120	119	121	114	120	119	121	120
1994	139	140	135	135	136	136	138	142	138	144
1995	160	161	154	156	160	158	160	163	165	162
1996	127	129	123	122	127	115	129	129	133	124
1997	159	158	153	154	159	148	157	156	166	153
1998	128	129	126	127	129	122	129	129	132	124
1999	134	136	132	135	138	119	134	133	142	128
2000	127	131	128	128	129	119	122	120	137	120
2001	143	140	139	138	141	137	148	142	146	143
2002	135	135	132	131	134	129	134	131	138	132
2003	145	145	143	144	146	140	144	140	145	146
2004	142	143	141	141	145	135	144	143	147	141
2005	143	145	141	143	144	139	143	146	141	147
2006	142	140	139	138	142	134	139	138	139	142
2007	147	147	145	145	148	137	146	147	149	144
2008	129	129	127	127	130	120	130	129	132	127
2009	144	143	138	138	143	135	142	142	144	143
2010	148	148	143	143	145	138	147	148	149	147
2011	150	149	145	147	151	140	150	149	152	148
2012	162	162	156	157	163	147	162	160	138	159
2013	135	142	131	131	142	125	138	137	139	136
2014	133	133	132	132	136	127	132	133	135	132
2015	141	140	137	137	142	136	140	139	141	142
2016	150	147	145	147	156	138	151	146	147	148
2017	134	134	132	132	133	122	129	131	137	130
2018	127	132	126	125	128	121	133	131	134	131
2019	134	133	133	136	132	127	132	132	136	133
2020	149	146	146	148	145	140	146	150	148	147
2021	144	142	142	141	141	139	143	143	143	139
2022	150	144	146	147	146	133	144	139	153	143
2023	152	150	148	148	150	143	150	150	152	153