



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

Кафедра Метеорологии, климатологии и охраны атмосферы

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)**

**На тему: «Влияние опасных агрометеорологических явлений на
урожайность сельскохозяйственных культур»**

Исполнитель Шиков Вячеслав Олегович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)

Абанников Виктор Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

к.ф.-м.н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Сероухова Ольга Станиславовна
(фамилия, имя, отчество)

« 12 » 06 **2023 г.**

Санкт-Петербург
2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Физико—географическое и климатическое описание территории среднего Поволжья.....	4
1.1 Рельеф местности	5
1.2 Гидрография.....	12
1.3 Циркуляционные факторы климата.....	14
1.4 Солнечная радиация	18
1.5 Температурный режим	23
2 Режим опасных метеорологических явлений для растениеводства	27
2.1 Опасные явления погоды теплого периода в среднем Поволжье	30
2.2 Опасные явления погоды холодного периода в среднем Поволжье.....	37
3 Анализ влияния опасных метеоусловий на урожайность сельскохозяйственных культур	42
3.1 Урожайность основных сельхозкультур с 2010 по 2020гг. в среднем Поволжье.....	42
3.2 Влияние температурных аномалий на урожайность яровых культур	46
Заключение	55
Список используемой литературы	56
Приложение	58

Введение

Проблема опасных агрометеорологических явлений по – прежнему актуальна, поскольку для принятия мер и повышения коэффициента полезного действия при реализации мер по минимизации ущерба от опасных агрометеорологических явлений (ОАЯ), необходимо иметь представление о том, какие ОАЯ угрожают рассматриваемой сельскохозяйственной культуре и какие меры защиты необходимо предпринять для сохранения максимально возможного количества сельскохозяйственных культур в исследуемой местности, учитывая все климатические, геофизические и др. критерии оценки.

В данной работе рассмотрены опасные явления погоды (ОАЯ), угрожающие сельскохозяйственному сектору на территории среднего Поволжья. В частности, проведён анализ частоты случаев ОАЯ на рассматриваемой местности. В первой главе представлена информация о климатической и географической особенности расположения рассматриваемой территории среднего Поволжья. Во второй главе дипломной работы показано как формировалась база данных и проводился анализ её качества.

Основная задача дипломной работы заключается в анализе влияния опасных явлений погоды на урожайность яровых культур, таких как овощи, сахарная свекла, подсолнечник, картофель, зерновых и зернобобовых культур в период с 2010 по 2020гг. на рассматриваемой территории – среднее Поволжье, которое включает в Ульяновскую, Саратовскую, Пензенскую области и Республику Татарстан. Выбор периода обусловлен возможностью рассмотреть и проанализировать влияние ОАЯ на урожайность. Для этого необходимо провести анализ температурного режима на рассматриваемых метеорологических станциях в период с 1900 года до настоящего времени 2023 года, однако предоставленная база данных ограничивается 2020 годом.

1 Физико - географическое и климатическое описание территории среднего Поволжья

Среднее Поволжье – это уникальный регион Российской Федерации, расположенный в центральной части Волги, между Самарской Лукой на юге и Камским впадиной на севере. Этот регион обладает разнообразными природными условиями, которые определяют его экологические, экономические и социальные характеристики [6].

Физико-географические особенности среднего Поволжья представляют собой сложную и многообразную систему, которая определяет природные условия и ресурсы региона. В этой главе будут рассмотрены основные аспекты физико-географической структуры среднего Поволжья, такие как рельеф, климат, гидрография, циркуляционные факторы и солнечная радиация.

На рисунке 1 представлена схематичная карта исследуемых областей, именуемая средним Поволжьем и включающая в себя – Ульяновскую область (Административный Центр – г. Ульяновск), Пензенскую область (Административный Центр – г. Пенза), Самарскую область (Административный Центр – г. Самара), Республику Татарстан (Административный Центр – г. Казань).



Рис. 1 Регионы среднего Поволжья

1.1 Рельеф местности

Среднее Поволжье, расположенное в центральной части России, представляет собой регион с разнообразным рельефом, включающим равнины, возвышенности, долины и ущелья.

Рельеф Среднего Поволжья является сложной комбинацией равнин, возвышенностей, долин, ущелий, эрозионных и осадочных форм. Это обширная территория с разнообразными ландшафтами, которые представляют интерес как с геологической, так и с природно—исторической точки зрения. [6]

Среднее Поволжье является одним из крупнейших и наиболее разнообразных регионов России с точки зрения физико—географических условий. Рельеф местности играет ключевую роль в формировании природных условий и ресурсов региона, определяя его климат, гидрографию, почвы и растительность. В данной статье представлен анализ особенностей рельефа среднего Поволжья его влияния на природные условия. [11]

Рельеф формировался на протяжении многих миллионов лет под воздействием различных геологических процессов. Основу рельефа составляют древние кристаллические породы, покрытые мощными слоями осадочных породного возраста. В результате длительного развития и взаимодействия различных процессов (тектонических, эрозионных, аккумулятивных) сформировались характерные элементы рельефа среднего Поволжья. [11]

Представлен разнообразными формами, среди которых можно выделить следующие основные типы:

- Холмистые равнины занимают значительную часть территории среднего Поволжья и характеризуются наличием небольших холмов и возвышенностей, разделенных узкими долинами и низменностями. Эти формы рельефа обусловлены эрозионными процессами и геологическим строением.
- Плато в среднем Поволжье представляют собой возвышенные участки с относительно ровной поверхностью, образованные застывшими лавовыми потоками или известняковыми породами. Плато служат важными водоразделами между реками и оказывают влияние на гидрографию региона.
- Низменности среднего Поволжья представляют собой обширные равнинные участки, занимающие долины рек и проточных озер. Они характеризуются наличием пойменных и дельтовых отложений, а также болот и заболоченных лесов. [6]

Территория Пензенской области в основном представляет собой холмистую равнину. Приволжская возвышенность занимает центральную и восточную части, а западная часть состоит из Окско-Донской низменности. Самая высокая и пересеченная холмистая местность находится на Засурье - это Сурское плато, расположенное в излучине реки Суры. Его высота составляет около 270-300 метров. Восточная граница области проходит через возвышенность Сурскую Шишку, которая находится на более высокой отметке - более 320 метров над уровнем моря. На западе от реки Суры находятся Сурско-Мокшанская и

Керенско-Чембарская возвышенности, высота которых составляет 270-290 метров над уровнем моря. В долине реки Выши, на северо-западе области, высота не превышает 100 метров над уровнем моря. [3]

Рельеф характеризуется тремя высотными уровнями: 150-180, 200-240 и 280-320 метров. Низкая ступень находится на западе, в восточной части Окско-Донской низменности и долине крупных рек. Средняя и верхняя ступени присутствуют в центральных районах и на восточной части области. Границы между ступенями характеризуются более крутыми склонами со значениями до 10-15 градусов и более крутыми откосами. К западу от долины реки Суры и Ардыма, во время Днепровской ледниковой эпохи, находилась краевая часть ледникового языка. [11]

Эрозия и другие природные процессы сформировали речные долины, междуречья, овраги, балки, золовые холмы, западины, конусы выносов и различные формы склонов. Долины крупных рек Суры, Узы, Мокши и Хопра имели сложную историю развития. Возникали одна или несколько надпойменных террас, которые заполнялись весенним половодьем и осадждением песка и ила. По мере удаления от русла, накопление осадочных отложений уменьшается, поэтому внешний край поймы становится пониженным и часто заболоченным. В поймах можно встретить пойменные озера, заболоченные озера, а также золовые формы, такие как песчаные бугры, холмы высотой до 1,5 метра, корытообразные ложбины глубиной менее 1 метра, а также замкнутые понижения, образовавшиеся в результате просадки грунта.

На надпойменных террасах рельеф сглажен, однако он разрезан оврагами и балками, через которые вода выносит песок и гальку, образуя конусы выносов. Эти конусы часто разделяют припойменную часть поймы на цепочки сухих котловин, заболоченных котловин и озер. [11]

Речные долины в Пензенской области разделены асимметричными междуречьями, с более крутыми южными склонами. Относительные высоты междуречий над поймами рек составляют около 40-50 метров на Окско-Донской низменности и 180-190 метров в пределах Приволжской возвышенности.

На западных участках поверхности междуречий широкие, низменные и плоские. На Керенско-Чембарской и Сурско-Мокшанской возвышенностях, а также на южной части преобладают волнистые и слабовыпуклые поверхности, а в Засурье можно встретить возвышенные платообразные участки с холмистыми и грядовыми останцами.

На плоских междуречьях не редки суффозионные западины с глубиной до 20-30 метров и засоленными почвами. [11]

Одним из активных факторов современного рельефообразования является поверхностная и линейная водная эрозия. Поверхностная эрозия выравнивает местность, в то время как линейная эрозия расчленяет ее. Сельскохозяйственные угодья особенно подвержены эрозии, и около 40% таких угодий в области уже эродированы, что составляет около 13 тысяч квадратных километров. Более 100 тысяч гектар сельхозугодий находятся под оврагами и балками. [17]

Густота овражно-балочной сети увеличивается с запада на восток, при этом безлесные районы имеют более плотную сеть, чем лесистые районы. Склоны с южной экспозицией наиболее плотно усеяны оврагами. Овраги разнообразны по форме, и их глубина часто достигает 20-30 метров и более, а длина может быть несколькими километрами.

Современное развитие овражной сети происходит преимущественно за счет боковых (склоновых) и вторичных (донных) оврагов. Овражная сеть имеет множество разветвлений и проникает на водораздельные склоны. Незатронутые оврагами участки обычно находятся на водоразделах, и их ширина редко превышает 2-3 километра. [11]

Средняя высота поверхности над уровнем моря в Ульяновской области составляет около 180 метров. Самая высокая точка находится на водораздельной гряде к югу от реки Новоспасское и имеет высоту 353 метра, а самая низкая точка -25 метров - это уровень Саратовского водохранилища у села Панышино в Радищевском районе. [11]

Между правобережной и левобережной частями области наблюдаются значительные различия в рельефе. В правобережной части, которая является частью Приволжской возвышенности, можно выделить платообразные водораздельные участки, расположенные на разных уровнях. Самым древним из них является высокое плато на отметках около 280-320 метров, занимающее значительные площади на западе и юго-западе области в истоках рек Сура, Барыш, Сызрань, Инза, Канадей, Терешка.

В других районах высокое плато сохраняется в виде останцовых массивов на водоразделах рек Барыш и Свияга, Сызранка и Терешка, их иногда называют горами, например, гора Вотлама в Радищевском районе или гора Золотая в Старокулаткинском районе. Массивы высокого плато окаймлены поверхностью низкого плато на отметках 180-240 метров и склонами высотой 60-80 метров с крутизной от 8 до 20 градусов. [11]

Междуречья в Пензенской области разделяют речные долины, характеризующиеся асимметричными чередованиями с более крутыми южными склонами. Различия в высоте междуречий над поймами рек составляют около 40-50 метров на Окско-Донской низменности и 180-190 метров в районах Приволжской возвышенности. [11]

На западных участках поверхность междуречий широка, низменна и плоска. В Керенско-Чембарской и Сурско-Мокшанской возвышенностях, а также на южной части области преобладают волнистые и слегка выпуклые поверхности. В Засурье можно найти возвышенные платообразные участки с холмами и грядами из останцев.

Плоские междуречья часто имеют суффозионные западины глубиной до 20-30 метров, а также почвы, подверженные засолению.

Одним из активных факторов, определяющих современное формирование рельефа, является водная эрозия, которая проявляется как поверхностная и линейная эрозия. Поверхностная эрозия способствует выравниванию местности, в то время как линейная эрозия вносит изрезанность. Сельскохозяйственные уго-

дья особенно подвержены эрозии, и около 40% таких угодий в области уже подверглись эрозии, что составляет примерно 13 тысяч квадратных километров. Более 100 тысяч гектар сельскохозяйственных угодий находятся в оврагах и балках. [11]

Плотность оврагов и балок увеличивается с запада на восток, причем безлесные районы обладают более плотной сетью по сравнению с лесистыми районами. Склоны, обращенные на юг, наиболее плотно засеяны оврагами. Овраги разнообразны по форме, и их глубина часто достигает 20-30 метров и более, а длина может быть несколькими километрами. [11]

Современное развитие овражной сети происходит в основном за счет боковых (склоновых) и вторичных (донных) оврагов. Овражная сеть имеет множество ветвлений и проникает на склоны водоразделов. Незатронутые оврагами участки обычно находятся на водоразделах [2], и их ширина редко превышает 2-3 километра.

Средняя высота над уровнем моря в Пензенской области составляет около 180 метров. Самая высокая точка расположена на водораздельной гряде к югу от реки Новоспасское и имеет высоту 353 метра, а самая низкая точка находится на уровне -25 метров у Саратовского водохранилища у села Панышино в Радищевском районе. [11]

Между правобережной и левобережной частями области существуют значительные различия в рельефе. В правобережной части, которая является частью Приволжской возвышенности, можно выделить платообразные водораздельные участки, расположенные на разных уровнях. Самым древним из них является высокое плато на отметках около 280-320 метров, которое занимает значительные площади на западе и юго-западе области в истоках рек Сура, Барыш, Сызрань, Инза, Канадей, Терешка.

В других районах высокое плато сохраняется в виде останцовых массивов [4] на водоразделах рек Барыш и Свияга, Сызранка и Терешка. Эти массивы иногда называют горами, например, гора Вотлама в Радищевском районе или гора Золотая в Старокулаткинском районе. Массивы высокого плато окружены

низким плато, которое располагается на отметках 180-240 метров, и имеют склоны высотой 60-80 метров с крутизной от 8 до 20 градусов.

На севере города Саратова расположена гора Соколовая, на юге - Алтын-ная, а на западе - Лысогорский массив. На границе с Волгоградской областью есть высокий утес, связанный с преданием о лагере известного атамана Степана Разина.

На правом берегу Волги можно наблюдать множество оврагов и оползней, особенно в районе Хвалынского, Вольска, села Усть-Курдюм, а также в окрестностях Саратова от речки Гуселки до Глебучего оврага и от поселка Нефтяной до поселка Лесопильный. [6]

Приволжская возвышенность разрезана долинами рек, принадлежащих бассейнам Волги и Дона. Восточный край Донского бассейна является возвышенным участком, а волжские притоки, такие как Курдюм, Терешка и Чардым, представляют пониженные участки.

Геологическая структура Приволжской возвышенности включает меловые отложения, такие как мел, глина, мергель, опоки, пески, а также палеогеновые отложения, такие как опоки, пески и песчаники.

Окско-Донская низменность находится на западе области и включает в себя бассейны рек Хопер, Терса и правых притоков Медведицы. Это плоская равнина с небольшими холмами, наклоненными с севера на юг, средняя высота составляет от 160 до 190 метров. Геологическая структура представлена молодыми суглинистыми и песчаными породами, покрытыми моренами с валунами.

Между Приволжской возвышенностью и Сыртовой равниной на востоке находится долина Волги - обширная ступенчатая равнина. Ее формирование сильно зависело от внутренних и внешних факторов рельефообразования.

В Заволжье, между Общим Сыртом и Приволжской возвышенностью, расположена обширная низменность - Сыртовая равнина. Рельеф здесь спокойный с наклоном с севера на юг в сторону Прикаспийской низменности и на запад в направлении Волги.

Характерной особенностью равнины являются обширные водораздельные массивы, известные как сырты. Средняя высота равнины составляет от 60 до 100 метров над уровнем моря, но наиболее высокие точки достигают 130-180 метров.

1.2 Гидрография

Гидрография среднего Поволжья характеризуется наличием множества рек, озер и водохранилищ. Основными реками являются: Волга, а также ее наиболее крупные притоки Волги в её среднем течении: Кама (1805 км), Ока (1500 км), Ветлуга (889 км), Сура (841 км), Самара (594 км), Свияга (375 км), Сок (364 км). Все они имеют большое значение для рыболовства, судоходства и водоснабжения региона. [3]

Волга — крупнейшая река России и Европы, протекающая через среднее Поволжье. Ее длина составляет около 3 700 км, а площадь водосбора — более 1,3 млн км². Волга является главной транспортной артерией региона, по ней перевозятся груз и пассажиры на судах различного типа. [6]

Кама — крупнейшая притока Волги, протекающая на территории Пермского края, Удмуртии, Татарстана и Ульяновской области. Длина реки составляет около 1 800 км, а площадь водосбора — более 500 тыс. км². Кама является важной рекой для рыболовства и судоходства. [3]

На Средней Волге образованы водохранилища: выше плотины Чебоксарской ГЭС в г. Новочебоксарск расположено Чебоксарское (площадь при нормальном подпорном уровне (НПУ) 63,0 м составляет 1080 км², при НПУ 68,0 м — 2170 км²); Куйбышевское — крупнейшее в Евразии (площадь при НПУ 53,0 м — 6150 км²), образовано плотинной Жигулёвской ГЭС высотой 45 м, построенной у г. Жигулёвск в 1955 г.; Саратовское — плотинной Саратовской ГЭС (площадь 1831 км²). [6]

Кама — река в европейской части России, левый и самый крупный приток Волги. [3]

Длина Камы составляет 1805 км (до постройки Куйбышевского водохранилища была 2030 км). Река принимает 74 718 притоков, площадь водосборного бассейна — более 507 000 км². Уклон реки по состоянию на 1952 год — 0,11 м/км. [3]

Ока — река в европейской части России, крупнейший и наиболее многоводный правый приток Волги. Длина — 1500 км. Площадь водосборного бассейна — 245 тыс. км². Среднегодовой расход воды в районе города Горбато́ва — 1258 м³/с.

Ветлуга — река в Европейской части России, в Кировской, Костромской, Нижегородской областях и Республике Марий Эл, левый приток реки Волга. Длина 889 км, площадь бассейна 39,4 тыс. км². Образуется при слиянии рек Ветлужка и Чёрная. Протекает в центральной части Восточно-Европейской равнины, впадает в Чебоксарское водохранилище. Основные притоки: Вохма, Люнда (правые), Нея, Большая Какша, Уста, Юронга (левые).

Сура — река, протекающая на территории Мордовии, Рязанской и Пензенской областей. Длина реки составляет около 800 км, а площадь водосбора — более 60 тыс. км². Сура является важной рекой для рыболовства и судоходства.

Самара — река в Оренбургской и Самарской областях России, левый приток Волги (впадает в Саратовское водохранилище).

Длина — 594 км, площадь водосборного бассейна — 46,5 тыс. км². Среднегодовой расход воды — в 236 км от устья 47,2 м³/с. В устье реки расположен город Самара. [3]

Свияга — Река Свияга – одна из крупнейших рек Ульяновской области, правый приток Волги, в которую она впадает в пределах республики Татарстан. Общая длина — 375 км, по территории области её путь составляет 216,4 км. Начинается в Кузоватовском районе.

Сок — река в Оренбургской и Самарской областях России. Устье реки находится на 1429 км от устья Волги (Саратовское водохранилище). Длина — 363 километра, площадь бассейна — 11 700 км². Средний расход воды — 16,1

м³/с (в 174 км от устья). Сок берёт начало на Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Устье — к северу от города Самары.

Наиболее крупные озера — Чебоксарское, Сарыг—Куль, Большое Муромцевское, Большая Икша. [3]

1.3 Циркуляционные факторы климата

Циркуляционные факторы климата в среднем Поволжье включают в себя глобальные и региональные циркуляционные системы, которые определяя климатические условия в этом регионе.

Глобальные циркуляционные системы, такие как тропический циклон экваториальная зона конвергенции, субтропические антициклоны, западные ветры и полярные вихри, оказывают влияние на климатические условия в среднем Поволжье. [6]

Тропический циклон и экваториальная зона конвергенции обеспечивают высокую влажность и сильные дожди в летний период, в то время как субтропические антициклоны и западные ветры обеспечивают более сухой климат в зимний период. Полярные вихри влияют на климатические условия в зимний период, обеспечивая холодные и сухие условия. [10]

Региональные циркуляционные системы, такие как местные ветры, морские течения, горные барьеры и местные термические эффекты, также оказывают влияние на климатические условия в среднем Поволжье. Местные ветры, такие как бризы и ветры, дующие вдоль горных склонов, могут влиять на температуру и влажность в конкретных районах.

Морские течения, такие как Волга и Кама, могут влиять на климатические условия на прибрежных территориях. Горные барьеры, такие как Уральские горы, могут блокировать движение воздуха и влиять на климатические условия на обеих сторонах гор. [15]

Местные термические эффекты, такие как изменения температуры и давления на местности, вызванные различиями в покрытии земли, могут влиять на климатические условия в конкретных районах. [15]

Циркуляционные факторы климата в среднем Поволжье определяются географическим положением региона и влиянием глобальных и региональных циркуляционных систем [15]. Понимание этих факторов помогает улучшить прогнозирование погоды и климатических изменений в регионе, а также разработать эффективные стратегии адаптации к изменяющимся климатическим условиям.

Были построены розы ветров по трем станциям: Казань (ГМО), Октябрьский городок и Александров гай на основе массива данных среднемесячного направления ветра в период с 1966 по 1980гг. (рис. 2, 3, 4). [1]

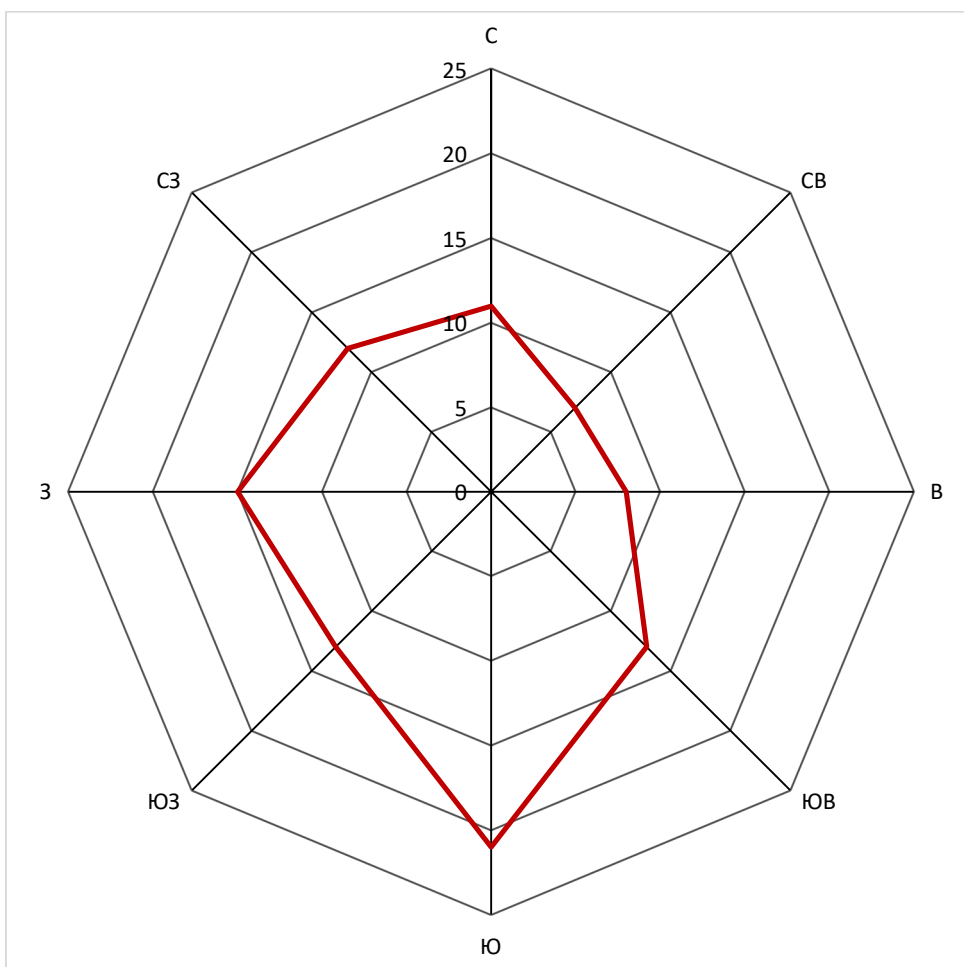


Рис 2 Роза ветров, станция Казань, ГМО

По представленной диаграмме (см. рис 2) можно сделать вывод о том, что в республике Татарстан за данный период наибольшая вероятность ветра наблюдалась с Южного направления – повторяемость 21%. Также преобладали Юго-восточное и юго-западное направления, они зафиксированы в 17% случаев. Западное направление ветра наблюдалось с повторяемостью в 15%. Северо-западное направление наблюдалось в 12% случаев, северное в 11%, восточное в 8%, северо-восточное в 7% соответственно.

В заключение из вышесказанного можно сделать вывод о том, что на станции ГМО города Казань преобладает Южное направление ветра.

Далее представлена роза ветров со станции Октябрьский городок, которая находится в 50 км к северо-западу от города Саратов, Саратовская область. Данные по направлению ветра являются осредненными значениями в период с 1966 по 1980 год. (рис. 3) [1]

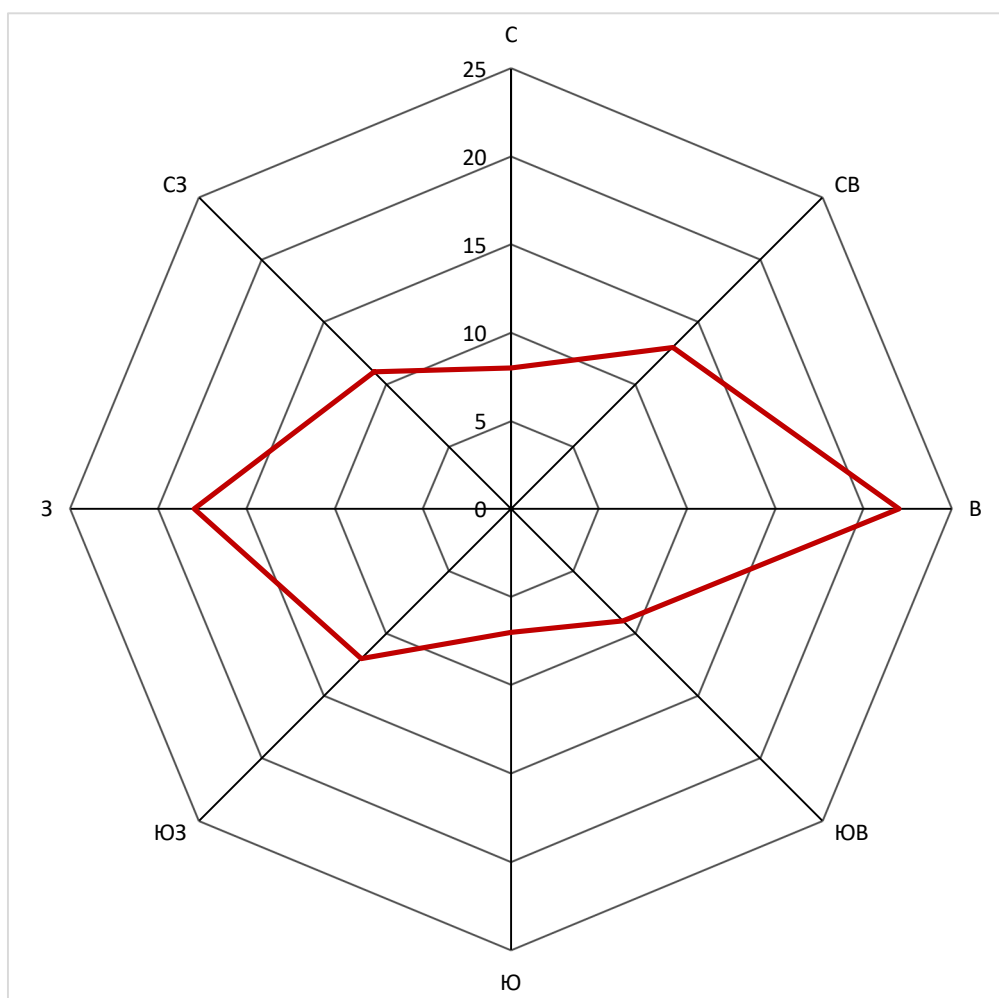


Рис 3 Роза ветров, станция Октябрьский городок

По представленной диаграмме (см. рис3) можно сделать вывод о том, что в центре Саратовской области, близи административного центра области, города Саратова, преобладали Восточное и Западное направления ветра – 16% и 14% соответственно. С меньшей вероятностью наблюдалось юго-западное направление, его повторяемость составила 13%. Повторяемость Юго-восточного и северо-восточного направления составила 12%. Южное, северо-западное и северное направления встречались реже всего с повторяемостью 11%.

Таким образом можно сказать, что на территории вблизи города Саратов на станции октябрьский городок наиболее часто встречающимися направлениями ветра являются восточное и западное. [1]

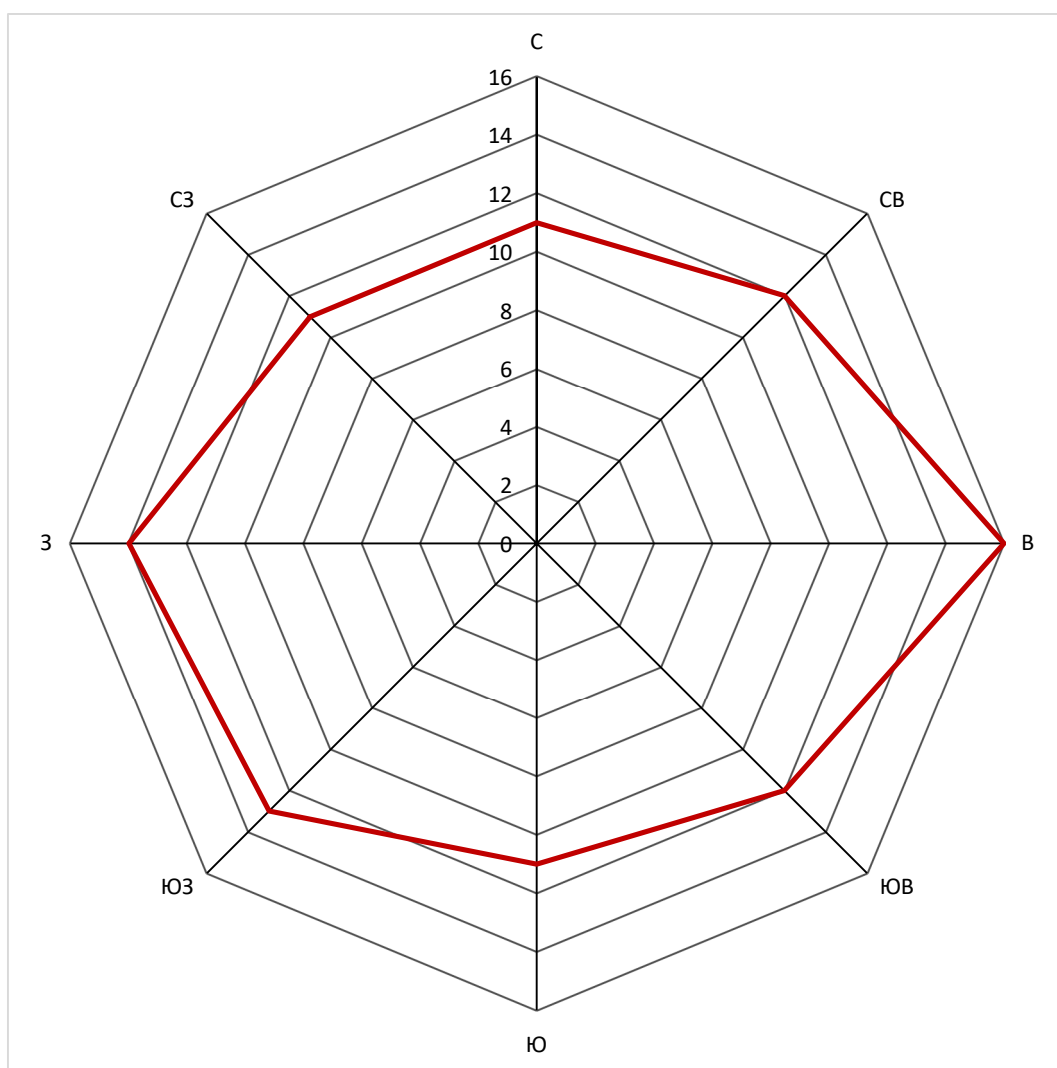


Рис 4 Роза ветров, станция Александров Гай

1.4 Солнечная радиация

Солнечная радиация играет важную роль в климатической системе Среднего Поволжья. Рассмотрим подробнее особенности солнечной радиации на этой территории.

Инсоляция — это количество солнечной энергии, достигающей поверхности Земли в определенной области и за определенный период времени. В Среднем Поволжье инсоляция варьирует в зависимости от времени года, географического положения и атмосферных условий. Рассмотрим подробнее особенности инсоляции в этом регионе. [6, 7]

Инсоляция в летний период характеризуется более длительными днями и более вертикальным положением солнца над горизонтом. В результате инсоляция в Среднем Поволжье в летние месяцы достигает наивысших значений. Это означает, что регион получает большое количество солнечной энергии, что способствует повышению температуры воздуха и созданию теплого климата. Более интенсивная инсоляция в летний период также способствует активному фотосинтезу растений и обеспечению высокой продуктивности сельскохозяйственных культур. [7]

Инсоляция в зимний период в Среднем Поволжье снижается из-за более короткого дня и более низкого положения солнца над горизонтом. В результате солнечная энергия, достигающая поверхности, становится менее интенсивной. Это объясняет более низкие температуры воздуха и наличие холодных зим в регионе. Однако даже в зимний период солнечная радиация остается значимым и важным источником энергии.

Солнечная радиация на территории Среднего Поволжья варьирует в зависимости от времени года.

Летом, когда Среднее Поволжье получает больше солнечной энергии, радиационный баланс положительный, что приводит к повышению температуры воздуха и способствует развитию теплого климата. Зимой радиационный баланс

отрицательный, поскольку солнечная радиация недостаточна для полного компенсирования потерь тепла [15]. Это приводит к холодным зимам с низкими температурами. [6]

Географическое положение и высота солнца над горизонтом также влияют на солнечную радиацию в Среднем Поволжье. Регион находится на северных широтах, что означает, что зимой солнце находится на низком уровне над горизонтом, что приводит к меньшему количеству солнечной радиации, которая достигает поверхности. В то же время, летом солнце находится на более высоком уровне над горизонтом, что приводит к более интенсивной солнечной радиации.

Атмосферные условия, такие как прозрачность атмосферы и содержание аэрозолей, также влияют на солнечную радиацию в Среднем Поволжье. Более прозрачная атмосфера способствует более интенсивному проникновению солнечной радиации до земной поверхности. Однако высокое содержание аэрозолей, таких как пыль, дым или загрязнения, может ограничивать проникновение солнечной радиации и приводить к снижению инсоляции.

Особенности ландшафта, такие как наличие гор, лесов и водных поверхностей, могут оказывать влияние на распределение солнечной радиации. Горные хребты могут создавать тени и блокировать солнечную радиацию, особенно в низких положениях солнца. Леса могут оказывать смягчающее влияние на солнечную радиацию, а водные поверхности, такие как реки и озера, могут отражать солнечный свет, усиливая инсоляцию. [6] [15]

В целом, солнечная радиация на территории Среднего Поволжья подвержена вариациям в зависимости от времени года, географического положения, атмосферных условий и особенностей ландшафта. Изучение этих факторов является важным для понимания климатической системы региона и его потенциала для использования солнечной энергии.

Инсоляция также варьирует в течение суток. В Среднем Поволжье наиболее интенсивная инсоляция наблюдается во время солнечного полдня, когда солнце находится на наивысшей точке своего пути над горизонтом [17]. В этот

момент солнечная энергия достигает поверхности Земли под наиболее прямым углом, что обеспечивает максимальное отопление и освещение.

Для анализа построим графики месячных сумм прямой, рассеянной, суммарной радиации и радиационного баланса, рис. 4-7. [1]

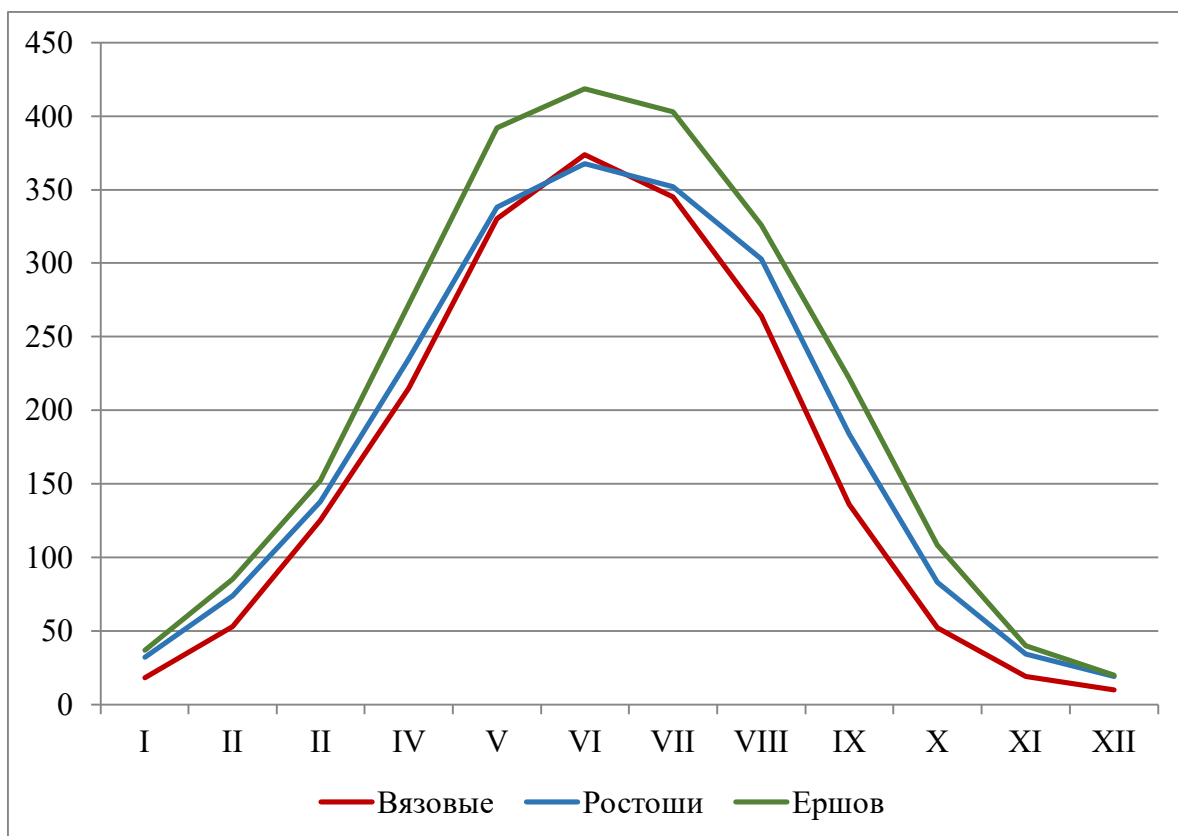


Рис 4 График месячных сумм прямой солнечной радиации (МДж/м²) на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности

График "Месячные суммы прямой солнечной радиации" представляет собой кривые, отражающие суммарное количество прямой солнечной радиации, полученной на трех станциях за каждый месяц в течение года. Линия, соответствующая станции Ершов, всегда расположена выше остальных двух станций, что указывает на то, что на этой станции прямая солнечная радиация в среднем более интенсивная (рис. 4).

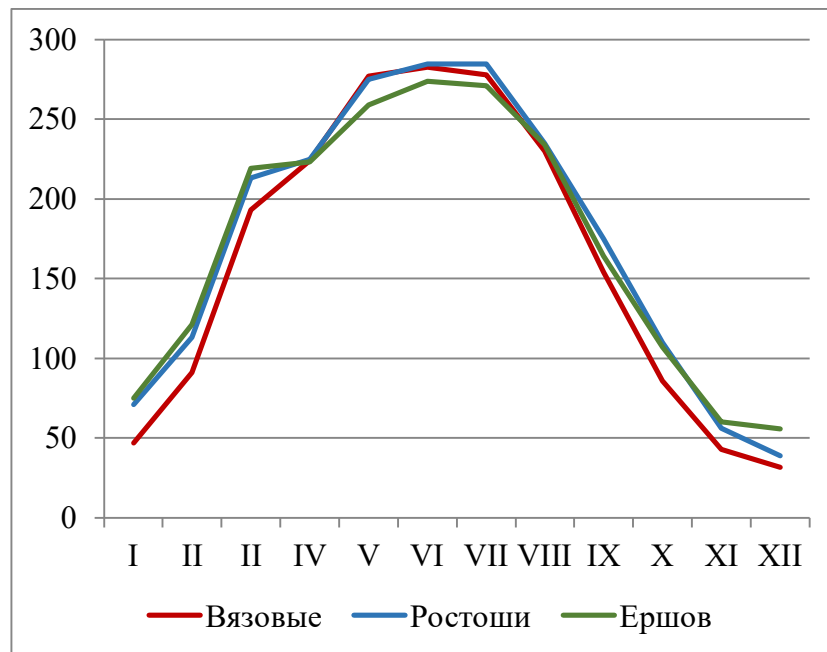


Рис 5 График месячных сумм рассеянной солнечной радиации (МДж/м²) при средних условиях облачности

График на рис. (5) отображает суммарное количество рассеянной солнечной радиации на трех станциях за каждый месяц. В данном случае линия со станции Ершов также находится выше остальных станций, что указывает на более высокую сумму рассеянной солнечной радиации на этой станции.

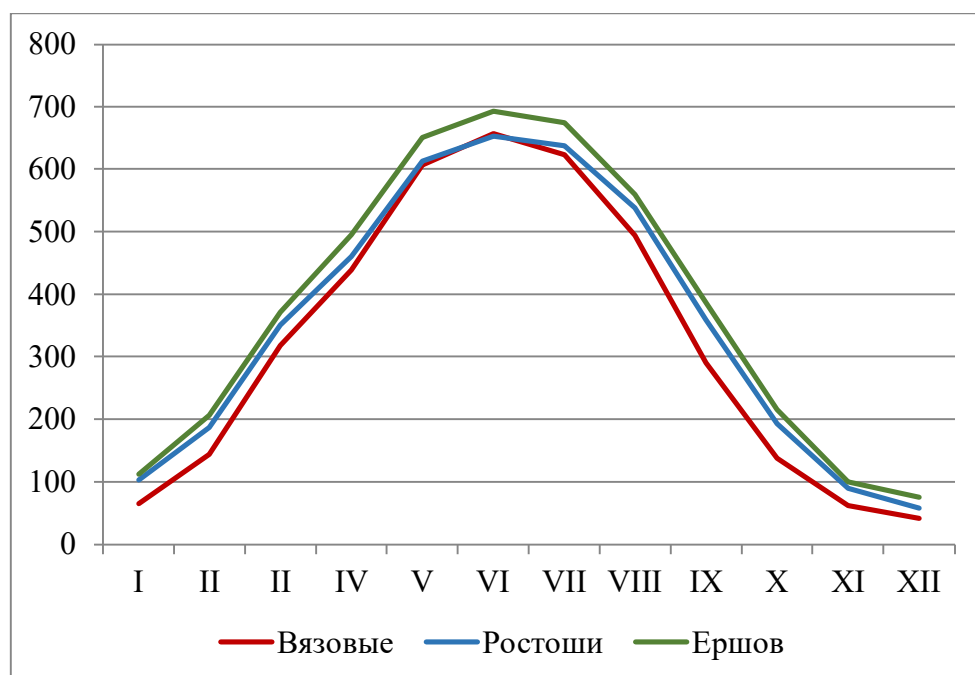


Рис 6 График Месячных сумм суммарной солнечной радиации (МДж/м²) при средних условиях облачности

На рисунке (6) в виде графика представлены суммарные значения прямой и рассеянной солнечной радиации на трех станциях за каждый месяц. Здесь также видно, что линия, соответствующая станции Ершов, находится выше остальных, указывая на более высокую общую сумму солнечной радиации на этой станции. Станция Ростоши имеет значения, близкие к станции Ершов.

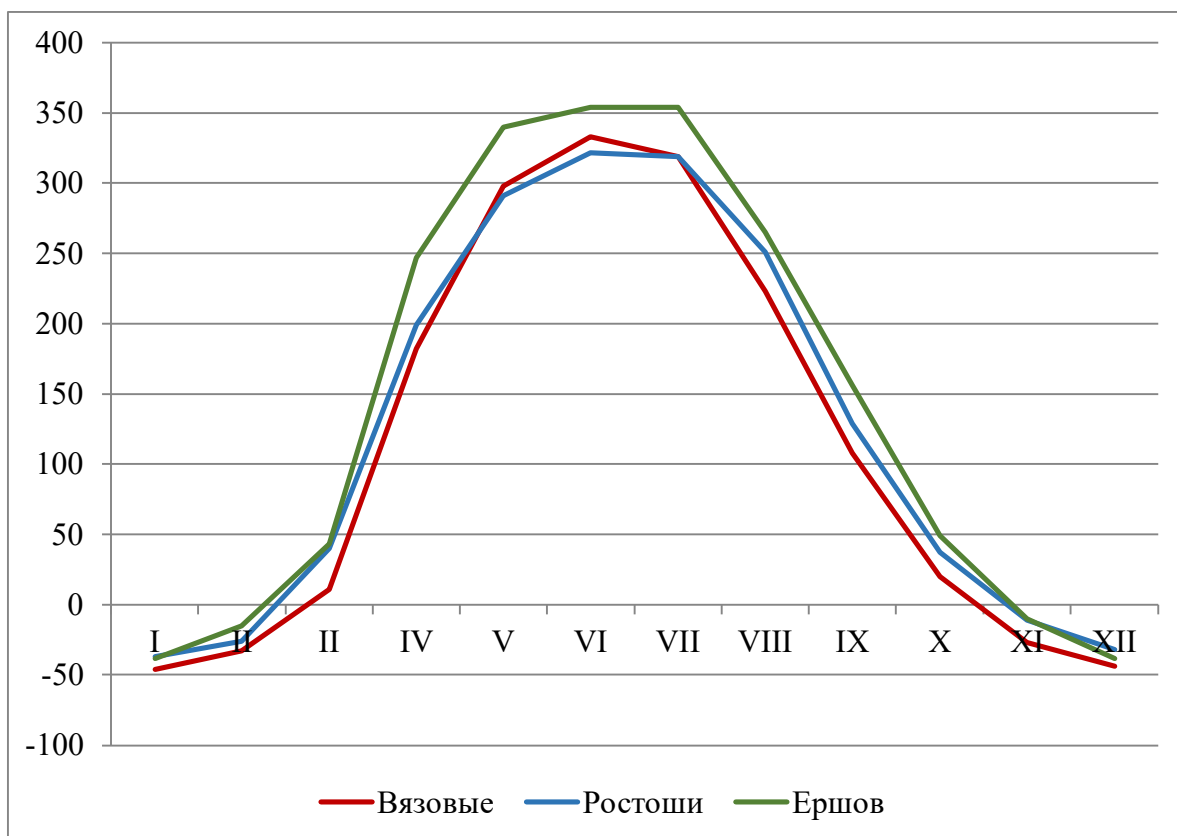


Рис 7 График радиационного баланса деятельной поверхности (МДж/м²) при средних условиях облачности

График "Радиационный баланс деятельной поверхности" показывает разницу между прямой и рассеянной солнечной радиацией на трех станциях за каждый месяц. В данном случае можно заметить, что разница между прямой и рассеянной радиацией на станции Ершов в среднем больше, чем на других станциях. Это может указывать на более высокую прозрачность атмосферы на этой станции, что приводит к большей доле прямой радиации. Станция Ростоши имеет значения, близкие к станции Ершов, но немного меньшие (рис. 7).

Из предоставленных данных можно сделать вывод, что станция Ершов имеет более высокие значения прямой и рассеянной солнечной радиации, а

станция Вязовые всегда имеет более низкие значения. Станция Ростоши ближе к станции Ершов по значениям, но немного ниже. Эти различия могут быть обусловлены различиями в географическом положении, местности, атмосферных условиях и других факторах, которые влияют на количество и интенсивность солнечной радиации, получаемой на этих станциях. [1]

1.5 Температурный режим

В данном разделе будет рассмотрен температурный режим Саратовской (рис. 8), Пензенской (рис. 9), Ульяновской (станция Инза, см. рис. 10) областей и Республики Татарстан (рис. 11) на основании данных [1] осредненных с 1830 по 2020 года и построенных графиков среднемесячных температур.

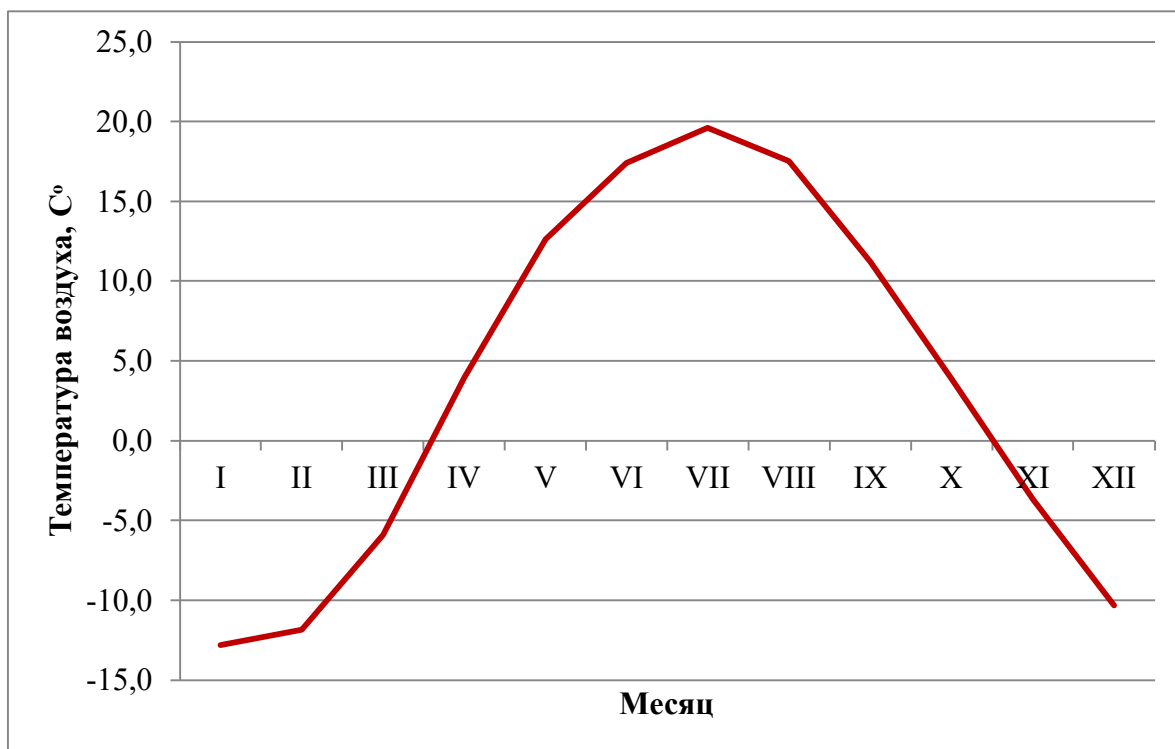


Рис 8 Средняя месячная температура со станции Казань

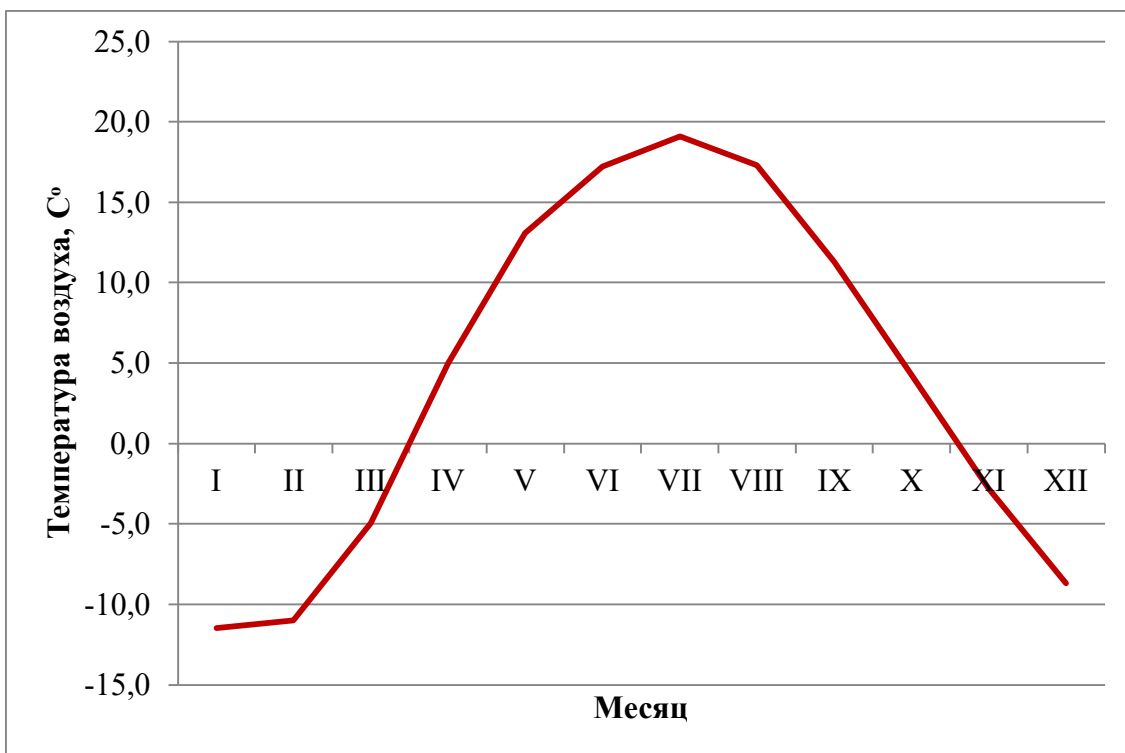


Рис 9 Средняя месячная температура со станции Инза

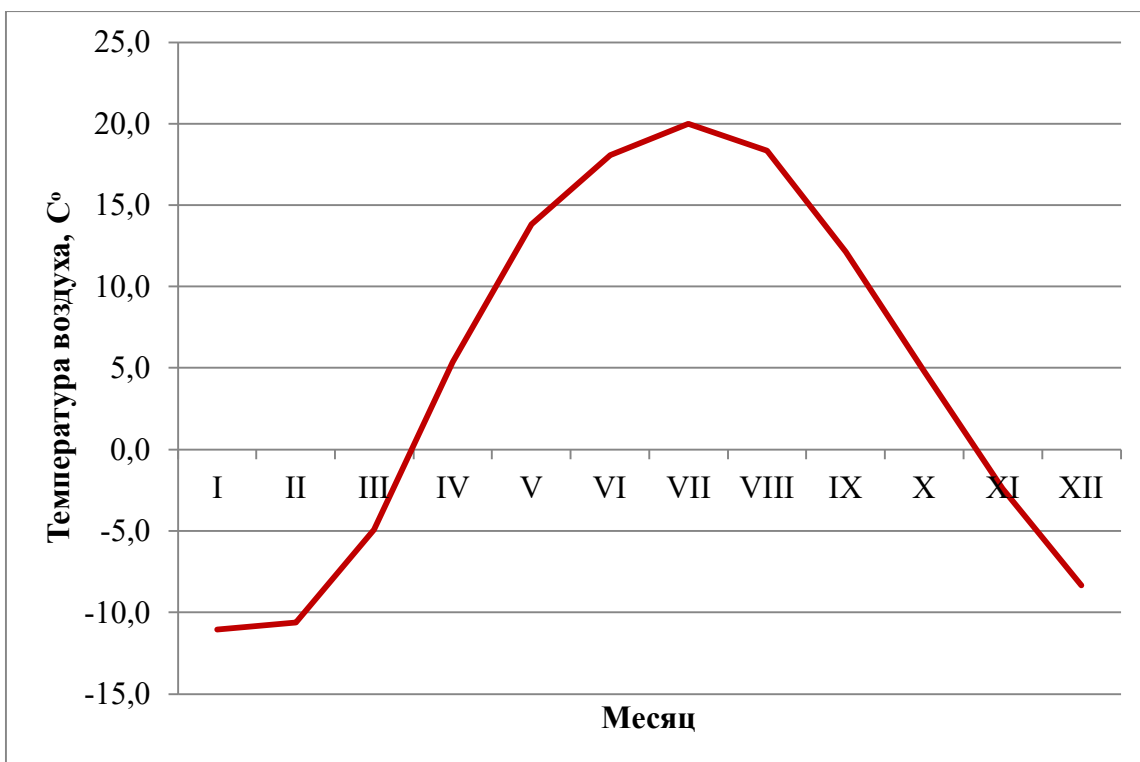


Рис _10 Средняя месячная температура со станции Пенза

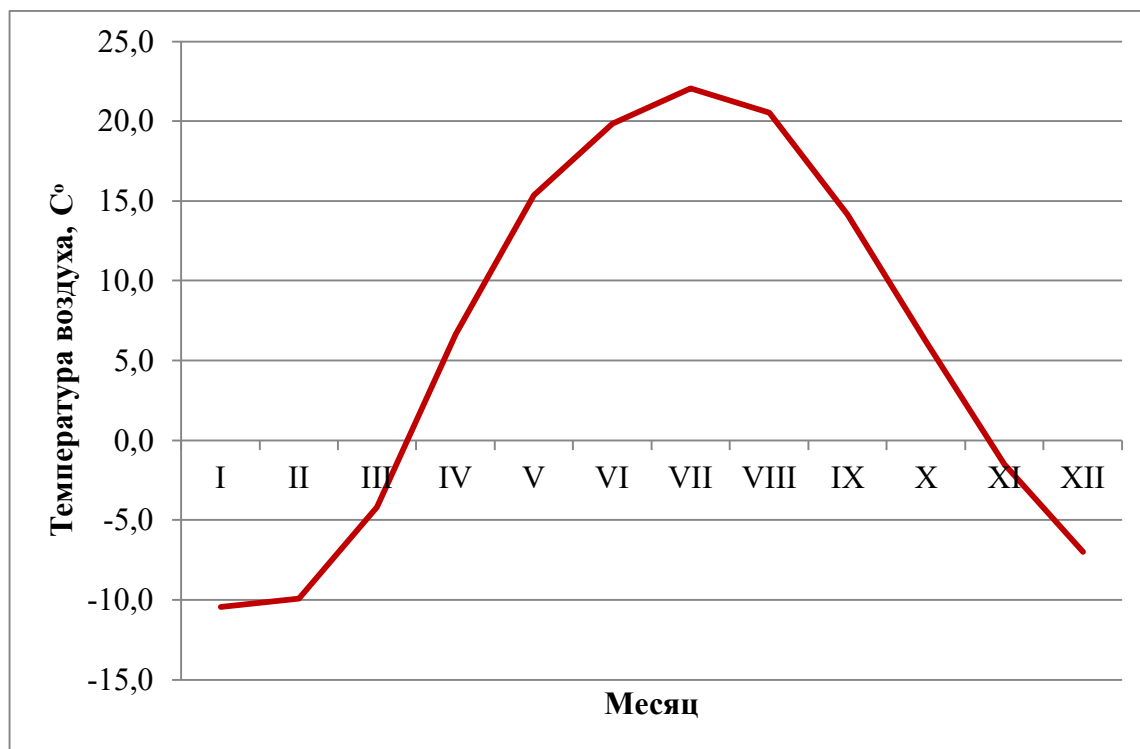


Рис 11 Средняя месячная температура со станции Саратов

Поскольку станции находятся на незначительном удалении друг от друга, данные средних температур минимально расходятся между станциями.

Для более наглядного сравнения этих графиков построим гистограмму, включающую в себя данные со всех четырех станций и линию скользящего среднего с периодом 2. (рис. 12)

На основании анализа гистограммы (рис. 12) можно сделать вывод о том, что на станции Саратов температура более благоприятна для сельского хозяйства, поскольку температура воздуха на ней выше, чем на остальных трех станциях в течение всего года. Также можно отметить, что на станции Пенза наблюдается незначительно более благоприятный температурный режим после данных температур со станций Казань и Инза. Температурный режим станции Инза, на основании данных о температуре с автоматической метеорологической станции, самый неблагоприятный из вышеперечисленных, поскольку температуры воздуха, зафиксированные метеостанцией, оказались ниже, чем все остальные в списке.

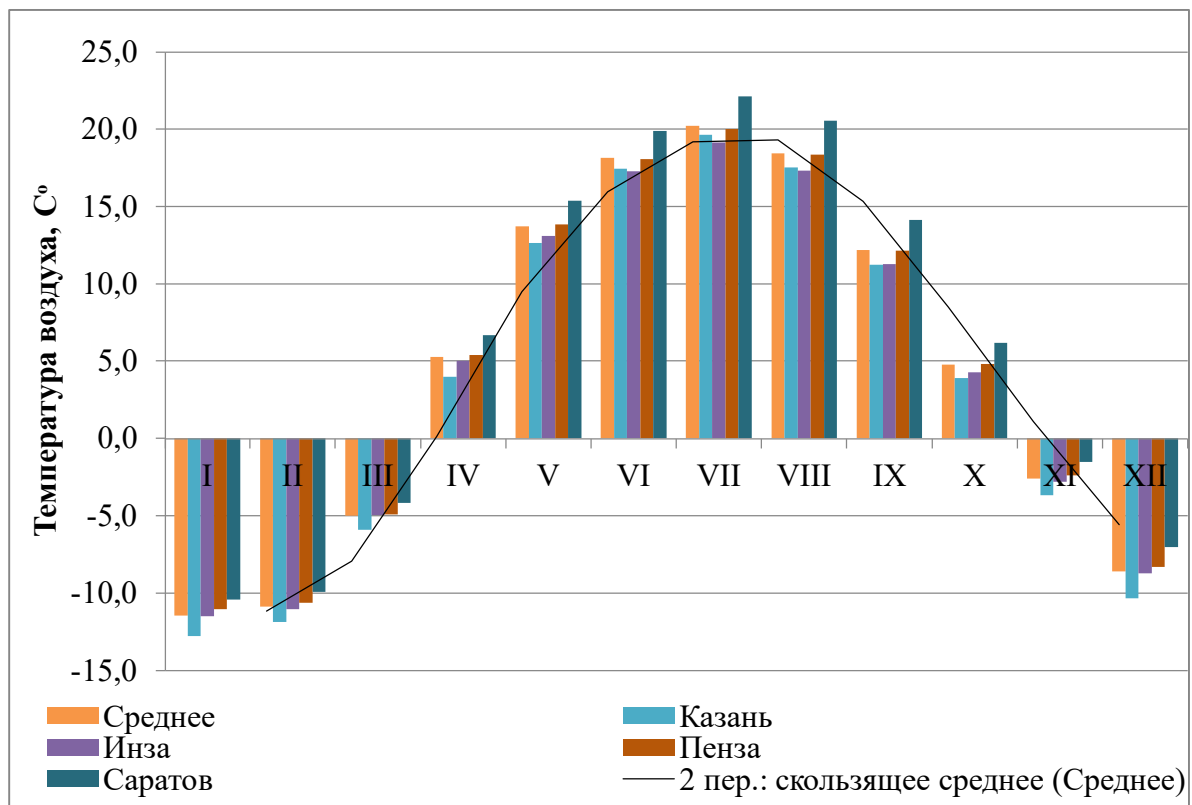


Рис 12 Гистограмма среднемесячной температуры воздуха по данным с 4 станций.

2 Режим опасных метеорологических явлений для растениеводства

К опасным для растениеводства явлениям можно отнести агрометеорологические, в меньшей степени растениеводству так же угрожают явления из перечня опасных метеорологических явлений. Все они в большей или меньшей степени оказывают негативное влияние на сельское хозяйство, сказываются на урожайности. «Ниже приведены основные опасные агрометеорологические явления» [13]:

- Заморозки — это Понижение температуры воздуха и/или поверхности почвы (травостоя) до значений -2°C (для территории Республики Мордовия — 1°C) на фоне положительных средних суточных температур воздуха в периоды активной вегетации сельхозкультур или уборки урожая, приводящее к их повреждению, а также к частичной или полной гибели урожая сельхозкультур.
- Переувлажнение почвы — В период вегетации сельхозкультур в течение 20 дней (в период уборки в течение 10 дней) состояние почвы на глубине 10—12 см по визуальной оценке степени увлажненности оценивается как липкое или текучее; в отдельные дни (не более 20% продолжительности периода) возможен переход почвы в мягкопластичное или другое состояние.
- Суховей — ветер скоростью 7 м/с и более при температуре выше 25°C и относительной влажности не более 30%, наблюдающиеся хотя бы в один из сроков наблюдений в течение 3 дней подряд и более в период цветения, налива, созревания зерновых культур.
- Засуха атмосферная — в период вегетации сельхозкультур отсутствие эффективных осадков (более 5 мм в сутки) за период не менее 30 дней подряд при максимальной температуре воздуха выше 25°C ; в отдельные дни (не более 25% продолжительности периода) возможно наличие максимальных температур ниже указанного предела.

- Засуха почвенная — в период вегетации сельхозкультур за период не менее 3 декад подряд запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см составляют не более 10 мм или за период не менее 20 дней, если в начале периода засухи запасы продуктивной влаги в слое 0–100 см были менее 50 мм.

- Раннее появление или установление снежного покрова — появление или установление снежного покрова (в том числе временного) любой величины раньше средних многолетних сроков на 10 дней и более.

- Промерзание верхнего (до 2 см) слоя почвы — раннее (на 10 дней и более раньше средних многолетних сроков) промерзание верхнего (до 2 см) слоя почвы продолжительностью не менее 3 дней.

- Низкие температуры воздуха при отсутствии снежного покрова или при его высоте менее 5 см, приводящие к вымерзанию посевов озимых — понижение температуры воздуха ниже -25°C (для Республики Мордовия -20°C) при отсутствии снежного покрова или понижение температуры воздуха ниже -30°C (для Республики Мордовия -25°C) при высоте снежного покрова менее 5 см, обуславливающее понижение температуры на глубине узла кущения растений ниже критической температуры вымерзания, приводящее к изреженности и/или полной гибели озимых культур.

- Сочетание высокого снежного покрова и слабого промерзания почвы, приводящее к выпреванию посевов озимых — длительное (более шести декад) залегание высокого (более 30 см) снежного покрова при слабо промерзшей (до глубины менее 30 см) или талой почве. При этом минимальная температура почвы на глубине 3 см удерживается от -1°C и выше, что приводит к частичной или полной гибели посевов озимых культур.

- Ледяная корка — слой льда на поверхности почвы (притертая ледяная корка) толщиной 20 мм и более, залегающая в течение четырех декад и более в период зимовки озимых культур.

Далее приведены опасные для растениеводства метеорологические явления [13]:

- Очень сильный ветер — ветер при достижении скорости при порывах не менее 25 м/с или средней скорости не менее 20 м/с.
- Ураганный ветер (ураган) — ветер при достижении скорости 33 м/с и более.
- Шквал — резкое кратковременное (в течение нескольких минут, но не менее 1 мин) усиление ветра до 25 м/с и более.
- Смерч — сильный маломасштабный вихрь в виде столба или воронки, направленный от облака к подстилающей поверхности.
- Сильный ливень — сильный ливневый дождь с количеством выпавших осадков не менее 30 мм за период не более 1 ч.
- Очень сильный дождь (очень сильный дождь со снегом, очень сильный мокрый снег, очень сильный снег с дождем) — значительные жидкие или смешанные осадки (дождь, ливневый дождь, дождь со снегом, мокрый снег) с количеством выпавших осадков не менее 50 мм за период времени не более 12 ч.
- Очень сильный снег — значительные твердые осадки (снег, ливневый снег) с количеством выпавших осадков не менее 20 мм за период времени не более 12 ч.
- Продолжительный сильный дождь — дождь с короткими перерывами (не более 1 ч) с количеством осадков не менее 100 мм за период времени более 12 ч, но менее 48 ч, или 120 мм за период времени более 2 суток.
- Крупный град — град диаметром 20 мм и более.
- Сильный мороз — в период с ноября по март минимальная температура воздуха достигает значения -40°C и ниже.
- Аномально-холодная погода — в период с октября по март в течение 5 дней и более значение среднесуточной температуры воздуха ниже климатической нормы на 7°C и более.
- Сильная жара — в период с мая по август максимальная температура воздуха достигает значения $+35^{\circ}\text{C}$ и выше.

- Аномально-жаркая погода — в период с апреля по сентябрь в течение 5 дней и более значение среднесуточной температуры воздуха выше климатической нормы на 7°C и более.
- Чрезвычайная пожарная опасность — это условия погоды, при которых весьма велика вероятность возгорания травы, торфяников и лесных массивов, а также легковоспламеняющихся материалов.

2.1 Опасные явления погоды теплого периода в среднем Поволжье

Многолетний режим аномальной и сильной жары в Среднем Поволжье представляет серьезную угрозу для сельскохозяйственных культур в регионе. Высокие температуры и недостаток влаги, характерные для такого режима, оказывают отрицательное влияние на растения и могут привести к значительным потерям урожая [15].

Длительные периоды жары и недостатка осадков могут привести к сухому состоянию почвы и дефициту влаги. Это ограничивает доступность воды для растений и снижает их способность поглощать необходимые питательные вещества. В результате растения становятся стрессовыми, их рост замедляется, а урожайность снижается [14].

Многолетний режим аномальной жары увеличивает вероятность возникновения засушливых периодов. Засуха оказывает сильное негативное воздействие на сельскохозяйственные культуры, особенно на зерновые, овощные и плодовые культуры, которые требуют достаточного количества влаги для своего развития. Засушливые периоды могут приводить к существенному уменьшению урожайности, ослаблению растений и даже полной потере урожая в некоторых случаях [10].

Высокие температуры могут негативно влиять на развитие и зрелость растений, особенно в период цветения и формирования плодов. Это может приве-

сти к искажению формы и размеров плодов, уменьшению их сахаристости и качества, а также к общему снижению урожайности. Растения также становятся более уязвимыми к атакам вредителей и болезней в условиях стресса [14].

Может нарушать фенологические фазы развития растений. Высокие температуры могут вызвать раннее или задержанное цветение и созревание у сельскохозяйственных культур. Например, у зерновых культур это может привести к неравномерной созреваемости зерен и снижению качества зерна. У фруктовых и овощных культур это может привести к несинхронизации цветения и плодоношения, что снижает урожайность и усложняет сбор урожая [9].

Также может изменять агроклиматические условия в регионе. Увеличение средней температуры и уменьшение количества осадков может приводить к смещению границы распространения определенных культурных растений. Некоторые культуры могут стать менее пригодными для выращивания в регионе, а необходимость вводить новые культуры, более адаптированные к изменяющимся условиям, может представлять сложности для сельскохозяйственных производителей [17].

Режим аномальной жары создает опасные условия для возникновения и распространения пожаров. Высокие температуры и сухая растительность способствуют быстрому распространению огня, что может уничтожить сельскохозяйственные культуры, лесные насаждения и инфраструктуру, а также привести к потере животных и человеческих жизней.

На рисунках 13, 14, 15, представлен график температурного хода по данным со станции Казань в период с 1900 по 2020гг [1]. Данные взяты с одной станции Казань по причине того, что с остальных станций, в данных среднемесячной температуры наблюдаются пропуски, что не позволяет построить достоверный график среднегодовых температур и не будут являться основанием для дальнейших выводов и поиска закономерностей.

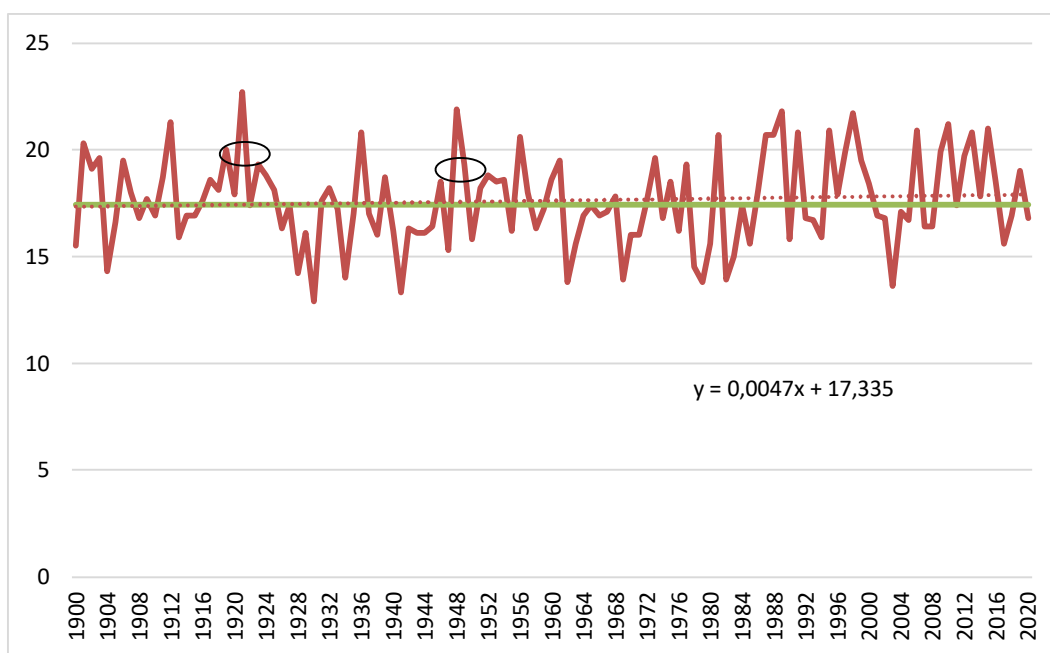


Рис 13 Многолетний температурный ход за июнь в период с 1900 по 2020 в среднем Поволжье.

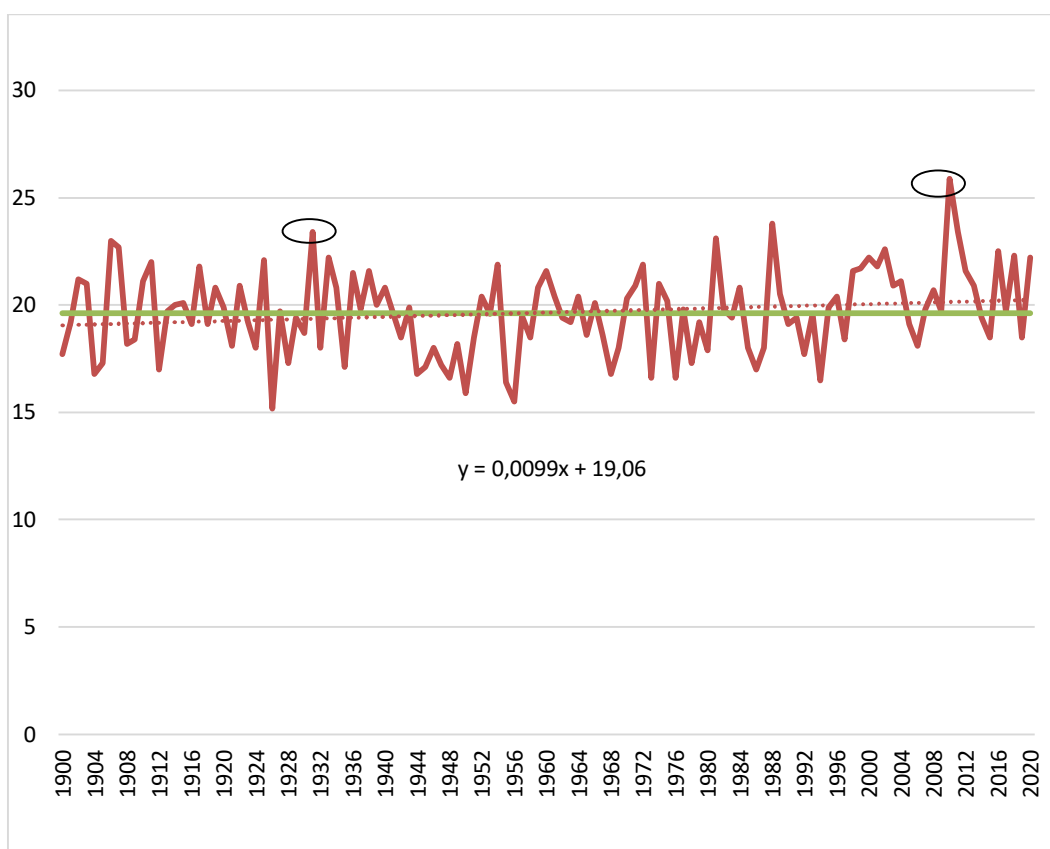


Рис 14 Многолетний температурный ход за июль в период с 1900 по 2020 в среднем Поволжье.

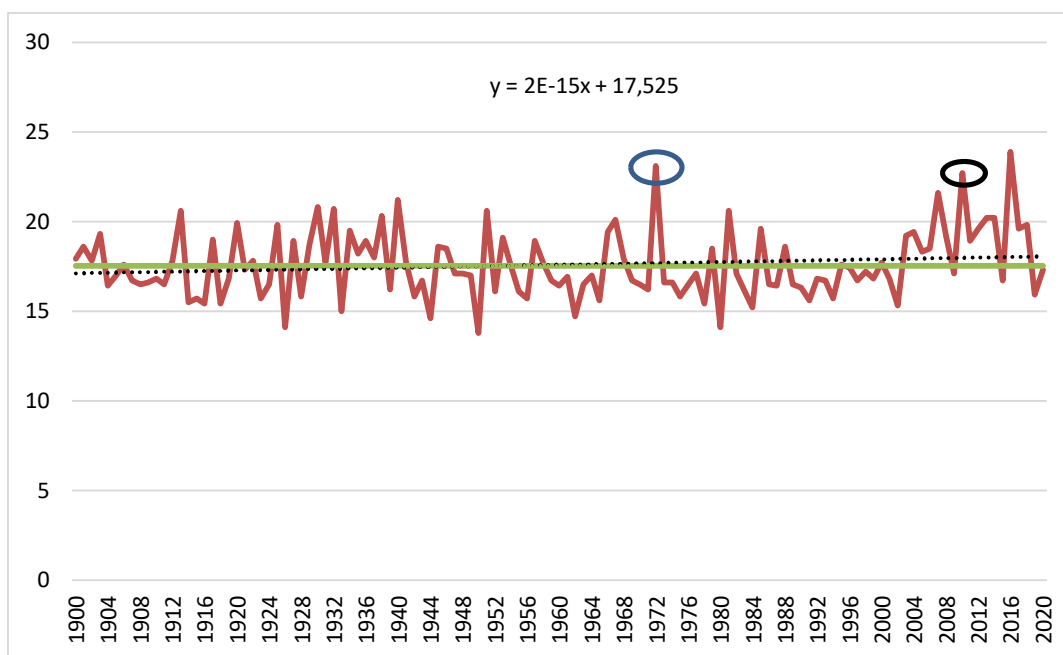


Рис 15 Многолетний температурный ход за август в период с 1900 по 2020 в среднем Поволжье.

На графиках эллипсами отмечены: голод конца 1920-х начала 1930-х гг., неурожай начала 70-х, 20 века и неурожай 2010 года по причине сильнейшей за 50 лет засухи, который будет рассмотрен в следующей главе [11].

Для анализа режима аномальной и сильной жары были взяты данные по Саратовской области, Пензенской области, Ульяновской области и Республики Татарстан за период с 1991 года по 2019 год [12]. Данные выборки, в которые входят такие явления, как: аномально-жаркая погода и сильная жара, представлены в таблице 1, таблица 9 со сводными данными об опасных явлениях погоды этих регионов дополнены в приложении.

Градобитие — это метеорологическое явление, которое характеризуется падением крупных и твердых частиц льда, называемых градинами, из облаков на поверхность Земли. Градобитие может быть сопровождено сильными ветрами, грозой и иногда сопровождается громкими звуками и молниями.

Таблица 1. Продолжительность ОЯП теплого сезона в Поволжье по регионам с 1991 по 2020 гг.

Пензенская область		Республика Татарстан		Саратовская область		Ульяновская область	
Продолжительность ОЯП за год, дни	Год	Продолжительность ОЯП за год, дни	Год	Продолжительность ОЯП за год, дни	Год	Продолжительность ОЯП за год, дни	Год
35	1998	35	1998	36	1998	36	1998
12	2000	12	2000	12	2000	12	2000
30	2010	18	2010	1	2008	24	2010
7	2013	12	2015	30	2010	5	2014
4	2014	7	2016	1	2011	22	2015
23	2015			7	2012	7	2016
				7	2013		
				6	2014		
				25	2015		
				8	2016		

Построим диаграмму отношения продолжительности и повторяемости ОЯП

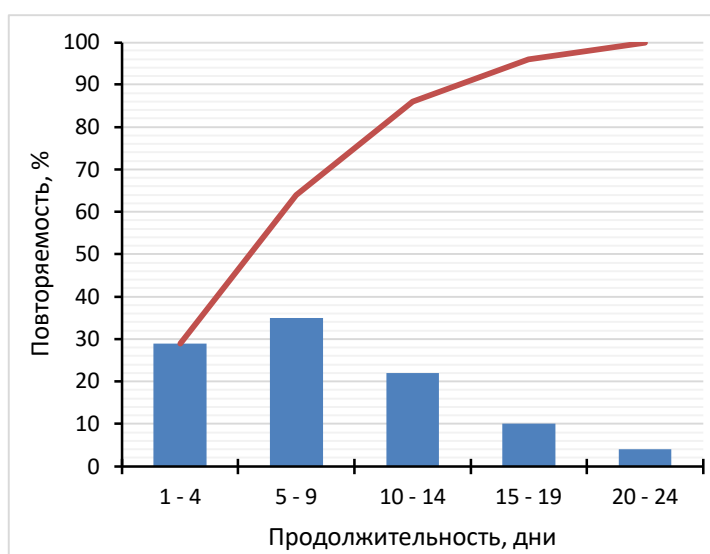


Рисунок 16 Диаграмма отношения продолжительности и повторяемости ОЯП теплого сезона в среднем Поволжье

Образование града обычно происходит внутри грозовых облаков, таких как кучево-дождевые (cumulonimbus) облака, которые обладают мощной вертикальной динамикой и сильными конвективными потоками. Процесс образования града начинается с подъема влажного воздуха внутри грозового облака. Под воздействием восходящих воздушных потоков капли воды могут замерзнуть и превращаться во льдяные гранулы.

Когда льдяные гранулы достигают определенного размера, они становятся слишком тяжелыми, чтобы их мог поддерживать восходящий воздушный поток, и начинают падать к Земле. В процессе падения, гранулы льда могут расти за счет конденсации пара воды на их поверхности, что приводит к образованию градин. Таким образом, градины могут достигать значительных размеров, варьируя от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров в диаметре.

Сила и разрушительная способность градобития зависит от размера градин, скорости их падения и плотности покрытия на земле. Крупные градины могут наносить серьезный ущерб зданиям, автомобилям, сельскохозяйственным угодьям и другим объектам на поверхности Земли. Они могут проникать сквозь крыши и стекла, повреждать культурные растения и нарушать электрическую инфраструктуру. [12]

В Поволжском регионе за исследуемый период наблюдалось 35 случаев сильной жары. По этим случаям удалось установить повторяемость сильной жары с различной продолжительностью:

- Максимальная продолжительность с вероятностью 86% характерно для градобития с продолжительностью 1 день.
- Продолжительность 2 дня имеет вероятность 14%.

Таблица 2 Продолжительность Градобития в Поволжье по регионам с 1991 по 2020 гг.

Пензенская область		Республика Татарстан		Саратовская область		Ульяновская область	
Продолжительность ОЯП за год, дни	Год	Продолжительность ОЯП за год, дни	Год	Продолжительность ОЯП за год, дни	Год	Продолжительность ОЯП за год, дни	Год
2	1993	1	1997	2	1993	2	1993
1	2002	1	1999	1	2007	1	2000
		1	2000			2	2009
		1	2001			2	2012
		1	2003			2	2013
		1	2006			1	2014
		2	2007			3	2015
		3	2014			2	2018
		4	2015			2	2019
		1	2018				

Построим диаграмму отношения продолжительности и повторяемости градобития

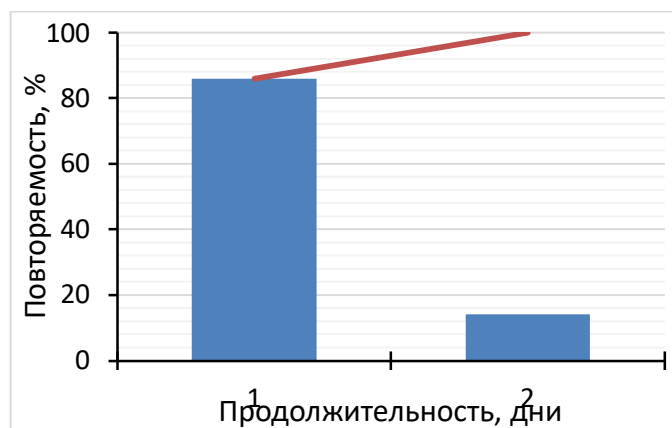


Рисунок 17 Диаграмма отношения продолжительности и повторяемости градобития теплого сезона в среднем Поволжье.

Таким образом можно сказать, что сильная жара с продолжительностью 1 день может наблюдаться каждый год. Градобитие, продолжительностью 2 дня имеет вероятность 14%, это говорит о том, что град на исследуемой территории редко продолжается более одного дня и это явление можно считать непродолжительным.

2.2 Опасные явления погоды холодного периода в среднем Поволжье

Одним из самых серьезных климатических факторов, влияющих на сельскохозяйственные культуры, являются сильные морозы.

Сильные морозы оказывают негативное воздействие на с/х культуры на различных стадиях их развития. При низких температурах происходит замерзание воды в тканях растений, что приводит к повреждению клеточных структур и нарушению жизнедеятельности растения. Кроме того, морозы могут вызывать образование ледяных скачков, что также повреждает растительные ткани [8].

Одним из основных последствий сильных морозов является повреждение семян культур. При замерзании влаги в семенах происходит образование ледяных кристаллов, которые повреждают клеточные структуры и уменьшают жизнеспособность семян [8]. Это может привести к снижению всхожести и урожайности.

Устойчивость культур к сильным морозам зависит от нескольких факторов. Один из них — фенологическая стадия растения. Ранние стадии развития растений, такие как семенной период, более чувствительны к низким температурам, чем более поздние стадии. Кроме того, сорта зерновых культур различаются по степени устойчивости к морозам. Некоторые сорта имеют более высокую морозоустойчивость благодаря наличию определенных генетических адаптаций [9].

Для защиты растений от сильных морозов применяются различные методы. Один из них — выбор устойчивых сортов растений. Селекционеры активно работают над созданием сортов, обладающих высокой морозоустойчивостью. Эти сорта обладают способностью переносить низкие температуры и минимизировать повреждения от морозов [5].

Кроме того, технические методы защиты также применяются для предотвращения воздействия сильных морозов на зерновые культуры. Одним из них является использование агрофибры или агроволокна. Эти материалы создают защитный слой над посевами, который удерживает тепло и снижает воздействие низких температур на растения. Кроме того, применение специальных покрытий и укрытий также может помочь защитить растения от холода [2].

Другим методом защиты от морозов является применение агротехнических мероприятий. Это включает в себя правильное удобрение и подкормку растений, что способствует их более активному росту и укрепляет иммунную систему. Также важно обеспечить достаточное влагоснабжение растений, особенно в периоды низких температур, чтобы предотвратить пересушивание почвы и дефицит воды у растений [4].

Для анализа режима опасных явлений погоды в холодный сезон по Саратовской области, Пензенской области, Ульяновской области и Республики Татарстан были взяты данные за период с 1991 года по 2019 год. Данные выборки представлены в таблице 3, таблица 14 со сводными данными об опасных явлениях погоды этих регионов представлена в приложении.

Для более подробного разбора температурных аномалий были построены графики многолетнего температурного хода за холодные месяцы (рис. 18 – 20), на которых отмечены сильные аномалии температуры в зимний период, которые также отрицательно влияли на аграрный сектор, вымерзания почвы и последующие дегенеративные вымывания почвы вследствие сильных холодов и промерзания почвы, вероятно, нанесли сильный ущерб урожайности будущих годов для озимых и яровых культур, но из-за отсутствия данных об урожайности озимых культур, в данной работе они не будут рассмотрены.

Таблица 3 Продолжительность ОЯП холодного сезона в Поволжье по регионам с 1991 по 2020 гг.

Пензенская область		Республика Татарстан		Саратовская область		Ульяновская область	
Продолжительность ОЯП за год, дни	Год	Продолжительность ОЯП за год, дни	Год	Продолжительность ОЯП за год, дни	Год	Продолжительность ОЯП за год, дни	Год
8	1991	8	1991	8	1991	8	1991
12	1998	12	1998	3	1995	3	1994
9	2014	1	2002	1	1996	12	1998
1	2017	1	2006	12	1998	1	2005
		7	2009	1	2001	10	2010
		5	2010	1	2005	8	2014
		20	2012	15	2012		
		16	2014	8	2014		
				8	2015		
				15	2016		
				10	2017		

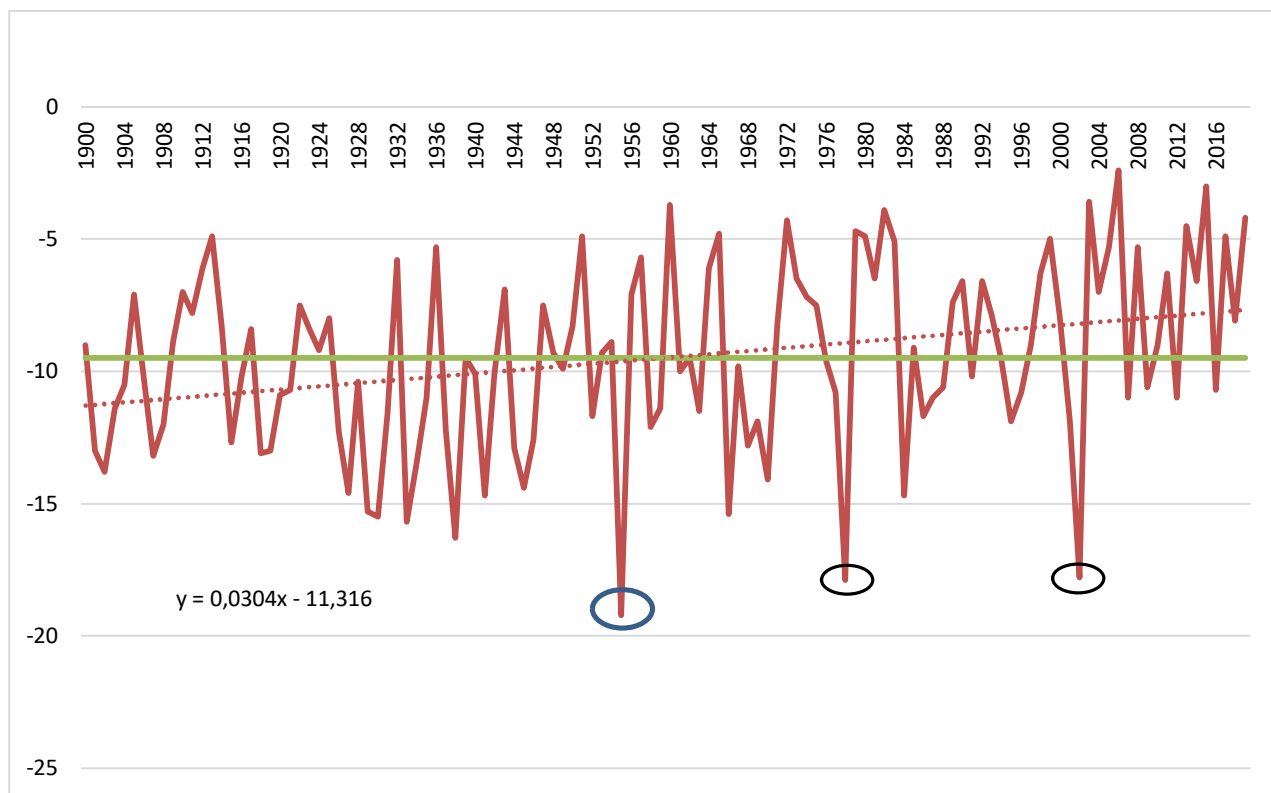


Рис 18 Многолетний температурный ход за декабрь в период с 1900 по 2020 в среднем Поволжье.

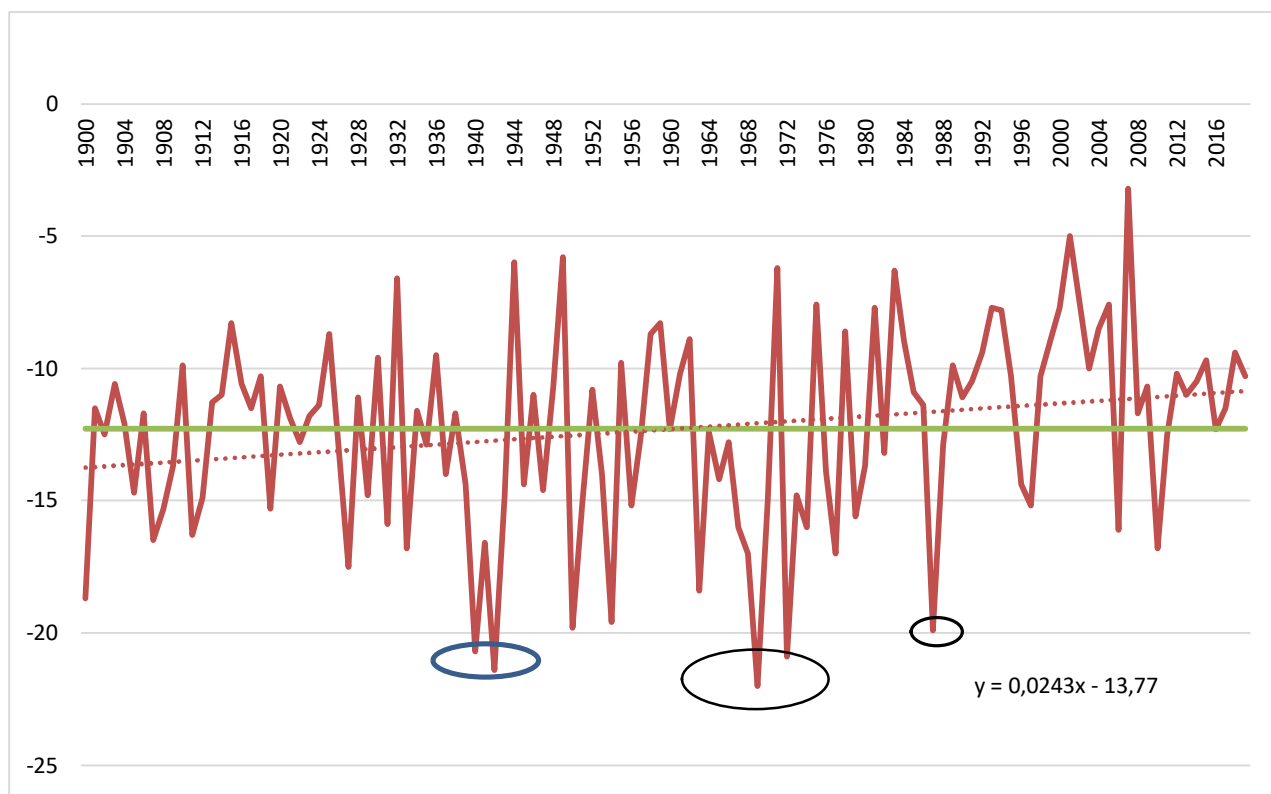


Рис 19 Многолетний температурный ход за январь в период с 1900 по 2020 в среднем Поволжье.

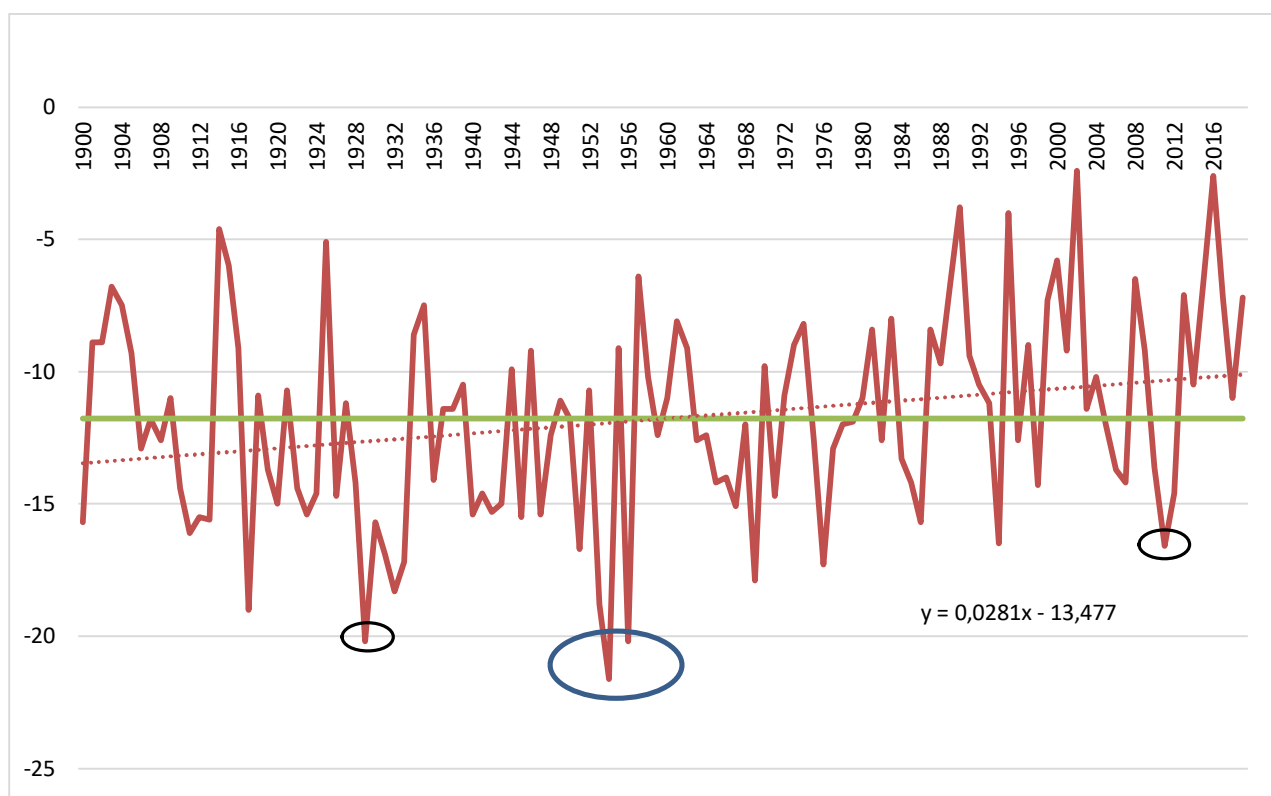


Рис 20 Многолетний температурный ход за февраль в период с 1900 по 2020 в среднем Поволжье.

3 Анализ влияния опасных метеоусловий на урожайность сельскохозяйственных культур

Для определения степени влияния опасных метеорологических явлений на производство сельскохозяйственных культур необходимо проанализировать их урожайность. В исследовании данные об урожайности основных сельскохозяйственных культур были взяты из «Статистический ежегодник. Регионы России» [2].

3.1 Урожайность основных сельхозкультур с 2010 по 2020гг. в среднем Поволжье

Анализ урожайности в среднем Поволжье был проведен для таких культур, как – зерновые, картофель, подсолнух, сахарная свекла и овощи. Для анализа выбран период с 2010 по 2020 гг. Такой выбор обусловлен тем, что в 2009 году на территории Поволжья наблюдалась засуха, предшествующая в будущем 2010 году сильнейшей за 50 лет засухе, погубившей посевы на территории порядка 12 миллионов гектаров, вследствие чего сельскохозяйственный сектор потерял по разным оценкам от 4 до 6 млн. тонн зерна возможного урожая.

Увеличение финансирования сельского хозяйства со стороны государства, призванное нивелировать убытки от этих явлений и благоприятная погода в следующие годы привели к резкому увеличению урожайности сельхозкультур. Возможность проанализировать тренд увеличения урожайности после сильного негативного влияния погодных явлений послужила основанием для выбора данного временного промежутка.

В виду того, что для анализа были выбраны явления, способные охватить большие территории [5], было принято решение об осреднении данных по урожайности по областным данным на территории ЦЧР. Осреднение проводилось по четырем субъектам Российской Федерации: Ульяновской, Саратовской, Пензенской областей и Республики Татарстан.

Результаты анализа приведены на рисунках (21 – 25) [13], на гистограммах можно заметить, что, несмотря на последовательное увеличение урожайности наблюдаются годы, когда они уменьшаются [5].

По зерновым культурам можно видеть, что в 2010, 2015, 2018 и 2019 гг. наблюдается снижение урожайности. Эти снижения [19] скорее всего и вызваны неблагоприятными агрометеорологическими условиями.

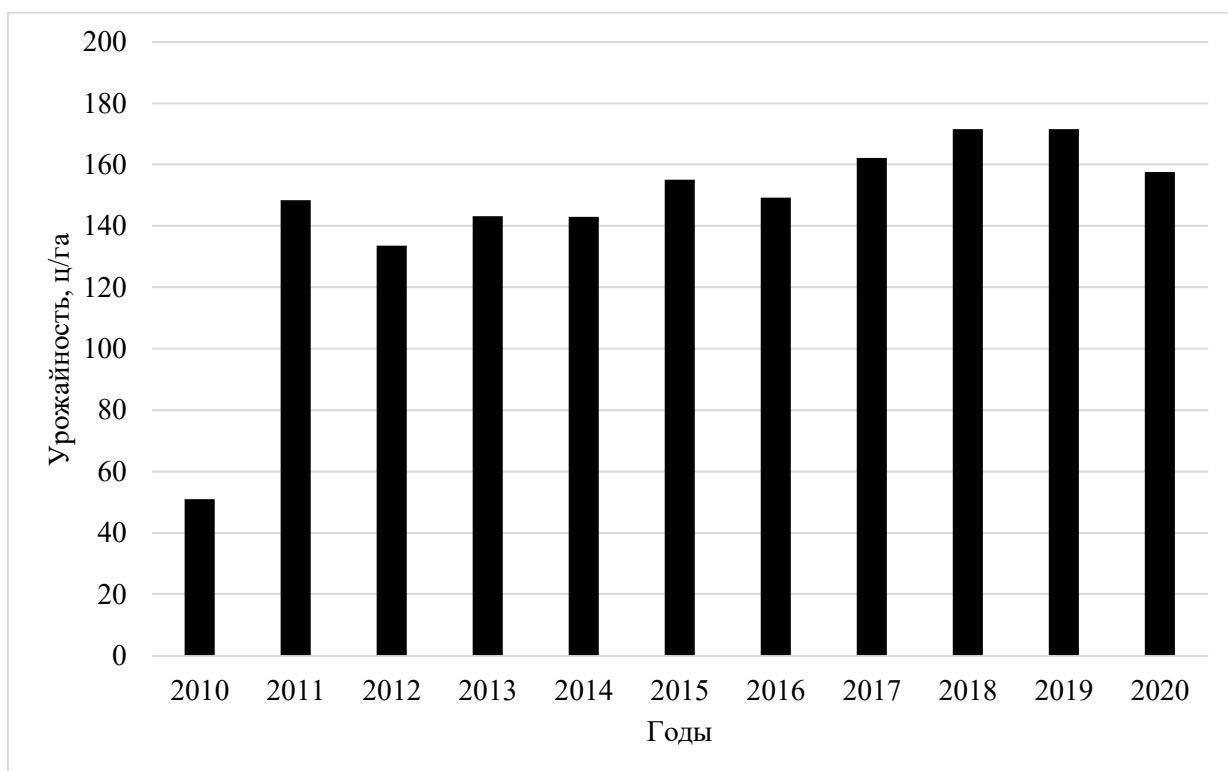


Рис 21 Гистограмма урожайности картофеля в среднем Поволжье в период с 2010-2020гг.

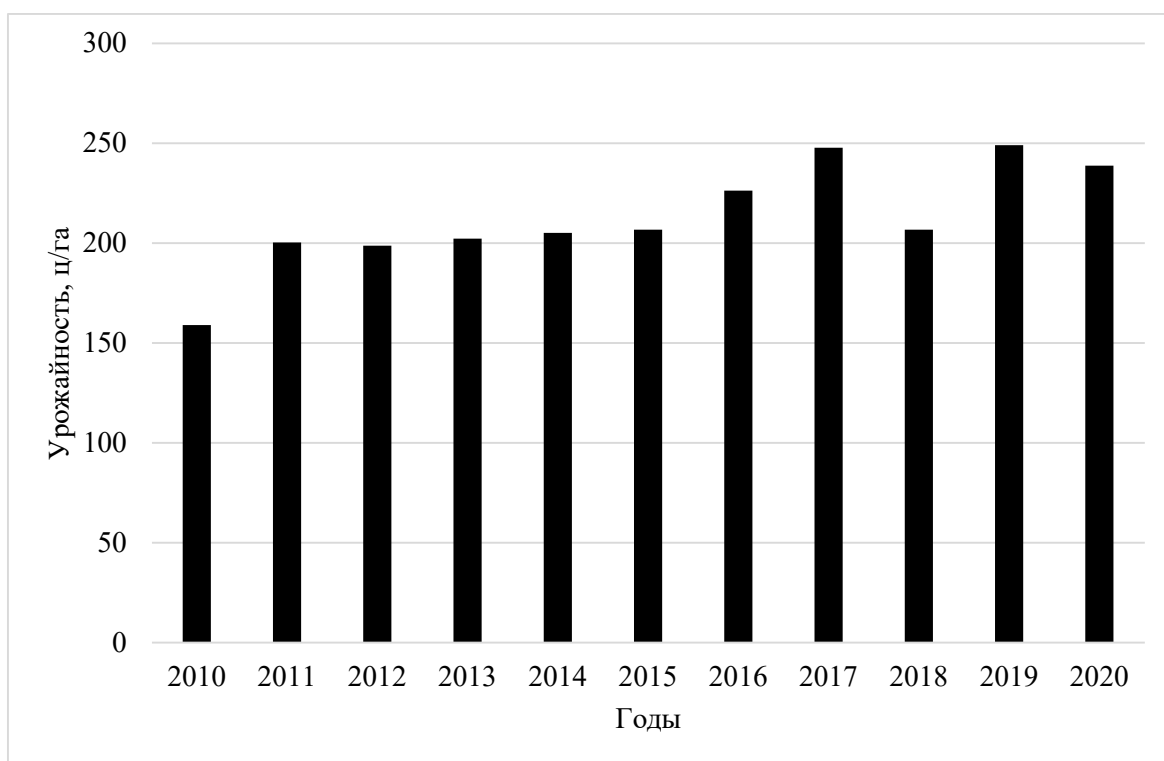


Рис 22 Гистограмма урожайности овощей в среднем Поволжье в период с 2010-2020гг.

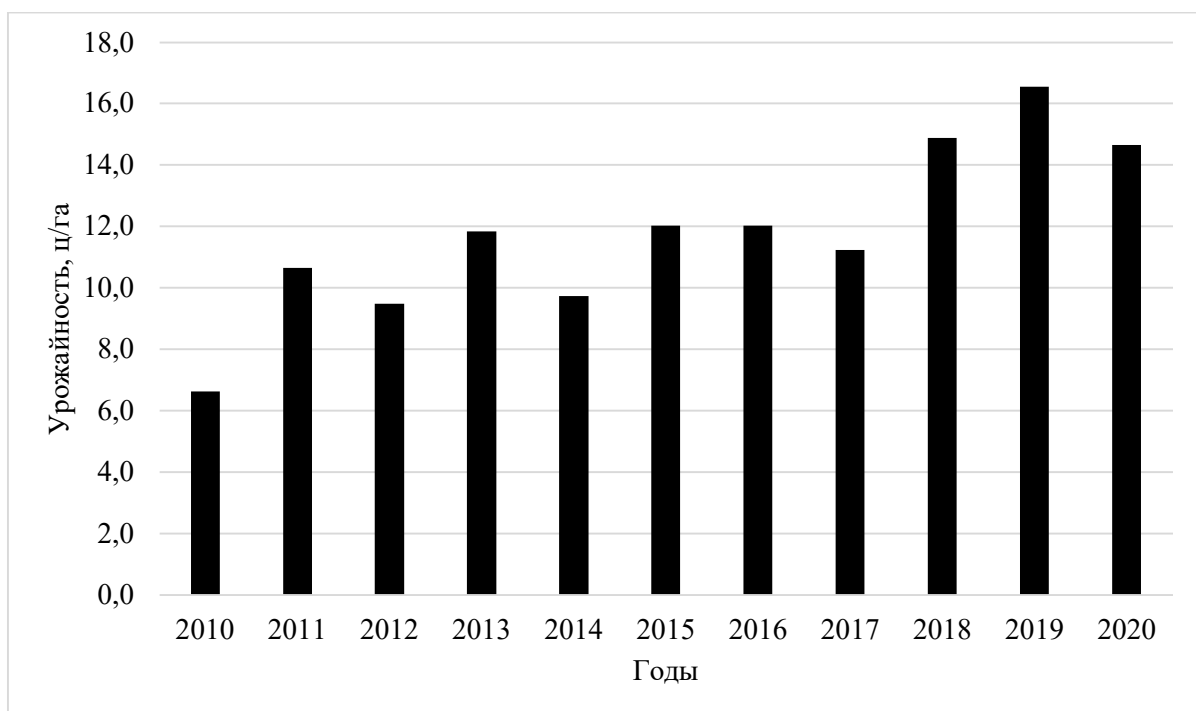


Рис 23 Гистограмма урожайности подсолнечника в среднем Поволжье в период с 2010-2020гг.

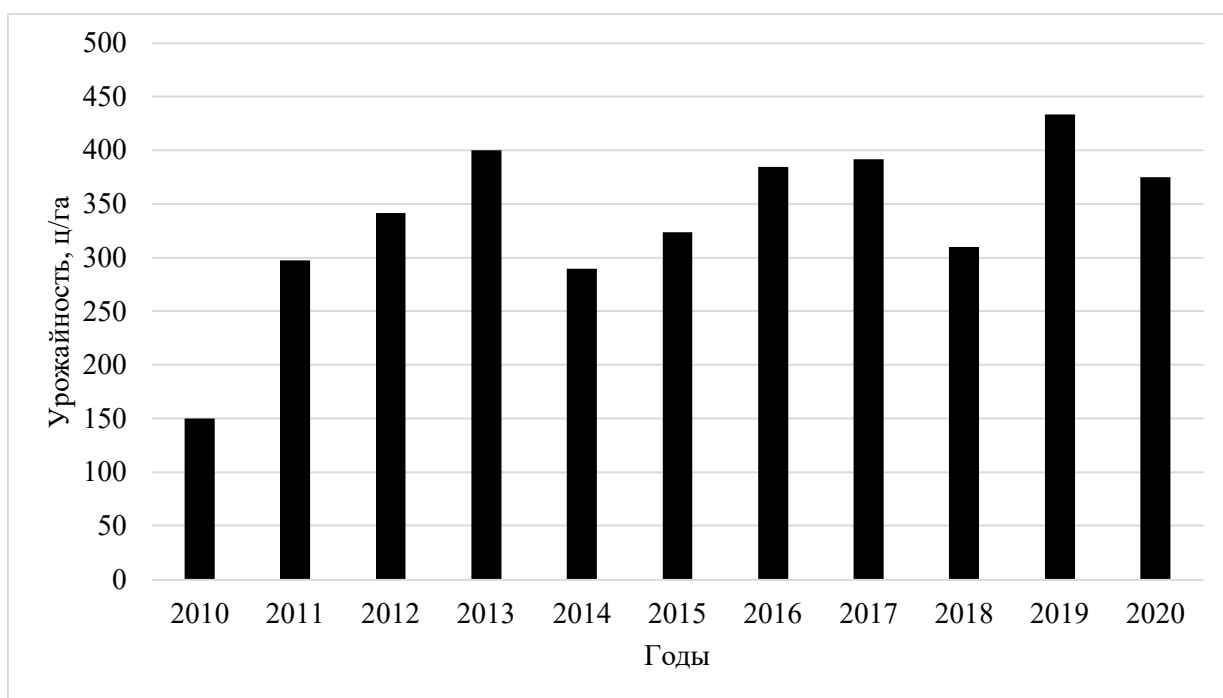


Рис 24 Гистограмма урожайности сахарной свеклы в среднем Поволжье в период с 2010-2020гг.

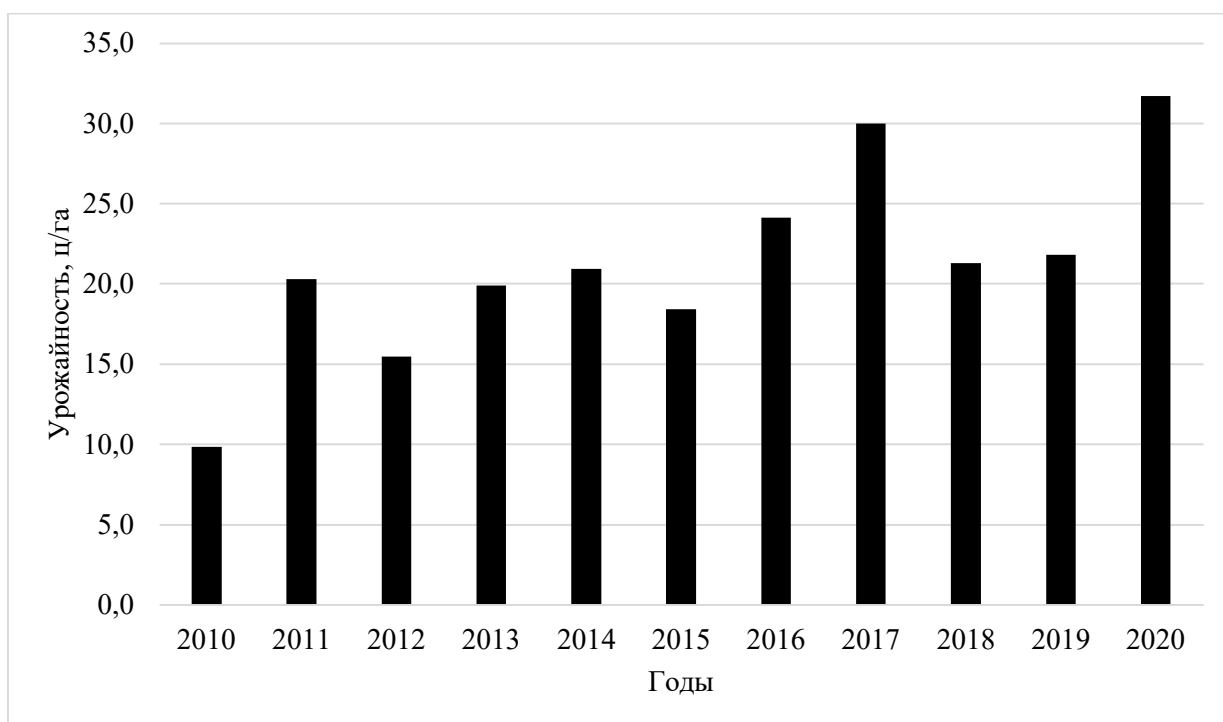


Рис 25 Гистограмма урожайности зерновых и зернобобовых культур в среднем Поволжье в период с 2010-2020гг.

3.2 Влияние температурных аномалий на урожайность яровых культур

Высокие температуры могут негативно влиять на физиологические процессы растений, что приводит к снижению урожайности яровых культур. При длительной экстремальной жаре растения испытывают стресс из-за увеличенной испарительной поверхности и потери воды через листья, что приводит к засыханию и увяданию растений. Высокие температуры также могут негативно влиять на процесс фотосинтеза, что снижает образование органических веществ и ухудшает формирование урожая.

Кроме того, высокие температуры могут оказывать влияние на фенологические стадии растений, такие как цветение и созревание. При превышении определенной температурной отметки происходит дезинтеграция флоральных органов, что может привести к снижению количества формирующихся семян и плодов. [14]

Влияние низких температур на урожайность яровых культур:

Низкие температуры также могут оказывать негативное влияние на урожайность яровых культур. При экстремальных холодах растения могут подвергаться физическому повреждению из-за образования льда в клетках и тканях растений. Это может привести к повреждению стеблей, листьев и цветков, а также к замораживанию воды внутри клеток, что вызывает их разрушение.

Низкие температуры также могут замедлить физиологические процессы растений, такие как рост и развитие, что приводит к уменьшению урожайности. Например, низкие температуры могут замедлить процесс созревания семян и плодов, что приводит к сокращению продуктивного периода и снижению общего урожая.

Для проведения анализа влияния температурных аномалий на урожайность яровых культур построим таблицу (см. табл. 4) с суммарным количеством дней с ОЯП теплого сезона за рассматриваемый период с 2010-2020гг.

Таблица 4 Суммарное количество дней с ОЯП теплого сезона в среднем Поволжье в период с 2010-2020гг.

Годы	число дней с ОЯП теплого сезона
2010	102
2011	1
2012	9
2013	16
2014	19
2015	89
2016	22
2017	0
2018	3
2019	2
2020	0

Таблица 4 характеризует полное число дней с опасными явлениями погоды в исследуемом регионе с 2010 по 2020 год и является объединенными таблицами (2-3).

В виду того, что исследуемые сельскохозяйственные культуры имеют яровой характер вегетации, кроме зерновых, в данном исследовании оценивается степень влияние ОЯП теплого сезона, прежде всего – жарких погодных условий. Это так же обусловлено тем, что жаркие условия погоды имеют достаточную статистическую выборку для оценки степени их влияния на урожайность сельскохозяйственных культур.

Аномальные холодные дни следует рассматривать для озимых зерновых культур, однако данных по урожайности озимых зерновых культур в справочнике [1] не приводятся, в связи с этим данной работе будут учитываются только

опасные явления теплого сезона и в большей степени те опасные явления, которые наблюдаются во время вегетации сельскохозяйственных культур с апреля по сентябрь месяц.

Целесообразно также учитывать суммарное количество дней с ОЯП, влияющие на сельскохозяйственные культуры: аномальная и сильная жара, град. Для большей наглядности построим таблицу, в который будут отображены данные о суммарном числе дней с ОАЯ теплого периода и урожайность выбранных сельскохозяйственных культур.

Таблица 5 Число дней с ОЯП теплого периода и урожайность на территории среднего Поволжья

Годы	число дней с ОЯП теп- лого сезона	карто- фель	овощи	подсолнеч- ник	сахар- ная свекла	зерновые и зернобобо- вые
2010	102	51	159	6,6	150	9,9
2011	1	149	200	10,7	297	20,3
2012	9	134	199	9,5	342	15,5
2013	16	143	202	11,8	400	19,9
2014	19	143	205	9,7	290	20,9
2015	89	155	207	12,0	324	18,4
2016	22	149	226	12,0	385	24,1
2017	0	162	248	11,2	392	30
2018	3	172	207	14,9	310	21,3
2019	2	172	249	16,6	434	21,8
2020	0	158	239	14,7	375	31,7

В таблице (табл. 5) наглядно представлены данные о суммарном количестве дней, в которые наблюдались опасные явления погоды, такие как: градобитие, сильная жара и аномально-жаркая погода и данные об урожайности (центнеров с гектара площади) картофеля, овощей, подсолнечника, сахарной свеклы, зерновых и зернобобовых культур.

В данном разделе будет рассмотрено влияние ОЯП теплого сезона на урожайность зерновых и зернобобовых культур. Для оценки влияния опасных метеорологических явлений на урожайность сельскохозяйственных культур необходимо воспользоваться методом корреляционно-регрессионного анализа. На первом этапе рассчитывается коэффициент корреляции (формула 1) [8] и определяется степень тесноты связей между значениями урожайности (сельскохозяйственной культуры) и количеством дней опасных явлений погоды за период вегетации.

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

(ф. 1)

где, X_i – члены ряда (число дней с ОЯП), Y_i – члены ряда (урожайность сельскохозяйственной культуры), n – количество параллельных наблюдений, σ_x и σ_y – средние квадратические отклонения (сигма)

В ходе анализа получены данные о корреляции, которые отражены в таблице (6). В нашем случае уместно дать качественную оценку показателям тесноты связи. Для этого воспользуемся шкалой Чеддока (табл. 6).

В результате имеем таблицу (табл. 7) с коэффициентом корреляции и качественной оценкой тесноты связей между числом случаев ОЯП и урожайностью в среднем Поволжье в период с 2010-2020 гг.

Таблица 6 Шкала Чеддока для качественной оценки показателей тесноты связей.

Шкала чеддока	
Количественная мера тесноты связи	Качественная характеристика силы связи
0,1 - 0,3	Слабая
0,3 - 0,5	Умеренная
0,5 - 0,7	Заметная
0,7 - 0,9	Высокая
0,9 - 0,99	Весьма высокая

Таблица 7 Коэффициент корреляции и качественная оценка тесноты связей.

Культура	картофель	овощи	подсолнечник	сахарная свекла	зерновые и зернобобовые
Коэффициент корреляции	-0,73	-0,67	-0,57	-0,71	-0,68
Качественная характеристика силы связи	Высокая	Заметная	Заметная	Высокая	Заметная

Для анализируемых сельскохозяйственных культур (зерновые, картофель, свекла, овощи и подсолнух) характерна обратная линейная зависимость. Коэффициент корреляции меняется от -0,57 до -0,73 (табл. 8), что по

шкале Чеддока (табл. 7) характеризуется как заметная зависимость для значений от -0,5 до -0,7 для: овощей, зерновых, зернобобовых, подсолнечника. Высокая характеристика - для значений от -0,7 до -0,9, относящаяся в нашем случае к картофелю и сахарной свекле. Такой коэффициент корреляции характеризует о том, что значительное снижение урожайности связано с увеличением количества дней с опасными метеорологическими явлениями во время вегетации перечисленных сельскохозяйственных культур.

В виду того, что в суммарном количестве ОЯП больше всего отводится аномально-жарким условиям погоды, которое прежде всего формируют засушливые явления, то дефицит влаги сказывается на сельскохозяйственных культурах, нуждающихся в ней во время созревания.

Проведем регрессионный анализ, построим графики взаимосвязи ОЯП и урожайности и проведем линии регрессии (рисунки 26 – 30).

Во всех случаях линия регрессии соответствует обратной линейной зависимости.

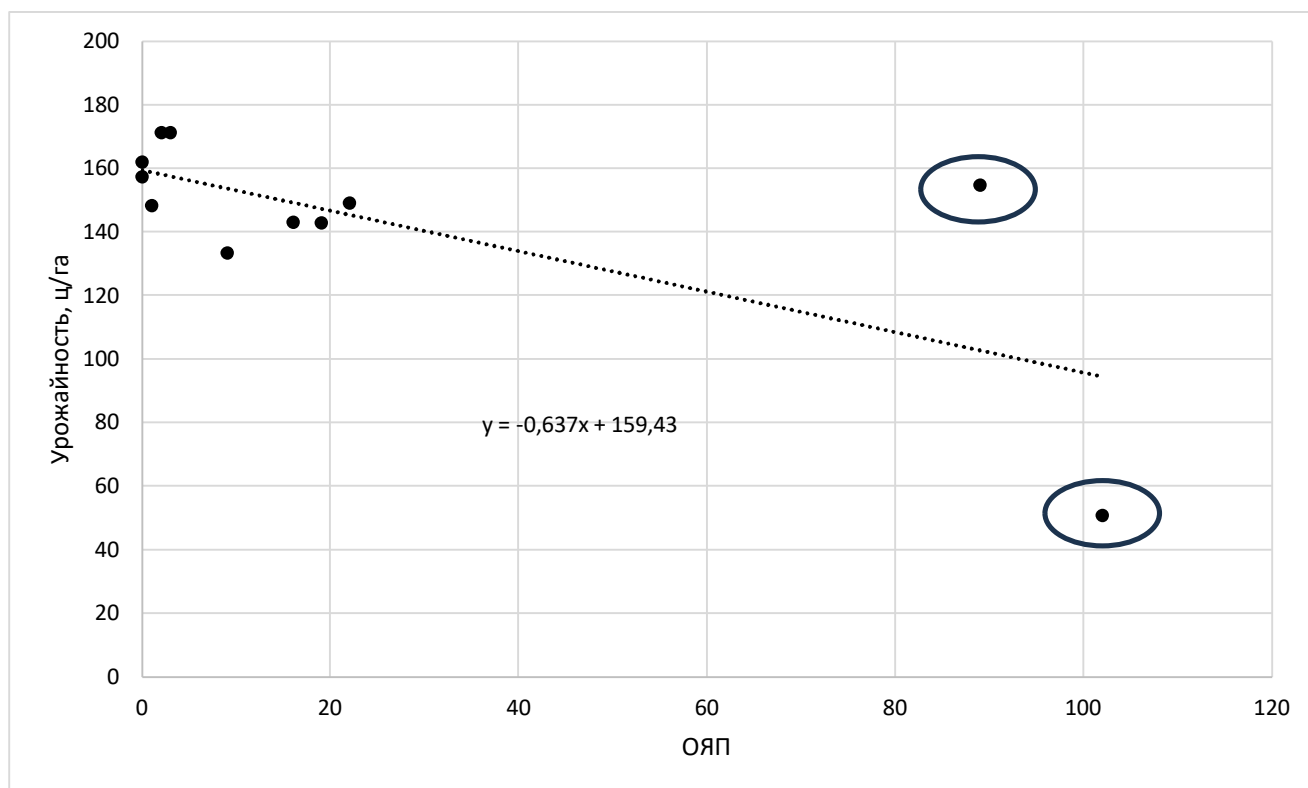


Рис 26 Регрессионная зависимость влияния ОЯП на урожайность картофеля

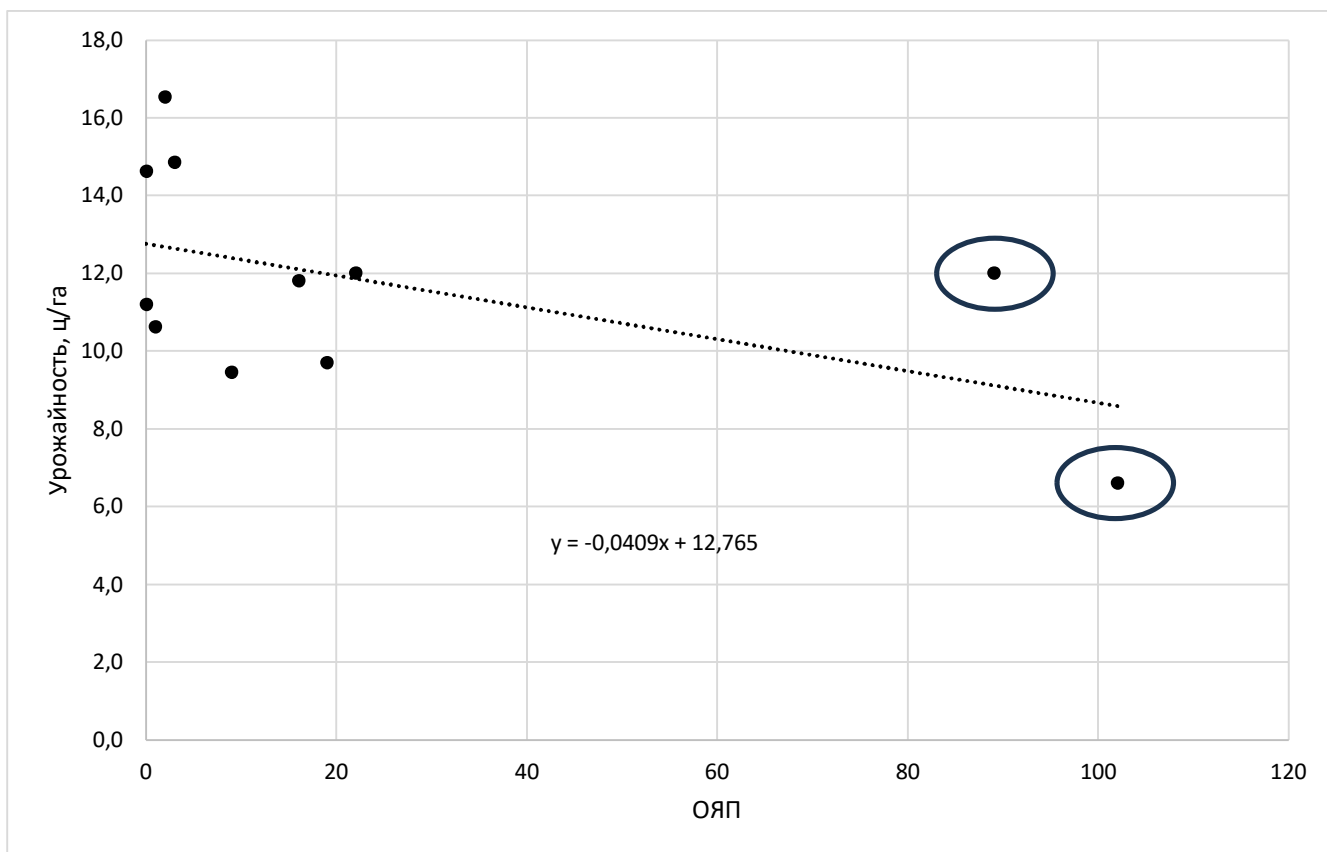


Рис 27 Регрессионная зависимость влияния ОЯП на урожайность подсолнечника

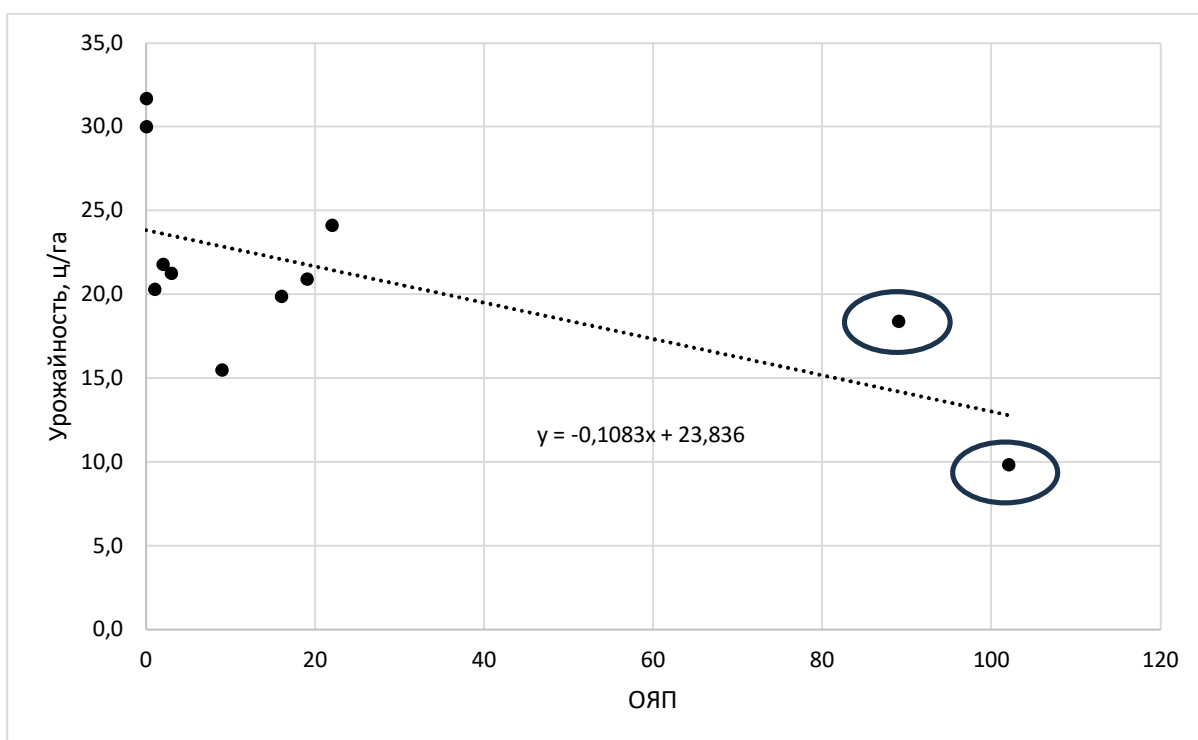


Рис 28 Регрессионная зависимость влияния ОЯП на урожайность зерновых и зернобобовых

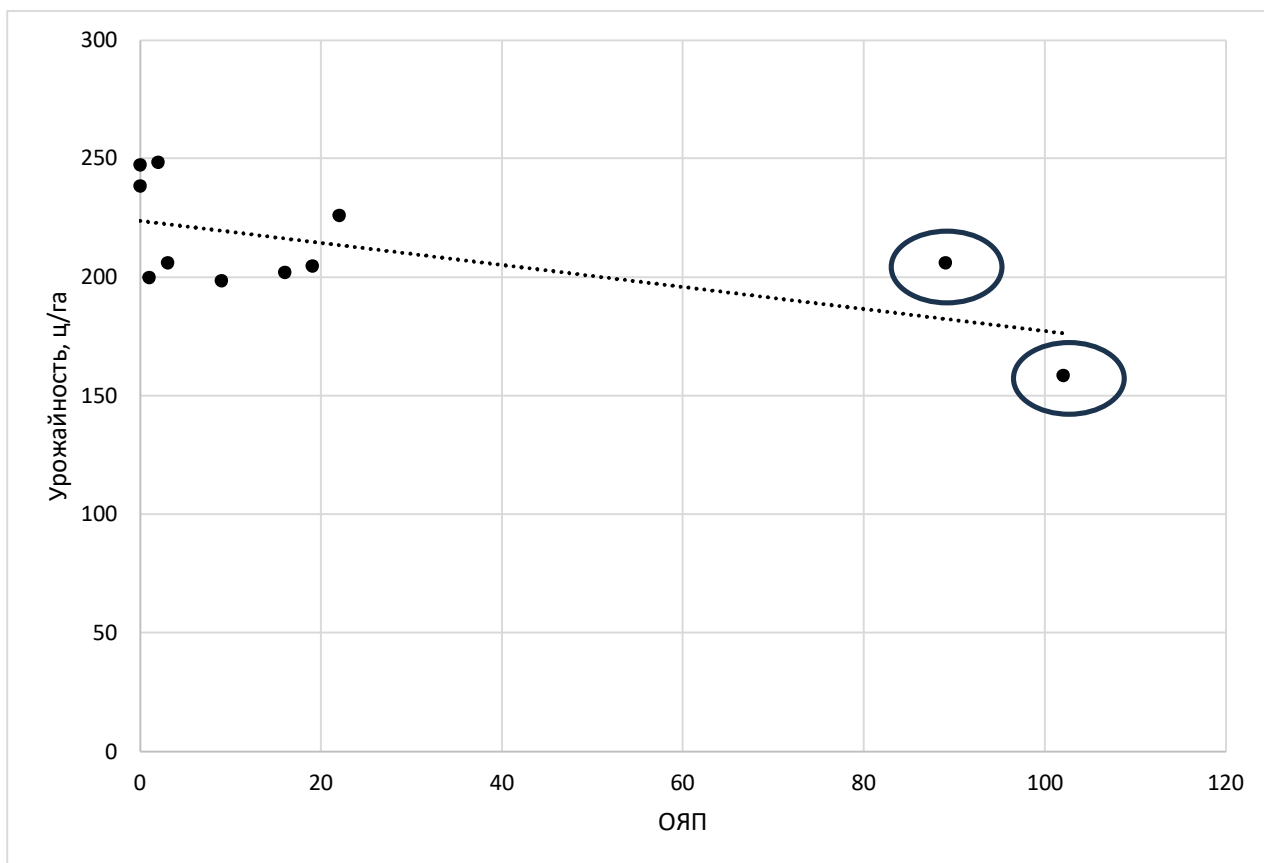


Рис 29 Регрессионная зависимость влияния ОЯП на урожайность овощей

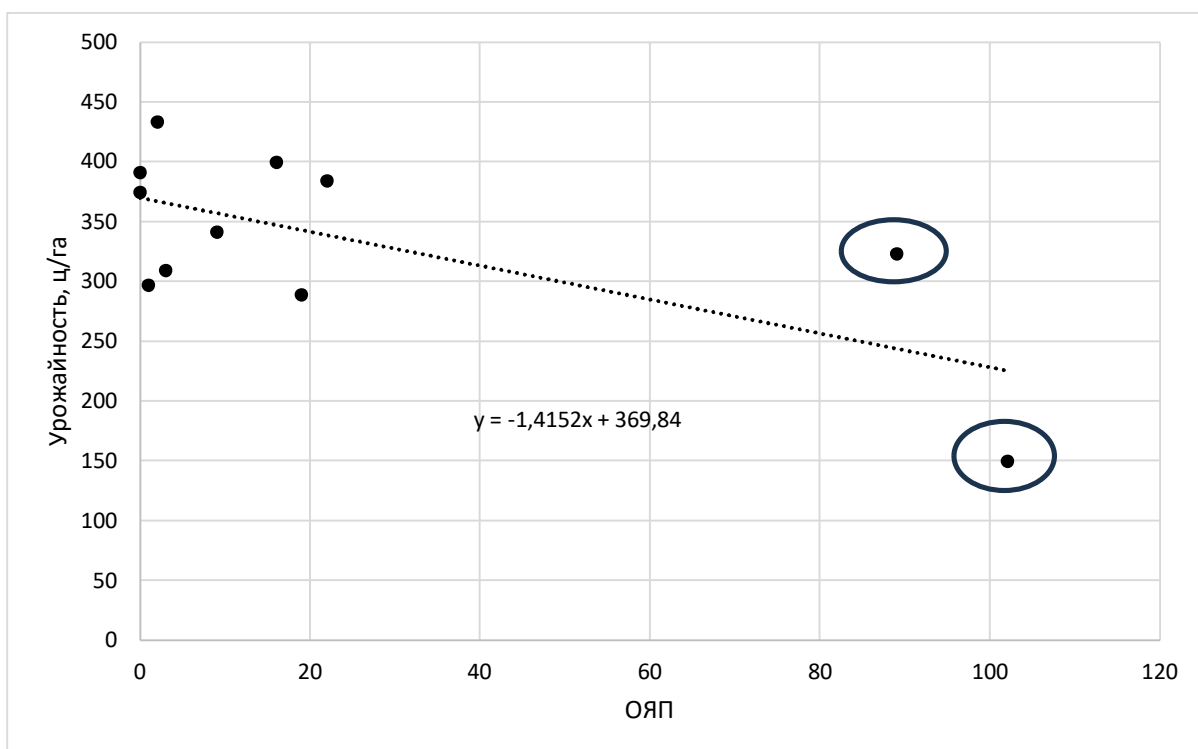


Рис 30 Регрессионная зависимость влияния ОЯП на урожайность сахарной свеклы

Из проведенного анализа становится ясно, что существует обратная линейная зависимость между опасными метеорологическими явлениями (ОЯП) и урожайностью сельскохозяйственных культур, таких как зерновые, картофель, свекла, овощи и подсолнечник. Коэффициенты корреляции, полученные из регрессионного анализа, показывают, что увеличение количества дней с ОЯП во время вегетации данных культур сопровождается заметным снижением урожайности.

В частности, значения коэффициентов корреляции варьируют от $-0,57$ до $-0,73$, что указывает на заметную зависимость между ОЯП и урожайностью для овощей, зерновых, зернобобовых и подсолнечника. Картофель и сахарная свекла, с другой стороны, имеют высокую характеристику коэффициента корреляции, находящуюся в диапазоне от $-0,7$ до $-0,9$. Это подтверждает, что сильное снижение урожайности этих культур связано с увеличением длительности опасных метеорологических явлений во время их роста и развития.

Основным опасным метеорологическим явлением, которое оказывает наибольшее влияние на урожайность, являются аномально-жаркие условия погоды, приводящие к засушливым явлениям. Дефицит влаги, связанный с этими условиями, негативно сказывается на сельскохозяйственных культурах, особенно во время их созревания.

Проведение регрессионного анализа и построение графиков взаимосвязи между ОЯП и урожайностью подтверждают обратную линейную зависимость между этими переменными. Во всех случаях линия регрессии демонстрирует такую зависимость, указывая на то, что увеличение длительности опасных метеорологических явлений сопровождается уменьшением урожайности сельскохозяйственных культур.

Заключение

Изучение опасных явлений погоды в России, в том числе и в среднем Поволжье, является необходимой и главенствующей задачей на пути предотвращения ущерба от опасных явлений в сельскохозяйственной сфере деятельности.

В целом природно-климатические условия среднего Поволжья максимально приспособлены для производства сельскохозяйственных культур по сравнению с другими регионами Российской Федерации. Но даже и в таких условиях наблюдаются годы, когда опасные явления погоды приводят к значительному снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

По результатам, полученным в процессе выполнения выпускной-квалификационной работы, можно сделать следующие выводы:

С 1991 по 2020 годы максимальная продолжительность аномальных холодов составила 48 дней в 1998 г., а максимальная продолжительность аномально-жаркой погоды наблюдалась в 2010 г. в течение 102 дней, что можно связать с засухой, зафиксированной .

По градобитию максимальная продолжительность составила 8 дней в 2010 году.

Наибольшую опасность для производства сельскохозяйственных культур представляют ОЯП теплого сезона (в период вегетации), так как большинство культур высаживают весной, за исключением зерновых. Об этом свидетельствуют высокие значения коэффициента корреляции между суммарным количеством дней с ОЯП и урожайностью сельхозкультур (от -0,57 до -0,73). У подсолнечника и овощей зависимость уменьшается: от -0,57 - (подсолнух) до -0,67 - (овощи), что ниже, чем у зерновых культур, сахарной свеклы и картофеля, из чего можно сделать вывод, что эти культуры менее требовательны к влагозапасу. Характер связи выражается обратной линейной зависимостью. В ходе проделанной работы все поставленные цели были выполнены.

Список используемой литературы

1. Научно-прикладной справочник по климату СССР, Вып. 12 / Ленинград, Гидрометеиздат, 1998. – 688 с.
2. Пиловец Г.И. Метеорология и климатология: учеб. пособие / Г. И. Пиловец. – Минск: Новое знание, 2013. – 399 с.
3. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Водохранилища Верхней Волги. Л., Гидрометеиздат, 1975. - 291 с.
4. Агрометеорология: учебное пособие / Дужников А.П., Павликова, Е.В. — ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА», Пенза, 2012. – 117с.
5. Вильфанд Р.М., Береза О.В., Страшная А.И. О динамике агроклиматических показателей условий сева, зимовки и формирования урожая основных зерновых культур // Труды Гидрометцентра России. 2016. Вып. 360. С. 45-78
6. Мильков Ф. Н. Среднее Поволжье. - М., 1953.
7. Прикладная климатология: Экономические аспекты использования климатических ресурсов: Учебное пособие / А. А. Исаев; МГУ им. М. В. Ломоносова, Геогр. фак. - Москва: Издательство МГУ, 1989. - 88 с.
8. Учебно-методическое пособие по выполнению практических и расчётно-графических работ по дисциплине «Прикладная климатология» /Сост.: В.Н. Абанников, И.Н. Ааед-Мханна, Э.В. Подгайский. – Санкт- Петербург: Изд-во «Ниц Арт», 2022. – 80 с.]
9. Шмидт, И. С. Агрометеорология: учебное пособие / И. С. Шмидт, С.Н. Кузнецова. — Тверь: Тверская ГСХА, 2019. — 160 с.
10. Экологическая климатология и климатические ресурсы: учебное пособие/ (М.Г. Лебедева, О.В. Крымская. – Белгород: БелГУ, 2007).
11. Агроклиматический справочник по Поволжью. - Л.: Гидрометеиздат, 1963. - 145с.
12. База данных «Федеральной службы государственной статистики в Российской Федерации». Источник: [www.rosstat.gov.ru].

- 13.Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации - Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД) Источник: [www.meteo.ru].
- 14.Глухих, М. А. Агрометеорология: учебное пособие для вузов / М. А.
- 15.Метеорология и климатология / Н.Н. Захаровская, В.В. Ильинич. – М.:Колос, 2004.–127 с.
- 16.Abannikov V, Budagov A and Samoylov A 2021 Investment Policy Features In The Agricultural Sector Of Russian Regions. ICEST 2021 II Inter-national Conference on Economic and Social Trends for Sustainability of Modern Society. European Proceedings of Social and Behavioral Sciences. 2021, 648-655p.
- 17.Глухих. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 200 с.
- 18.Глухих М.А. Практикум по агрометеорологии : учеб. пособие / М.А.Глухих. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 136 с.
- 19.Журина Л.Л. Агрометеорология: учебник / Л.Л. Журина, А.П. Лосев.–Санкт–Петербург: Квадро, 2014.– 368 с.
- 20.Лосев Алексей Петрович, Журина Людмила Лукинична, Агрометеорология - М.: Колос, 2004.- 301 с.

Приложение

Таблица 8 Сводные данные среднемесячного направления ветра по станциям.

Название станции	Ме-сяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Казань, ГМО	I	9	7	6	17	25	10	14	12	16
	II	9	5	6	16	27	11	16	10	18
	III	8	4	7	18	28	15	13	7	19
	IV	9	7	10	17	25	13	12	7	15
	V	13	10	11	10	15	11	18	12	16
	VI	18	12	8	8	11	9	16	18	20
	VII	18	10	9	10	11	9	16	17	24
	VIII	12	12	12	11	11	9	17	16	23
	IX	12	7	6	11	17	15	18	14	20
	X	12	6	4	8	22	17	15	16	14
	XI	7	4	4	11	27	19	18	10	11
	XII	6	3	9	17	28	16	12	9	14
	Год	11	7	8	13	21	13	15	12	18
Название станции	Ме-сяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Октябрь-ский городок	I	5	10	29	8	6	12	21	9	13
	II	4	12	29	8	6	11	21	9	13
	III	6	13	29	8	6	13	17	8	12
	IV	8	14	23	11	11	12	12	9	12
	V	9	16	20	10	9	11	15	10	15
	VI	14	18	15	6	6	9	17	15	16
	VII	15	14	15	6	5	10	19	16	17
	VIII	14	18	21	9	5	8	13	12	19
	IX	8	14	17	8	7	12	21	13	17
	X	8	7	13	8	9	17	23	15	13
	XI	4	8	20	10	9	18	23	8	8
	XII	4	8	27	10	7	16	19	9	10
	Год	8	13	22	9	7	12	18	11	14

Название станции	Ме- сяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Алексан- дров Гай	I	11	12	18	13	10	13	13	10	4
	II	10	11	21	13	11	12	13	9	5
	III	9	12	23	14	9	11	13	9	7
	IV	10	12	20	14	14	12	10	8	6
	V	11	14	15	14	13	11	12	10	8
	VI	16	15	10	5	8	12	18	16	9
	VII	18	14	10	7	6	10	17	18	9
	VIII	16	17	17	9	7	9	13	12	10
	IX	11	10	12	11	13	13	18	12	7
	X	10	9	8	11	13	17	19	13	6
	XI	6	8	16	13	15	17	17	8	6
	XII	7	11	19	15	13	14	13	8	6
	Год	11	12	16	12	11	13	14	11	7

Таблица 9 Месячные суммы прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности.

Месячные суммы прямой солнечной радиации (МДж/м ²) на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности			
Месяц	Название станции		
	Вязо- вые	Ростоши	Ер- шов
I	18	32	37
II	53	74	85
III	125	138	152
IV	215	235	272
V	330	338	392
VI	374	368	419
VII	345	352	403
VIII	264	303	326

IX	136	184	222
X	52	83	108
XI	19	34	40
XII	10	19	20

Таблица 10 Месячные суммы рассеянной солнечной радиации при средних условиях облачности.

Месячные суммы рассеянной солнечной радиации (МДж/м ²) при средних условиях облачности			
Месяц	Название станции		
	Вязовые	Ростоши	Ершов
I	47	71	75
II	91	113	121
III	193	213	219
IV	224	225	223
V	277	275	259
VI	283	285	274
VII	278	285	271
VIII	230	235	234
IX	154	175	164
X	86	110	107
XI	43	56	60
XII	32	39	56

Таблица 11 Месячные суммы суммарной солнечной радиации при средних условиях облачности.

Месячные суммы суммарной солнечной радиации (МДж/м ²) при средних условиях облачности			
Месяц	Название станции		
	Вязовые	Ростоши	Ершов

I	65	103	112
II	144	187	206
II	318	351	371
IV	439	460	495
V	607	613	651
VI	657	653	693
VII	623	637	674
VIII	494	538	560
IX	290	359	386
X	138	193	215
XI	62	90	100
XII	42	58	76

Таблица 12 Радиационный баланс деятельной поверхности при средних условиях облачности.

Радиационный баланс деятельной поверхности (МДж/м ²) при средних условиях облачности			
Месяц	Название станции		
	Вязо- вые	Ростоши	Ер- шов
I	-46	-37	-38
II	-33	-26	-15
II	11	40	43
IV	182	199	247
V	298	291	340
VI	333	322	354
VII	319	319	354
VIII	223	251	265
IX	108	129	156
X	20	37	49

XI	-27	-11	-10
XII	-44	-32	-38

Таблица 13 Сводные данные по случаям аномальной жары на территории среднего Поволжья.

Субъект Россий- ской Фе- дерации	Дата начала	Дата окон- чания	Количе- ство опас- ных явле- ний	Продолжитель- ность опасного явления, суток
Пензен- ская об- ласть	10.06.1998	23.06.1998	1	13
	15.07.1998	31.07.1998	1	16
	01.08.1998	07.08.1998	1	6
	15.07.2000	27.07.2000	2	12
	25.06.2010	30.06.2010	2	5
	10.07.2010	12.07.2010	1	2
	22.07.2010	14.08.2010	2	23
	11.05.2013	18.05.2013	1	7
	13.08.2014	17.08.2014	1	4
	24.05.2015	02.06.2015	1	9
	15.06.2015	29.06.2015	1	14
Респу- блика Та- тарстан	10.06.1998	23.06.1998	1	13
	15.07.1998	31.07.1998	1	16
	01.08.1998	07.08.1998	1	6
	15.07.2000	27.07.2000	2	12
	26.06.2010	27.06.2010	1	1
	11.07.2010	12.07.2010	1	1
	24.07.2010	25.07.2010	1	1
	28.07.2010	12.08.2010	2	15
	28.05.2015	02.06.2015	1	5

	22.09.2015	29.09.2015	1	7
	18.08.2016	25.08.2016	1	7
Ульянов- ская об- ласть	10.06.1998	23.06.1998	1	13
	15.07.1998	31.07.1998	1	16
	01.08.1998	07.08.1998	1	7
	15.07.2000	27.07.2000	2	12
	10.07.2010	12.07.2010	1	2
	22.07.2010	14.08.2010	2	22
	22.05.2014	27.05.2014	1	5
	24.05.2015	02.06.2015	1	8
	15.06.2015	29.06.2015	1	14
	18.08.2016	25.08.2016	1	7
Саратов- ская об- ласть	10.06.1998	23.06.1998	1	13
	15.07.1998	31.07.1998	1	16
	01.08.1998	07.08.1998	1	7
	15.07.2000	27.07.2000	2	12
	19.08.2008	20.08.2008	1	1
	13.06.2010	15.06.2010	1	2
	24.06.2010	28.06.2010	2	4
	10.07.2010	12.07.2010	1	2
	23.07.2010	14.08.2010	2	22
	07.07.2011	08.07.2011	1	1
	03.08.2012	10.08.2012	1	7
	11.05.2013	18.05.2013	1	7
	22.05.2014	27.05.2014	1	5
	24.05.2015	02.06.2015	1	9
	15.06.2015	29.06.2015	1	14
	20.06.2015	22.06.2015	1	2
	13.08.2016	14.08.2016	1	1

	18.08.2016	25.08.2016	1	7
	08.08.2017	08.08.2017	1	0

Таблица 14 Сводные данные наблюдавшихся случаев градобития на территории среднего Поволжья.

Субъект Российской Федерации	Дата начала	Дата окончания	Количество опасных явлений	Продолжительность опасного явления, суток
Пензенская область	24.06.1993	25.06.1993	2	2
	04.08.2002	04.08.2002	2	1
Республика Татарстан	13.06.1997	13.06.1997	1	1
	10.06.1999	10.06.1999	2	1
	19.06.2000	19.06.2000	1	1
	04.07.2001	04.07.2001	1	1
	10.07.2003	10.07.2003	1	1
	24.06.2006	24.06.2006	1	1
	25.05.2007	25.05.2007	1	1
	01.06.2007	01.06.2007	2	1
	26.05.2014	26.05.2014	1	1
	11.06.2014	11.06.2014	2	1
	17.08.2014	17.08.2014	2	1
	05.06.2015	05.06.2015	2	1
	16.06.2015	17.06.2015	2	2
	05.07.2015	05.07.2015	3	1
	07.09.2015	07.09.2015	2	1
	26.06.2018	26.06.2018	2	1
Саратовская область	24.06.1993	25.06.1993	2	2
	04.09.2007	04.09.2007	1	1
	24.06.1993	25.06.1993	2	2

Ульяновская область	08.09.2000	08.09.2000	2	1
	05.06.2009	06.06.2009	2	2
	31.05.2012	31.05.2012	2	1
	15.06.2012	15.06.2012	1	1
	17.07.2013	17.07.2013	2	1
	30.07.2013	30.07.2013	1	1
	04.07.2014	04.07.2014	1	1
	01.06.2015	01.06.2015	2	1
	11.07.2015	11.07.2015	2	1
	07.09.2015	07.09.2015	2	1
	18.07.2018	18.07.2018	1	1
	20.07.2018	20.07.2018	1	1
	14.05.2019	14.05.2019	1	1
	16.05.2019	16.05.2019	1	1

Таблица 15 Сводные данные по случаям аномального холода на территории среднего Поволжья.

Субъект Российской Федерации	Дата начала	Дата окончания	Количество опасных явлений	Продолжительность опасного явления, суток
Пензенская область	28.01.1991	31.01.1991	1	4
	05.12.1991	10.12.1991	3	5
	10.11.1998	22.11.1998	1	12
	25.01.2014	03.02.2014	1	9
	03.12.2017	04.12.2017	1	1
Республика Татарстан	28.01.1991	31.01.1991	1	3
	05.12.1991	10.12.1991	3	5

	10.11.1998	22.11.1998	1	12
	29.12.2002	30.12.2002	1	1
	17.01.2006	17.01.2006	1	0
	20.01.2006	21.01.2006	1	1
	25.01.2006	25.01.2006	1	0
	14.12.2009	21.12.2009	1	7
	06.12.2010	11.12.2010	1	5
	26.01.2012	15.02.2012	1	20
	25.01.2014	02.02.2014	2	8
	25.01.2014	02.02.2014	2	8
Саратовская область	28.01.1991	31.01.1991	1	3
	05.12.1991	10.12.1991	3	5
	01.01.1995	04.01.1995	1	3
	07.03.1995	07.03.1995	1	0
	15.12.1996	16.12.1996	1	1
	10.11.1998	22.11.1998	1	12
	02.02.2001	03.02.2001	1	1
	29.11.2005	30.11.2005	1	1
	30.01.2012	14.02.2012	1	15
	26.01.2014	03.02.2014	1	8
	22.01.2015	30.01.2015	1	8
	19.01.2016	21.01.2016	1	2
	16.11.2016	24.11.2016	1	8
	13.12.2016	18.12.2016	1	5
	04.12.2017	14.12.2017	1	10
Ульянов- ская область	28.01.1991	31.01.1991	1	3
	05.12.1991	10.12.1991	3	5
	11.02.1994	14.02.1994	1	3
	10.11.1998	22.11.1998	1	12

	09.12.2005	10.12.2005	1	1
	06.12.2010	14.12.2010	1	8
	25.12.2010	27.12.2010	1	2
	26.01.2014	03.02.2014	1	8

Таблица 16 Сводные данные урожайности различных культур на территории среднего Поволжья в период с 2010-2020гг.

урожайность картофеля ц/га убранной площади											
Субъект РФ	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Республика Татарстан	65	172	174	180	181	211	197	210	223	232	231
Пензенская область	30	142	123	141	142	150	129	155	164	153	115
Саратовская область	68	158	133	147	152	150	158	162	160	159	162
Ульяновская область	41	122	104	105	97	109	113	122	139	142	122
Средняя урожайность	51	149	134	143	143	155	149	162	172	172	158
Урожайность овощей ц/га убранной площади											
Субъект РФ	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Республика Татарстан	213	236	258	256	265	288	304	287	288	285	276
Пензенская область	124	157	173	187	196	163	188	230	163	228	205
Саратовская область	182	231	220	217	196	203	217	216	203	229	226

Ульянов- ская об- ласть	116	177	144	149	163	172	196	258	172	253	248
Средняя урожай- ность	159	200	199	202	205	207	226	248	207	249	239
Урожайность подсолнечника ц/га убранной площади											
Субъект РФ	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Респу- блика Та- тарстан	6,5	9,5	7,3	10,8	8,7	12,9	11,1	13,2	15,6	15,3	14,3
Пензен- ская об- ласть	6,6	13,8	11,9	13,1	11,6	14,6	14,6	10,6	16,7	19	19,2
Саратов- ская об- ласть	5,8	9,5	8,5	11,2	9,5	10	11	10,2	13,1	15,6	12,3
Ульянов- ская об- ласть	7,6	9,8	10,2	12,2	9,1	10,6	11,4	10,9	14,1	16,3	12,8
Средняя урожай- ность	6,6	10,7	9,5	11,8	9,7	12,0	12,0	11,2	14,9	16,6	14,7
Урожайность сахарной свеклы ц/га убранной площади											
Субъект РФ	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Респу- блика Та- тарстан	167	244	371	399	292	356	370	420	330	441	437
Пензен- ская об- ласть	141	349	355	401	304	325	394	403	301	445	358
Саратов- ская об- ласть	131	289	331	432	300	312	422	437	352	463	359
Ульянов- ская об- ласть	161	307	309	368	262	302	352	306	256	385	345
Средняя урожай- ность	150	297	342	400	290	324	385	392	310	434	375
Урожайность зерновых и зернобобовых культур ц/га убранной площади											

Субъект РФ	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Республика Татарстан	10,4	29,6	22,5	21,4	21,6	21,2	25,9	32	24,8	28,6	33,5
Пензенская область	11,7	16,1	13,9	23,5	24,2	22,8	28	34,6	25,4	24,8	38,4
Саратовская область	8,4	12,7	10,7	15,3	17,7	13,3	20,7	26	15,1	14,7	23,8
Ульяновская область	8,9	22,8	14,8	19,3	20,2	16,3	21,9	27,4	19,8	19,1	31,1
Средняя урожайность	9,9	20,3	15,5	19,9	20,9	18,4	24,1	30	21,3	21,8	31,7