



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: «Анализ опасных агрометеорологических явлений и урожайности сельскохозяйственных культур»

Исполнитель \_\_\_\_\_ Поленников Иван Иванович  
(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)

« 05 » \_\_\_\_\_ 06 \_\_\_\_\_ 2023 г.

Санкт-Петербург  
2023

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 Ресурсный потенциал региона .....	5
1.1 Природные ресурсы .....	5
1.2 Климатические ресурсы .....	6
1.3 Агроклиматические ресурсы.....	10
2 Режим опасных метеорологических явлений на территории Центрально-Черноземного экономического района Российской Федерации .....	17
2.2 Температурные опасные метеорологические явления.....	21
2.2 Заморозки.....	27
2.3 Сильные ливневые дожди. Град.....	30
3 Оценка влияния опасных метеорологических явлений погоды на урожайность сельскохозяйственных культур.....	34
3.1 Урожайность сельхозкультур в центрально-черноземном районе за период с 2010 года по 2020 год .....	34
3.2 Анализ степени влияния опасных метеорологических явлений погоды на урожайность.....	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	44
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	45
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	47

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность данной бакалаврской работы обусловлена прежде всего тем, что в настоящее время многих людей, которые работают в разных сферах производства, волнует изменчивость климата, потому что от этих изменений непременно зависит функционирование отраслей и жизнедеятельность людей. Следует сказать, что в текущей хозяйственной деятельности гораздо больший ущерб наносят опасные метеорологические явления, чем изменения климата. В случае, если заблаговременно не получается спрогнозировать возникновение какого-либо опасного природного или метеорологического явления, то можно потерять не только урожай, но и множество человеческих жизней.

Для Центрально-Чернозёмного экономического района не характерны опасные геологические или морские гидрологические природные явления, вследствие его географического местоположения. Однако, следует отметить, что на фоне изменения климата, опасные метеорологические процессы наблюдаются все чаще и чаще, поэтому они могут нанести существенный вред и принести значительный ущерб отраслям экономики, в особенности сельскому хозяйству.

Объектом данного исследования, в ходе выполнения выпускной квалификационной работы выступает территория Центрально-Черноземного экономического района Российской Федерации. Предметом для изучения являются опасные метеорологические явления и процессы, оказывающие негативное влияние на урожайности и целостности сохранения различных посевных культур.

Целью исследования можно обозначить следующим образом: изучение опасных метеорологических явлений, наблюдающихся на территории Центрально-Черноземного экономического района Российской Федерации и степени их влияния на производство продукции в растениеводстве.

Согласно выше озвученной цели исследования поставлены следующие задачи:

- 1) выявить опасные метеорологические явления, которые характерны для Центрально-Черноземного экономического района Российской Федерации
- 2) оценить повторяемость данных опасных метеорологических явлений на территории Центрально-Черноземного экономического района Российской Федерации;
- 3) дать оценку степени влияния опасных метеорологических явлений на производство сельскохозяйственных культур на территории исследуемого региона.

Структура работы представляет собой введение, три основных главы с подразделами, заключение, список используемых источников.

Во введении обосновывается актуальность данной выпускной квалификационной работы, а также обозначается цель и определяются задачи, выделяются объект и предмет исследования.

В первой главе бакалаврского проекта представлена тема ресурсного потенциала региона, рассмотрены различные виды обладаемых ресурсов Центрально-Черноземного экономического района.

Вторая глава данной работы посвящена описанию климата ЦЧР, а также рассмотрению особых опасных метеорологических явлений, оказывающие влияние на урожайность региона.

В третьей главе анализируется степень влияния ОЯП на урожайность различных сельскохозяйственных культур на территории ЦЧР

В заключении представлены основные выводы по каждому разделу.

## 1 Ресурсный потенциал региона

Территория Центрально-Черноземного экономического района располагает не только плодородными почвами, которые способствуют большому количеству распаханых земель для посевных и интенсивному ведению сельскохозяйственного производства, а также и другими природными ресурсами (минеральные, лесные и др.)

### 1.1 Природные ресурсы

Природа данного региона достаточно однообразна. Среди растений чаще всего распространены липы, дубы, каштаны и ясени.

Большое количество оврагов является главной особенностью рельефа данной местности. Их образованию способствуют социально-экономические, а также и природные факторы окружающей среды. К примеру, Днепровское оледенение можно отнести к природным факторам, а к социально-экономическим – большой процент вырубки лесных массивов, распашку степей и лугов.

Развитие агропромышленной сферы деятельности человека учитывает неперемное развитие сектора сельскохозяйственной техники, а именно машиностроительный прогресс и развитие химического сектора для возможности внедрения новых видов удобрения. В целях сохранения плодородных земель, в первую очередь, необходимо сокращать объемы добычи полезных ископаемых, а также применять почвощадящие способы при обработке земель. Помимо вышеперечисленного, также необходимо развивать лесонасаждение [16].

Перспективами данного региона считаются успехи с активным развитием сельскохозяйственного комплекса, а также поиском различных производительных вариаций организации агро-промышленности. Так, в качестве развития отраслевых холдинговых хозяйств, охватывающих полный цикл производства сельскохозяйственной продукции [16].

Центрально-Черноземный экономический район находится в дефиците топливных и энергетических ресурсов, именно поэтому регион использует привозное топливо. Также регион беден на водные ресурсы, что также неблагоприятно сказывается на ведении сельскохозяйственной деятельности. Что касается лесных ресурсов, то в Центрально-Черноземном районе такие ресурсы выступают, как почвозащитные и рекреационные ресурсы [16].

Земельные ресурсы данного района определяют особым качеством, потому что 80% всех почв ЦЧР занимают почвы чернозёмного типа [16].

Центрально-Черноземный экономический район также богат на запасы минеральных ресурсов. Уникальные залежи железных руд Курской магнитной аномалии, месторождения огнеупорных глип [16].

Курская магнитная аномалия является одной из самых крупнейших железорудных провинций мира. Залегание основных запасов сосредоточено в Белгородской и Курской, в указанных областях также ведется активная добыча железной руды. В свою очередь, Воронежская область богата на месторождения медно-никелевые руд, что характеризует данную область, как третью по значению медно-никелевых провинций Российской Федерации [16].

Также Центральный-Черноземный район использует нерудное сырье в различных сферах промышленности и даже сельского хозяйства. К таким ресурсам относят огнеупорные глины Воронежской области, металлургические доломиты Липецкой области, мел и цементные мергели, добывающиеся в Белгородской и Воронежской областях, а также фосфориты в Курской области [16].

## 1.2 Климатические ресурсы

Климат центрально-черноземного района характеризуется, как умеренно-континентальный и в рамках данного климата следует разобраться таким вопросом – что такое климатические ресурсы? Это понятие подразумевает

под собой некую интегральную совокупность параметров атмосферы, если выражаться точнее, то речь идет об ее веществах. Также к числу климатических ресурсов относят энергию, информацию и пространство, прямое или не прямое потребление данных ресурсов поддерживает существование человеческой цивилизации. Помимо этого, улучшает качество жизни и способствуют созданию некоторых материальных благ человеческих [18].

Районирование, согласно климатическим ресурсам, можно рассматривать с определенных точек зрения, а именно с географической и экономической составляющей.

Рассуждая о районировании, можно классифицировать географический подход на некоторые факторы:

- 1) Климатический ресурсный анализ для определения районирования основывается на определении, в первую очередь, физико-географических характеристик исследуемого региона. Также стоит установить ресурсный потенциал территории, который, в свою очередь, имеет обоснование через свойство данной геосистемы.
- 2) Известно, что природно-ресурсный потенциал играет важную роль при климатическом районировании, так как этот потенциал напрямую относится к тем же свойствам природы, которые доступны для использования в дальнейшей перспективе.

С экономической точки зрения, районирование можно характеризовать, как:

- 1) Природно-ресурсный потенциал исследуемого региона рассматривают в качестве оценки направления его использования. Природно-ресурсный потенциал также выступает в качестве частного случая экономического районирования, причем, в свою очередь, он играет роль определенной единицы административного района.
- 2) Использование имеющихся ресурсов на определенной исследуемой территории напрямую связано с понятием природных ресурсов [18].

Вышеизложенные позиции районирования могут быть уместны, так как применение той или иной точки зрения становится четким выбором, который, в свою очередь, зависит от заданной цели использования имеющихся природных ресурсов в исследуемом регионе.

Если подходить к районированию с экономической точки зрения, то при оценке климатических ресурсов стоит обратить внимание на определенный возможный наибольший эффект их использования. Согласно общепринятой терминологии, к климатическим ресурсам относят запасы энергии, веществ, информации и другие ресурсы, которые можно также использовать для решения некоторых задач в экономической сфере или же в социальной. Такие показатели, как климатический ресурс, определяют оценку полезности использования тех или иных ресурсов. Если районировать с учетом экономической концепции, то можно также выделить многообразие разновидностей климатических ресурсов [18].

Использование климатических ресурсов.

При анализе многолетних характеристик атмосферы определяют, что атмосферными ресурсами могут быть не только климатические, но также к ним могут относиться и погодные. Причем погодные зависят от оценивания атмосферных параметров в определенный момент времени наблюдения и исследования.

По характеру использования ресурсы можно разделить на две категории:

- 1) Ресурсы возобновляемые
- 2) Ресурсы не возобновляемые

Говоря о первой группе ресурсов, стоит акцентировать внимание на том, что использование данных ресурсов имеет определенную классификацию - оно может быть пассивным или активным [18].

При рассмотрении типа активного использования климатических ресурсов, в первую очередь, мы имеем контакт с тем или иным видом использования таких ресурсов, причем это определяется посредством некоторого технического вмешательства. Так, при помощи ветровых установок преобразуется

энергия, а вот благодаря выпадению атмосферных осадков мы имеем возможность использовать данные ресурсы для орошения земельных участков и полевых территорий. Для этого человечество использует элементарные технические приспособления [18].

Углубляясь в использование атмосферных ресурсов косвенно или пассивно, стоит отметить, что под этим определением подразумевается некий выбор хозяйственных и социальных мероприятий или решений. Задействовать все происходящие атмосферные процессы невозможно, поэтому ряд определенных мероприятий использования ресурсов выступает в качестве утилизации выгоды от использования климатических характеристик.

Не возобновляемые ресурсы имеют такое разделение видов ресурсного использования, которое, в свою очередь, также относится к климатическим ресурсам. Оно позволяет максимально расширить смысл понятия климатических ресурсов. Помимо этого, также можно применить ресурсный подход к решению более сложных задач по учету климатического влияния на различные стороны социально-экономической деятельности человека [18].

Для эффективного использования агроклиматических ресурсов в сельскохозяйственной сфере определенно выбирается растительная культура, а также применяются необходимые агротехнические мероприятия с опорой на те или иные климатические особенности региона.

Напротив, существует понятие отрицательных ресурсов. Что под этим понимают? Такой вид ресурсов появляется в случае, когда от тех или иных климатических особенностей региона приходится защищаться. Защитные меры могут быть разными, в зависимости от возникающих неблагоприятных условий. Тогда определенно нужно учитывать в расчетах конструкции климатических нагрузок для понимания того, что данная защита будет являться экономически выгодной и рациональной. Параллельно с этим, также нужно вести учет климата, который позволяет дать оценку происходящему и вероятность на составление заблаговременного прогноза, в целях избежать лишних затрат. Указанная причина служи следствием убывания отрицательных ресурсов.

Климатические ресурсы разделяют на следующие принципы:

- по возникающим метеорологическим характеристикам. Обычно такими являются температура воздуха, скорость ветра, количество выпавших атмосферных осадков.

- по масштабу воздействующих климатических процессов. Они могут быть макроклиматическими, мезоклиматическими и микроклиматическими ресурсами;

- по прямому направлению использования, а именно по их функциональному признаку, то есть, имеются ввиду агроклиматические, биоклиматические ресурсы [18].

### 1.3 Агроклиматические ресурсы

К агроклиматическим ресурсам относят некоторую совокупность метеорологических факторов таких, как влажность и тепло, которые, в свою очередь, являются способствующими факторами на пути образования и формирования определенных условий для ведения производства в сельскохозяйственной сфере. Такие факторы напрямую определяют уровень урожайности исследуемого региона [14].

Климатическая оценка в качестве ресурса для развития сельского хозяйства формируется на характеристиках термических ресурсов вегетационного периода, условий зимнего сезона, а также и ресурсов влаги. Помимо вышеперечисленных, при агроклиматической оценке также необходимо учитывать:

- 1) закон минимума, который гласит о том, что урожайность определяется фактором, который находится в минимуме
- 2) количественные параметры связи продуктивности растений с факторами климата.

В агроклиматологии метеорологические факторы разделяют на основные и дополнительные. В качестве основных выделяют такие факторы, как свет, тепло, влага и воздух – все вышеперечисленные одинаково необходимы для роста растений, чтобы оказывать на них непосредственное и прямое влияние в течение всего периода их жизни и на всей территории их произрастания. К дополнительным относят такие факторы, как ветер, облачность и туман – они играют второстепенную, то есть косвенную роль, а также действуют преимущественно в отдельные периоды и на ограниченных территориях, тем самым, корректируют основные факторы [14].

Для вегетационного периода и его отдельных подгрупп рассчитывают основные:

- 1) термические и частично световые ресурсы
- 2) ресурсы увлажнения, включая осадки и влажность почвы
- 3) условия перезимовки культур
- 4) неблагоприятные (опасные и особо опасные) явления [14].

Определяют некоторые агроклиматические показатели, который, в свою очередь, выражено в количественном эквиваленте между климатическими факторами, а именно ростом, зимостойкостью и продуктивностью. Для качественной оценки вышеперечисленных показателей используют средние многолетние значения метеорологических характеристик и явлений, получаемые путем осреднения показателей за определенный период наблюдения. В случае, если ряд варьируется от 40 до 80 лет, то такие осредненные значения называют климатическими нормами.

Случающиеся климатические явления классифицируют по частоте, повторяемости, вероятности и обеспеченности.

Оценка термических ресурсов является одной из важнейших задач в сельском хозяйстве и ботанике. Для того чтобы определить, достаточно ли тепла для роста и развития растений, необходимо рассчитать суммы температур за определенный период.

Так, суммы активных температур рассчитываются в виде суммы положительных температур выше определенной базовой температуры в течение периода вегетации. Данная оценка учитывает только те температуры, при которых наступает активный рост растений. Также стоит учесть, что существует тесная связь между суммами активных температур и годовой суммой радиационного баланса, которая позволяет определять термические ресурсы различных климатических зон для целей сельского хозяйства [14].

Напротив, особенно выделяют критические температуры воздуха, способствующие уничтожению и гибели растений. В свою очередь, при помощи средних дневных и средних ночных температур воздуха можно учесть географическую изменчивость, продолжительность дня и ночи, а также изменения степени континентальности климата при одной и той же среднесуточной температуре.

Минимальные температуры воздуха говорят о существовании некоторых особенностей условий перезимовки растений, а также и о сроках завершения заморозков в весенний и осенний периоды. Максимальная температура воздуха в зимний период, является определяющим фактором частоты оттепелей и их интенсивности. Напротив, в теплый период, максимальная температура воздуха позволяет судить о продолжительности периодов угнетения растений жаркой погодой [14].

Для качественной оценки климата в холодный период за основу главного показателя условий перезимовки принимается среднее число всего количества абсолютных годовых минимальных значений температур воздуха, по которой рассчитывают повторяемость отклонений минимальной температуры воздуха в отдельные годы наблюдений от нормы в исследуемой местности.

Оценка увлажнения. Еще одним агроклиматическим показателем потребности во влаге являются запасы продуктивной влаги, а также сумма осадков, которая обеспечивает определенный уровень урожайности региона. Помимо вышеперечисленного также к агроклиматическим показателям относят

показания увлажнения критических значений влажности в почве, которые вызывают гибель и повреждения растений [14].

К списку важнейших климатических показателей также можно отнести содержание запасов влаги в почве, наличие которой определяет продуктивность. Обычно такой показатель определяют горизонтально в почвенном покрове, а именно в слое от 0 до 100 см. Помимо этого, также используют суммы осадков за определенный исследуемый период в качестве средних многолетних и вероятностных оценок.

Средний показатель многолетних осадков характеризует обеспеченность близкую к 50%, однако, это не те данные, чтобы четко давать оценку увлажнению. Поскольку, при одинаковой сумме осадков ресурсов влаги в мире определяется испарением. Для учета отношений между осадками и косвенными характеристиками испаряемости в агрометеорологии пользуются комплексными показателями [14].

Агроклиматическое районирование. Оценки и критерии агрометеорологических ресурсов являются основой для размещения сельскохозяйственных культур, а также специализации производственной составляющей, ее оптимизации и освоение слабозаселенных участков территорий. Также критерии определяют стратегию для долгосрочного планирования в отдельных отраслях производства. Недочёт особенностей агроклиматических ресурсов в том или ином районе или во временной перспективе может принести экономический вред, а именно привести к серьёзному ущербу или нежелательным социальным последствиям [8].

Что касается оценки агрометеорологических ресурсов, то стоит отметить, что она позволяет провести полноценное и разумное агрометеорологическое районирование. Впоследствии чего, оно даст научное обоснование для размещения тех или иных сельскохозяйственных культур, а также приемов их возделывания в разнообразных климатических зонах. Помимо этого, при агроклиматическом районирования выделяют районы с разной обеспеченностью

теплом и влагой культурных растений, дополнительно по их условиям перезимовки.

Показателями стандарта для агрометеорологического районирования по обеспеченности растений теплом служат значения эффективных температур, а также критические, низкие и высокие температуры, которые могут наносить вред растениям во время прохождения их вегетационного периода и во время нахождения в покое [14].

Осуществление агроклиматического районирования по обеспеченности растений влагой проходит по основании ГТК или иных показателей увлажнения. При выводе такой оценки обеспеченности влагой, несомненно, учитывают запасы продуктивной влаги в почве в различные периоды вегетации, а также устойчивость сортов к засухе, суховеям, сильным ветром и другим неблагоприятным метеорологическим явлениям.

По особым условиям перезимовки в умеренном поясе выделяют области с разными влияющими факторами для озимых культур. К таким относят мягкую, суровую или очень суровую зиму. Последняя же, в свою очередь, характеризуется особым условием почти ежегодного вымерзания озимых культур [14].

Существующие ресурсы от солнечной радиации также учитывают при агроклиматическом районировании. К подобным показателям можно отнести приход фотосинтетической активной радиации за определённые месяцы теплого сезона, а также за период со среднесуточными температурами воздуха более 10°C [5]. При таком районировании некоторых культур особенно принимают во внимание продолжительность дня.

Комплексное районирование определенных территорий экономических субъектов осуществляется благодаря распределению агроклиматических ресурсов и определению их сельскохозяйственных потенциалов, соответственно, на основе учета совокупности вышеперечисленных показателей.

Таким образом, агроклиматическое районирование является завещающим этапом климатических исследований, использовавшееся для целей сельскохозяйственного производства. По основанию агроклиматического районирования для всех культурных растений определяют районы их наибольшего процента урожайности, определение которых базируется на следующих основных условиях:

1) термические ресурсы необходимы для ежегодного обеспечения растений в вегетационный период от момента посева до их созревания;

2) ресурсы влаги в течение всего вегетационного периода должны обеспечивать формирование наибольшей продуктивности данной сельскохозяйственной культуры

3) стоит учесть, что для зимующих культур комплекс агроклиматических условий должен обеспечивать наименьшее повреждение посева в зимний период.

Агроклиматические ресурсы, в свою очередь, являются определяющим фактором сроков начала полевых работ. Они также связаны с периодами оттаивания и просыхания почвы до момента мягко-пластичного состояния, что соответствует запасам продуктивной влаги 20-50 мм в слое почвы 0-20 сантиметров. Таким образом, важнейшим агроклиматическим показателем масштабного начала полевых работ является дата перехода среднесуточной температуры воздуха через  $+5^{\circ}\text{C}$ .

От агроклиматических условий в значительной степени зависит эффективность применения минеральных удобрений. Установлено, что на каждые 10% увеличения засушливости климата эффективность удобрений снижается на 15% [14].

Отметим, что климатические условия определяют не только потенциальную продуктивность культурных растений, но и качество урожая практически всех растений, их развитие и степень вредоносности различных видов

вредителей и болезней культурных растений, которые также в значительной мере определяются условиями формирования климата.

Таким образом, оценка агроклиматических ресурсов предопределяет решение нижеперечисленных задач:

- 1) Прежде всего, это постановление агроклиматических показателей для интересующей территории наблюдений
- 2) Необходимость выявления зависимости развития и уровня продуктивности культурных растений и животных, непосредственно связанных с способствующими климатическими факторами
- 3) Первостепенное определение оценки степени соответствия агроклиматических ресурсов и потребности культурных растений
- 4) Проведение общего агроклиматического районирования, а также разработка размещения перспективных сортов и гибридов. Помимо этого, необходимо провести мелиоративные и агротехнические мероприятия, которые, в свою очередь, способствуют улучшению микроклиматических условий сельскохозяйственных угодий. Принятые меры помогают вести борьбу с неблагоприятными условиями природы
- 5) Определение оценки влияния на урожайность иных факторов, которые связаны с климатом. Прежде всего, в целях преодоления их отрицательного влияния на продуктивность земледелия [14].

## 2 Режим опасных метеорологических явлений на территории Центрально-Черноземного экономического района Российской Федерации

Неблагоприятными для сельского хозяйства метеорологическими явлениями погоды являются биоклиматические явления, так как их рассматривают по реакции растений на погоду и характеризуют сопряженными агрометеорологическими и биологическими показателями.

К числу неблагоприятных для сельского хозяйства явлений погоды можно отнести: различного вида засухи, суховеи, пыльные бури, заморозки, градобития, сильные ливни, длительные осадки и значительное переувлажнение почвы в период уборки урожая. Что касается зимнего периода, то в этот сезон особенно выделяют такие опасные явления погоды, как сильные морозы, бесснежье или, напротив, высокий уровень снежного покрова, а также образование ледяных корок.

Более серьезную опасность для сельского хозяйства представляют засухи, которые могут вызывать катастрофические снижения урожайности всех сельскохозяйственных культур, а также приводят луга к деградации, непригодности почвы и т.д., тем самым, нанося огромный ущерб современному сельскому хозяйству.

### 2.1 Климат Центрально-Черноземного экономического района

Климат Центрального Черноземного экономического региона Российской Федерации (ЦЧР) является умеренно-континентальным и характеризуется теплым, солнечным, полузасушливым летом и относительно холодной зимой, с устойчивым снежным покровом. Средняя многолетняя температура воздуха варьируется в пределах около  $+5^{\circ}\text{C}$  с незначительными колебаниями.

Из наиболее холодных месяцев года можно выделить январь и февраль (табл.2.1), когда средняя многолетняя температура воздуха, например, в условиях Тамбова составляет  $-10,3^{\circ}\text{C}$ , а абсолютный минимум достигает  $-29,5^{\circ}\text{C}$ .

Средняя температура максимума достигает в июле +20,6<sup>0</sup>С (Валуйка) Что касается температуры почвы, то на поверхности почвы отмечается максимальная температура в +33<sup>0</sup>С в июне-июле, когда в условиях Валуйки средняя температура поверхности почвы составляет +25,0<sup>0</sup>С. Минимальная температура почвы в годовом ходе на поверхности наблюдается в январе при -11,0<sup>0</sup>С (табл.2.2.), а средняя годовая температура почвы в регионе колеблется в районе +7 - +9<sup>0</sup>С. [4]

Таблица 2. 1 - Среднемесячные и среднегодовые показатели температуры воздуха

Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С													
Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Тамбов	-10,6	-10,3	-4,6	6,0	14,1	18,1	19,8	18,6	12,5	5,2	-1,4	-7,3	5,0
Конь-Колодезь	-9,5	-9,5	-4	6,0	14,0	18,0	19,9	18,5	12,6	5,5	-0,9	-6,5	5,3
Воронеж	-9,8	-9,6	-3,7	6,6	14,6	17,9	19,9	18,6	13	5,9	-0,6	-6,2	5,6
Валуйки	-8,1	-7,5	-1,9	7,8	15,2	18,7	20,6	19,4	13,6	6,8	0,9	-4,6	6,7

Таблица 2.2 - Средняя месячная и годовая температура поверхности почвы

Средняя месячная и годовая температура поверхности почвы, °С													
Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Тамбов	-11,0	-10,0	-5,0	7,0	18,0	24,0	24,0	22,0	14,0	5,0	-2,0	-7,0	7,0
Конь-Колодезь	-10,0	-10,0	-4,0	8,0	18,0	23,0	24,0	22,0	14,0	6,0	-1,0	-6,0	7,0
Воронеж	-10,0	-9,0	-4,0	8,0	18,0	24,0	24,0	22,0	14,0	6,0	-1,0	-5,0	7,0
Валуйки	-8,0	-8,0	-2,0	10,0	19,0	25,0	25,0	24,0	16,0	7,0	1,0	-1,0	9,0

Также в Центрально-Черноземном районе в марте вполне возможны значительные понижения температуры воздуха, приводящие к подмерзанию поверхности земли и части плодовых культур.

Отмечается активный вегетационный период большинства ягодных культур в ЦЧР. Начинается он вместе с наступлением периода со

среднесуточной температурой почвы выше +5° С. Такое происходит во второй половине апреля и продолжается на протяжении 140-180 дней с общей суммой положительных температур выше +2700°С. Стоит обратить внимание, что безморозный период в ЦЧР составляет около 145 дней.

Что касается заморозков, то поздние весенние заморозки наблюдаются до середины мая, захватывая начало июня. В том время, как ранние осенние наступают нередко уже в середине сентября. Лето, как правило, умеренно-теплое, солнечное, довольно сухое. Наиболее теплый месяц июль, со средней температурой воздуха +19,2°С и максимальной +33,8°С. Близкие температурные показатели отмечаются в июне, августе.

Продолжительность периода с устойчивым снежным покровом составляет порядка 125 дней, а его толщина колеблется в пределах от 10-14 см до 50-52 см. Достаточно мощный снежный покров устанавливается в январе, зачастую, после сильных продолжительных морозов. Впоследствии чего, снежный покров продолжает устойчиво сохраняться до второй декады марта.

Северо-восточная часть исследуемого региона находится в зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения со среднегодовым значением количества выпадающих осадков, варьирующимся около 400 - 500 мм (табл.2.3).

Таблица 2.3 - Месячное и годовое количество осадков

Месячное и годовое количество (мм) жидких (ж), твердых (т) и смешанных (с) осадков														
Станция	Вид	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Тамбов	ж	1	2	3	24	49	53	75	53	48	35	16	9	368
	т	23	20	18	8						2	12	20	103
	с	13	10	11	4	3	1				11	19	17	89
Конь-Колодезь	ж	2	3	4	24	45	59	68	59	44	31	20	12	371
	т	16	11	13	2						2	6	12	62
	с	11	10	10	7	1				1	10	14	14	78
Воронеж	ж	2	3	4	28	51	58	71	59	44	34	21	14	389
	т	18	12	14	2						1	6	12	65
	с	13	11	12	8					1	10	14	16	85
Валуйки	ж	4	5	7	30	50	63	61	55	36	32	21	17	381
	т	19	15	13	1						1	10	16	75
	с	15	14	12	8						6	13	12	80

Чаще всего в Центральном-Черноземном районе атмосферные осадки можно наблюдать в виде дождя, снега, инея, росы, тумана с неравномерным распределением по субъектам ЦЧР. Большая часть осадков приходится на теплый сезон, а именно в период с апреля по октябрь, с отмечающимся максимумом в июле (66 мм). Минимум атмосферных осадков наблюдается в марте, их отметка колеблется в районе 9 - 24 мм. Общее количество дней с осадками в году составляет 165.

Характер годовых сумм осадков в ЦЧР с 2010 по 2020 гг. представлен на рисунке 2.1 [3].

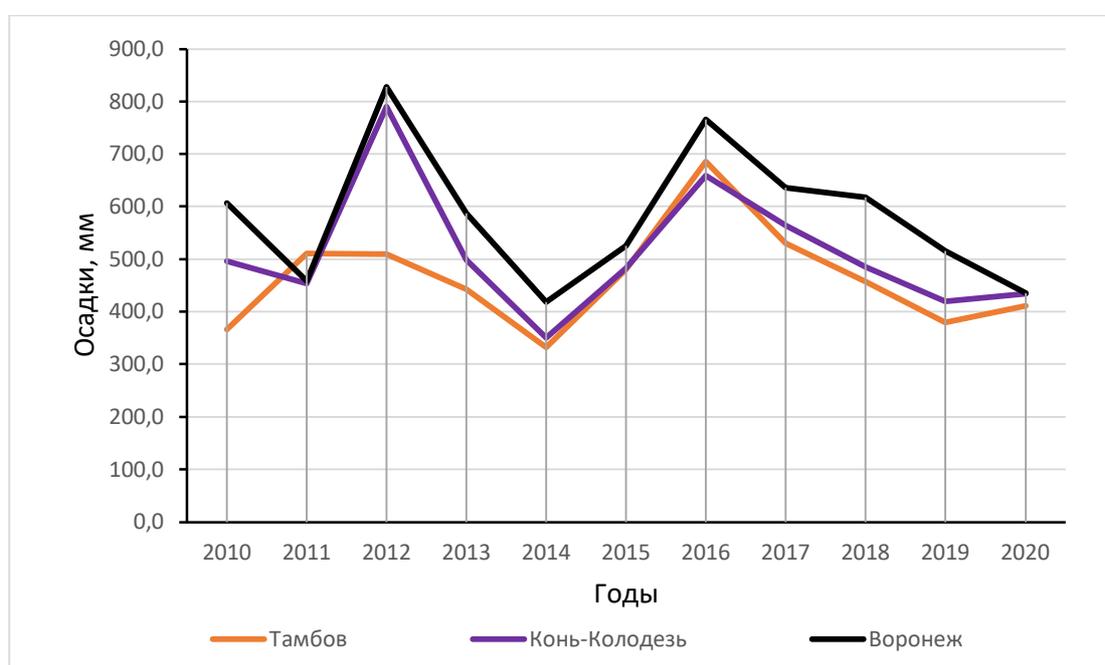


Рисунок 2.1 – Годовая сумма осадков с 2010 по 2020 гг. в ЦЧР

По характеру осадков можно заметить, что непосредственно в ЦЧР сумма осадков за год не так сильно отличается кроме Тамбова. В Тамбове осадки отличаются с 2010 по 2013 годы. Максимальные суммы осадков наблюдались в 2012 и в 2016 гг., а минимальные годовые суммы в 2010 и 2014 гг.

Средние многолетние и средние годовые показатели относительной влажности достигают порядка 76%. Отмечается рост значений относительной влажности воздуха в осенние и зимние сезоны. Напротив, в летний период

относительная влажность воздуха имеет пониженный уровень, отметка достигает до 62-67%, в засушливые годы опускается до 50%.

Образование и дальнейшее развитие засухи можно определить по количеству атмосферных осадков и сумме температур воздуха за определенный вегетационный период растений. Для выполнения данной задачи обычно используется гидротермический коэффициент (ГТК). Его величина изменяется в пределах от 1,0 до 1,4 и характеризует оптимальные условия увлажнения. Если показатель ГТК значительно высок, то есть превышает отметку в 1,4 то это обозначает избыточное увлажнение, напротив, если показатель ниже 1,0 - засушливые условия.

Атмосферные циклонические и антициклонические циркуляции также определяют продолжительность сезонов года, их длительность, режим тепла и влаги. Для ЦЧР характерна изменчивость циркуляции атмосферы в отдельные годы, что приводит к существенному отклонению значений температуры воздуха и количества осадков от средних данных [17].

Для агрометеорологического исследования были взяты четыре области центрально-черноземного экономического района: Липецкая, Белгородская, Воронежская, Тамбовская.

## 2.2 Температурные опасные метеорологические явления

Температурные опасные явления характерны, как для теплого сезона, так и для холодной половины года.

Среди холодного полугодия, метеорологическое опасное явление как сильный мороз, характеризуется ожидаемыми наблюдаемыми отрицательными среднесуточными температурными аномалиями воздуха в период с ноября по март. Продолжительность явления составляет не менее пяти суток в пределах температурных значений от -10 до -25°C и более, или когда минимальная температура воздуха близка к экстремальным значениям.

Сильная жара характеризуется ожидаемыми и наблюдаемыми положительными аномалиями значений среднесуточных температур воздуха в период с мая по август. Продолжается такое явление не менее пять суток, температурные отметки достигают +27°C и более [19].

Результаты анализа температурных опасных явлений в холодное и теплое полугодия с 1991 по 2020 гг. приведены в таблицах 2.4 и 2.5 на основании данных, приведенных в Приложении (табл. А) [3].

Таблица 2.4 – Суммарное количество дней, когда наблюдалась аномально-холодная погода с сильными морозами

Год	Опасное явление	Суммарное кол-во дней
1991	Аномально-холодная погода	3
1997	Аномально-холодная погода	1
1998	Аномально-холодная погода	24
2006	Аномально-холодная погода	4
2008	Аномально-холодная погода	10
2009	Аномально-холодная погода	4
2010	Аномально-холодная погода	13
2011	Аномально-холодная погода	17
2012	Аномально-холодная погода	28
2014	Аномально-холодная погода	14
2016	Аномально-холодная погода	10
2018	Аномально-холодная погода	6

Гораздо интереснее, с точки зрения практического использования представляется анализ повторяемости различной продолжительности аномальных холодных и жарких условий погоды. Для этого по значениям минимальной и максимальной продолжительности и в зависимости от количества случаев выделяем соответствие градации продолжительности аномальных холодов и

жары. По количеству значений попаданий опасных явлений в соответствующую градацию подсчитываем вероятность. Результаты анализа представим в виде графика гистограмм (рис.2.1 и 2.2).

Таблица 2.5 – Количество дней и годы, когда наблюдалась сильная жара на территории ЦЧР

Год	Опасное явление	Суммарное кол-во дней
1998	Сильная жара	16
2007	Сильная жара	7
2010	Сильная жара	45
2015	Сильная жара	4
2016	Сильная жара	9
2020	Сильная жара	5

Аномальные холода в ЦЧР имеют продолжительность от 0 – 4 и до 5 – 9 дней, с повторяемостью 45 и 35 % соответственно, при 20 случаях с 1991 по 2010 г. В суммарном значении продолжительность холодов до 9 дней имеет вероятность 80%. Это свидетельствует о том, что за 10-летний период 8 лет могут наблюдаться морозные дни.

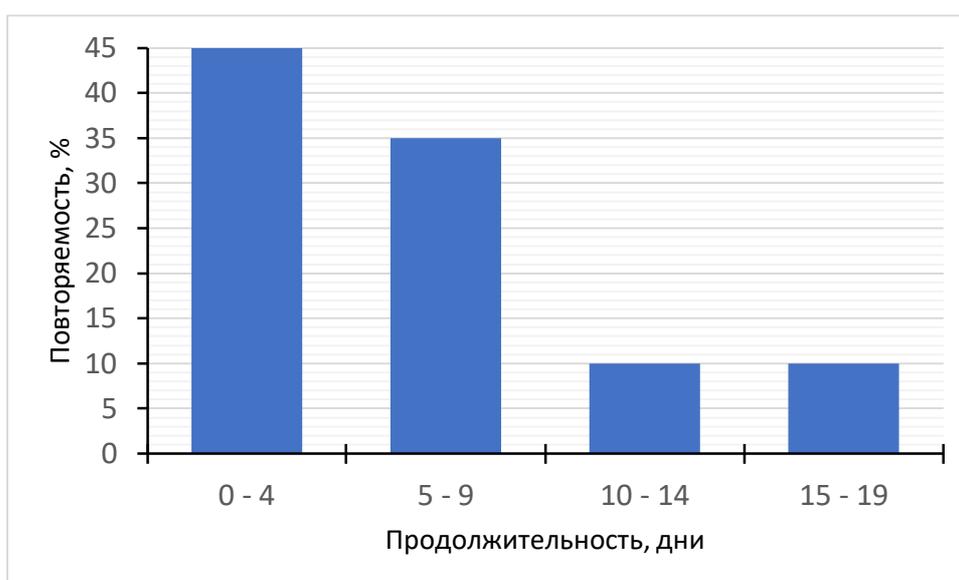


Рисунок 2.1 – Повторяемость холодной погоды (дни), %

Жаркая погода имеет другой характер распределения при 56 случаях.

Максимальная продолжительность жары длится до 8 дней с вероятностью 55% и несколько меньшей вероятностью 22% с продолжительностью от 33 до 40 дней.

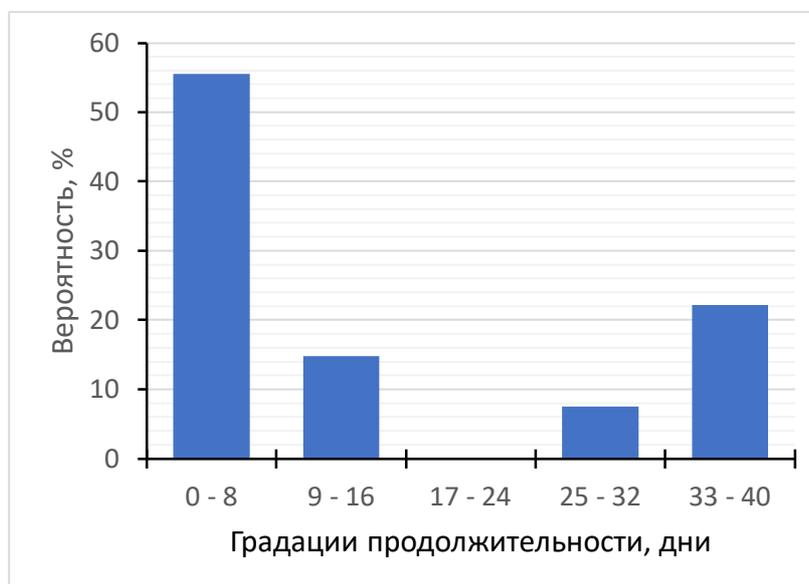


Рисунок 2.2 – Повторяемость жаркой погоды (дни), %

Это свидетельствует о том, что практически каждый второй год жаркая погода может длиться до 8 дней.

Опасность сильной жары проявляется в угрозе возникновения засушливых явлений. Засуха возникает при условии, когда в атмосфере и в почве длительное время наблюдается отсутствие осадков и влажности, соответственно. Такое метеорологическое явление сопровождается высокими температурами воздуха в сочетании с большой испаряемостью с поверхности земли и водных объектов. Вследствие чего, в атмосфере нарушается водный баланс. Таким образом, растения резко снижают свою продуктивность. Засуха представляет собой особую опасность, если она также сочетается с неблагоприятными условиями предшествующей осени и зимы.

Засуха подразделяется на две категории: почвенная и атмосферная. Почвенная засуха характеризуется отсутствием физиологически доступной для

растений влаги в почве. Атмосферная, в свою очередь, обуславливает сильную транспирацию растений и значительное испарение с поверхности воды и почвы. В результате слияния таких опасных метеорологических явлений можно заключить, что вышеперечисленное относится к понятию общей засухи [7].

По мере интенсивности данное метеорологическое опасное явление подразделяют на слабую, среднюю, сильную и очень сильную засухи. Для определения количественной характеристики используют различные показатели. Например, в агрометеорологии широко распространен определённый критерий засухи по величине гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова, значение которого представляет собой отношение количества выпавших за период вегетации осадков к 0,1 суммы температур воздуха за тот же период [7].

Критерии гидротермического коэффициента подразделяются на следующие градации:

- 1) В момент, когда  $ГТК < 0,3$ , тогда он соответствует очень сильной засухе, которая вызывает значительное снижение урожая более чем на 50%;
- 2) В случае, если  $ГТК = 0,4-0,5$ , то такой критерий соответствует определению сильной засухи, при наблюдении которой фиксируется падение урожая на 30-50%;
- 3) Когда  $ГТК = 0,6-0,7$ , тогда он соответствует средней засухе, которая, в свою очередь, вызывает снижение урожая на 20-30%.
- 4) И наконец, в моменте, когда  $ГТК = 0,8-0,9$ , он соответствует понятию слабой засухи, вызывающей снижение урожая на 10-20%.

Если рассматривать наиболее надежные показатели почвенной засухи, то к ним можно отнести понятие влажности почвы. Так, М.С. Кулик под критерием засушливости понимает иссушение пахотного и метрового слоя почвы. Декады, в которых запасы влаги в пахотном слое составляют менее 20 мм, относятся к засушливым, а менее 10 мм - к сухим, что свидетельствуют о начале засухи [7].

Если же судить о времени наступления, то засухи различают на весеннюю, летнюю и осеннюю. Отмечается, что в наиболее засушливые годы данное метеорологическое явление охватывает два и даже три сезона. Однако, если же засуха, которая начинается весной и продолжается до глубокой осени, в таком случае, она называется устойчивой засухой [7].

Весенняя засуха совпадает по времени с самыми первыми этапами роста и развития зерновых культур. Такой вид метеорологического явления особенно опасен для растений, так как развивается на фоне недостаточного количества влаги в почве в осенний и зимний периоды [7].

Летняя засуха обычно наблюдается во время, когда зерновые культуры преодолевают процессы закладки и формирования цветков – они являются важнейшим элементом продуктивности. Поэтому такая засушливость летних месяцев значительно сказывается на снижении процента урожайности данного региона [7].

Засуха в осенний период негативно сказывается на замедлении прорастания озимых, соответственно, замедляя осеннюю вегетацию, снижая морозостойкость растений.

Зачастую засухи дополнительно сопровождаются суховеями, что влияет на усиление причинения вреда растительным культурам. Под понятием суховея в общем смысле понимают ветер, при котором высокая температура воздуха сочетается с низкой относительной влажностью воздуха, а также большим дефицитом упругости водяного пара.

В наблюдениях агрометеорологической практики суховеям обычно считают ветер, превышающий скорость более 5 м/с. Дополнительно при котором, хотя бы в один из сроков метеорологических наблюдений, относительная влажность снизилась до 30%, температура воздуха повысилась до 25, а дефицит упругости водяного пара составлял не менее 20 мб.

В период цветения суховея обычно приводят к недоразвитию части этих цветков, после чего значительно сокращается число зерен в колосе.

Данное метеорологическое явление вызывает гибель цветковых растительных культур, а также способствует преждевременному высыханию зерна, а также его щуплости [7].

Чтобы защитить зерновые от засух обычно применяют способы орошения земли, полезащитного лесоразведения, влагосберегающей обработки почвы, правильный подбор засухоустойчивых культур, снегозадержание [7].

## 2.2 Заморозки

Метеорологическое явление, при котором наблюдается понижение температуры воздуха и почвы до отметок нуля градусов и ниже называется заморозками. Интересно, что такое опасное явление погоды происходит на фоне положительных среднесуточных температур воздуха. Стоит определить, что, к особенно опасным разновидностям заморозков относятся такие, как поздние весенние и ранние осенние заморозки.

Данное метеорологическое явление в период вегетации может вызывать повреждения почек растений, молодых листьев, хвои и побегов ели, а также неблагоприятно сказываться на цветении и всходе растущих. Сильные заморозки способствуют скорейшей гибели молодых растений. Для большинства древесных культур в период их вегетации особенно опасны заморозки при понижении температуры воздуха ниже  $-3^{\circ}\text{C}$  [7].

Анализ заморозков в климатологии осуществляют посредством оценки продолжительности безморозного периода (БМП) между самым последним заморозком весной и первым осенью. Эти данные для ЦЧР приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6 – Средняя продолжительность безморозного периода в центрально-черноземном районе

Станция	Продолжительность, дни
Мичуринск	152
Конь-Колодезь	154
Воронеж	160
Валуйки	154

Максимальна продолжительность БМП характерна для Воронежской области, и несколько меньше для Тульской области. Это обусловлено тем, что Тульская область находится севернее.

Что касается условий образования заморозков, то их разделяют на три типа: адвентивные, радиационные, а также адвективно-радиационные.

Охлаждение деятельной поверхности земли, а также прилегающих к ней слоев воздуха по причине большого эффективного излучения являются способствующими факторами для образования радиационных заморозков. Можно заметить, что такие заморозки преимущественно формируются в тихую и ясную погоду ночного времени суток, реже они наблюдаются сильными, но при восходе Солнца стремительно исчезают.

Вторжение холодных воздушных масс является основополагающим фактором для формирования адвентивных заморозков. Чаще всего способствуют арктические воздушные массы, приход которых вызывает значительные понижения температуры воздуха, наблюдающиеся в любое время суток. Такие заморозки могут иметь продолжительность в несколько суток подряд. Данное опасное явление погоды негативно сказывается на сельском хозяйстве тем, что оно охватывает гораздо большие территории и значительно меньше зависит от местных условий.

Адвективно - радиационные заморозки возникают при адвективном переносе холодных воздушных масс, охлаждающий эффект которых усиливается большим эффективным излучением. В значительно сильной форме эти заморозки проявляются в ночное время суток при ясной погоде. Приземные инверсии температуры воздуха всегда возникают при радиационных заморозках и адвективно-радиационных заморозках [7].

Более сильными и часто случающимися заморозки наблюдаются в пониженных формах рельефа, куда приходит более холодные воздушные массы. Примером таких форм рельефа может послужить темная и рыхлая почва. В свою очередь, радиационные и адвективно-радиационные заморозки значительно усиливаются в ясную погоду при слабых скоростях ветра и сухом воздухе.

Опасность заморозков для культурных растений различна и зависит от вида, сорта и фазы развития растений, а также времени их наступления.

Отметим, что опасность данного метеорологического явления для культурных растений зависит не только от времени наступления заморозков, но и от определённых сортов, видов, фаз созревания растений.

Так, Виктор Николаевич Степанов предложил разделить все культуры на пять групп по степени их устойчивости к заморозкам:

- 1) к наиболее устойчивым растениям, которые могут перенести кратковременные заморозки до понижений температуры воздуха  $-7^{\circ}\text{C}$  в начальные фазы развития относят зерновые и зернобобовые культуры
- 2) устойчивыми, выдерживающими в начале развития заморозки до  $-5^{\circ}\text{C}$  является лен
- 3) соя и редис называют среднеустойчивыми культурами, так как они способны выдерживать в своей фазе всходов заморозки при температуре воздуха в  $-3^{\circ}\text{C}$
- 4) малоустойчивыми, выносящими в период вегетации заморозки до  $-2^{\circ}\text{C}$ , считаются кукуруза, картофель, табак;

- 5) неустойчивыми к заморозкам при понижении температуры воздуха до  $-0,5^{\circ}\text{C}$  считают теплолюбивые культуры гречихи, хлопчатника, бахчевые.

Для предотвращения значительного ущерба от заморозков в сельском хозяйстве необходимо заблаговременно обеспечивать данную отрасль прогнозом.

Синоптики прослеживают продвижение холодной волны при обработке синоптических карт погоды, тем самым составляя предупреждение о возможности наступления заморозков. Такие оповещения обычно передаются по радиостанции для обширных территорий с интервалом ожидаемых минимальных температур  $3-5^{\circ}$ .

На всех метеостанциях, которые обслуживают сельскохозяйственное производство, проводится уточнение прогноза с учетом местных условий, что позволяет рассчитывать ожидаемую минимальную температуру с точностью до  $1-2^{\circ}\text{C}$ .

Если говорить о мерах защиты растений от заморозков, зачастую используют дымление, обильные поливы, мульчирование почвы, а также укрытие растений различными подручными материалами.

### 2.3 Сильные ливневые дожди. Град

Значительный ущерб сельскому хозяйству могут нанести такие стихийные гидрометеорологические явления, как град и сильные ливни (табл.2.7). Стоит отметить, что град зачастую достаточно сильно повреждает посевы и насаждения, а также может полностью их уничтожить. В большинстве случаев размер градин достигает  $1-2$  см, а максимальный диаметр градин варьируется в пределах  $6-8$  см. Определяют наиболее интенсивные и продолжительные градобития, которые непосредственно связаны с развитием сверхмощных градовых облаков. Такие облака имеют большую горизонтальную протяженность в  $30$  км и более, а также имеют вертикальную протяженность  $12$  км и более [7].

Таблица 2.7 - Среднее число дней с градом

Среднее число дней с градом									
Станция	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Год
Тамбов	0,01	0,2	0,6	0,5	0,4	0,1	0,2	0,01	2,0
Конь-Колодезь	0,08	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,04	1,5
Воронеж		0,2	0,6	0,5	0,4	0,3	0,1	0,04	2,1
Валуйки		0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,02	0,02	0,7

Град выпадает в виде полос, ширина которых достигает 3-5 км, а длина варьируется в пределах 15-20 км. В отдельно рассматриваемых случаях градобитием могут быть охвачены площади шириной до 20 км и длиной порядка 100-200 км. Продолжительность выпадения града в отдельном пункте колеблется от нескольких секунд до 1 ч, чаще всего она составляет 5-10 мин.

В качестве критерия опасного гидрометеорологического явления принят град с диаметром не менее 7 мм, наблюдаемый в период цветения и созревания сельскохозяйственных культур. Вследствие чего, поврежденные растения не восстановимы.

Для предотвращения ущерба, принесенного градом, используют основной метод активного воздействия на градовые облака. В данном методе для предотвращения процесса образования крупных градин используются метод засева градовых облаков льдообразующими реагентами, в качестве которого чаще используется йодистое серебро.

Для формирования защиты сельскохозяйственных культур применяют зенитные установки или другие противоградовые ракетные комплексы. При помощи радиолокаторов получается заблаговременно обнаружить зону градового очага. В дальнейшем, в эту зону при помощи ракетносителя запускают соответствующий реагент. Для проведения противоградовых работ организуются специальные противоградовые отряды, каждый из которых обеспечивает защиту посевов от градобитий на площади около 100 тыс. га. Таким образом,

с применением данных защитные мер, убытки от града на защищаемой территории уменьшаются на 50-70%.

За исследуемый период количество градовых явлений наблюдалось всего 7 случаев (табл.2.8).

Таблица 2.8 – Суммарное количество дней, когда наблюдался град

Год	Опасное явление	Суммарное кол-во дней
2001	Град	1
2005	Град	2
2007	Град	3
2012	Град	1

Помимо града существенный ущерб сельскому хозяйству также могут наносить сильные ливневые дожди, которые обычно захватывают небольшую площадь региона и характеризуются относительно случайным пространственно-временным распределением на местности. Максимальные суточные значения ливневых атмосферных осадков в годовом ходе повсеместно отмечаются в теплый период года.

Полегание зерновых культур возникает при сильных ливневых осадках. Площадь распространения может достигать 20-30%, в отдельных случаях значительно повышается до 80%. Данное явление вызывает трудности с уборкой урожая, а также резко снижает процент урожайности и увеличивает общие потери культур. Помимо вышеперечисленных негативных последствий на урожайность, стоит отметить, что ливневые дожди или длительные атмосферные осадки особенно способствуют формированию стекания и прорастания зерна. В дальнейшей перспективе можем наблюдать наличие и развитие определённых болезней сельскохозяйственных культур.

В свою очередь, сильные ливневые атмосферные осадки не успевают просачиваться вглубь почвы, поэтому большая их часть стекает, смывая плодородные слои почв со склонов, тем самым, дополнительно образуя, водную эрозию [7].

Опасных ливневых случаев наблюдалось 8 случаев (табл.2.9).

Таблица 2.9 – Суммарное количество дней, когда наблюдался ливень

Дата начала	Дата окончания	Количество дней
22.08.2006	23.08.2006	1
20.06.2007	20.06.2007	1
25.07.2007	26.07.2007	2
14.06.2009	14.06.2009	1
15.07.2013	15.07.2013	1
28.08.2017	28.08.2017	1
15.06.2019	15.06.2019	1

Можно сделать предположение, что ливни сопровождаются градами, но данные в таблице 2.11, говорят о том, что это не совпадающие процессы.

Таблица 2.11 – Суммарное количество дней, когда наблюдался град и ливень

Дата начала	Дата окончания	Название явления
20.05.2001	20.05.2001	Град
31.05.2005	02.06.2005	Град
22.08.2006	23.08.2006	Ливень
20.06.2007	20.06.2007	Ливень
29.06.2007	29.06.2007	Град
25.07.2007	26.07.2007	Ливень
02.08.2007	02.08.2007	Град
14.06.2009	14.06.2009	Ливень
16.06.2012	16.06.2012	Град
15.07.2013	15.07.2013	Ливень
28.08.2017	28.08.2017	Ливень
15.06.2019	15.06.2019	Ливень

### 3 Оценка влияния опасных метеорологических явлений погоды 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 сельхозкультур в центрально-черноземном районе за период с 2010 года по 2020 год

Анализ урожайности в Центральной Черноземном районе проводим по таким культурам, как – зерновые, картофель, подсолнух, сахарная свекла и овощи. Для анализа выбран период с 2010 по 2020 гг. Такой выбор обусловлен прежде всего тем, что с 2010 г. наблюдается резкое увеличение финансирования сельского хозяйства со стороны государства, что привело резкому увеличению урожайности сельхозкультур [19]. В виду того, что среди опасных явлений наблюдаются такие опасные явления, которые могут охватить большие территории было принято решение об осреднении данных по урожайности по областным данным на территории ЦЧР. Осреднение проводилось по четырем областям: Липецкая, Воронежская, Белгородская и Тамбовская.

Результаты анализа приведены на рисунках 3.1. – 3.5., и на них можно заметить, в общем, что несмотря на последовательное увеличение урожайности наблюдаются годы, когда они уменьшаются [2].

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

Что касается картофеля, то ее урожайность относительно устойчива кроме 2010 г., а также повышенными значениями в 2015 и в 2017 гг. (рис.3.2)

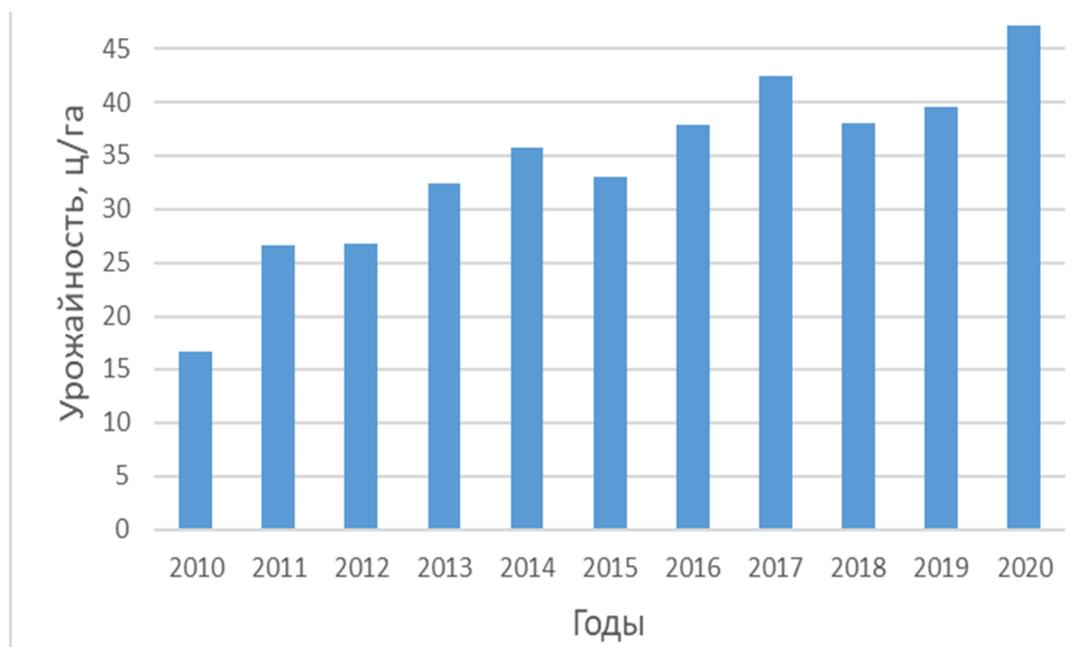


Рис.3.1- Гистограмма урожайности зерновых культур

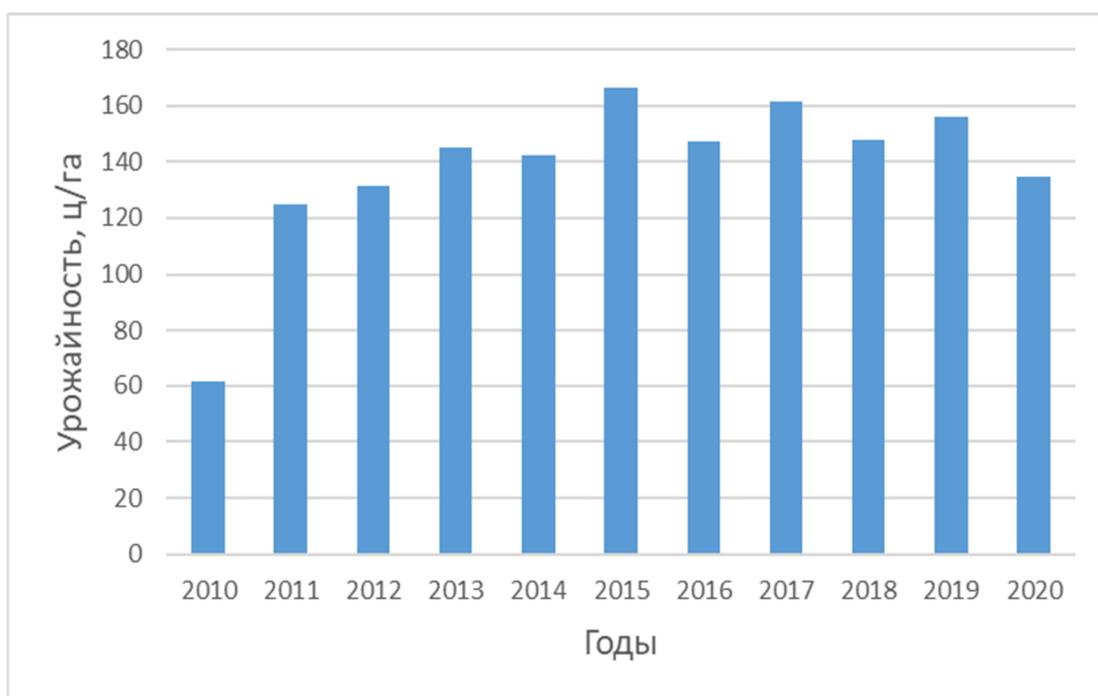


Рис.3.2 - Динамика урожайности картофеля

Урожайность подсолнуха также не отличается особой стабильностью. Рост сопровождается снижением и особо следует отметить 2010 г., когда был собран минимальный урожай и 2019 г. с максимальной урожайностью (рис.3.3).

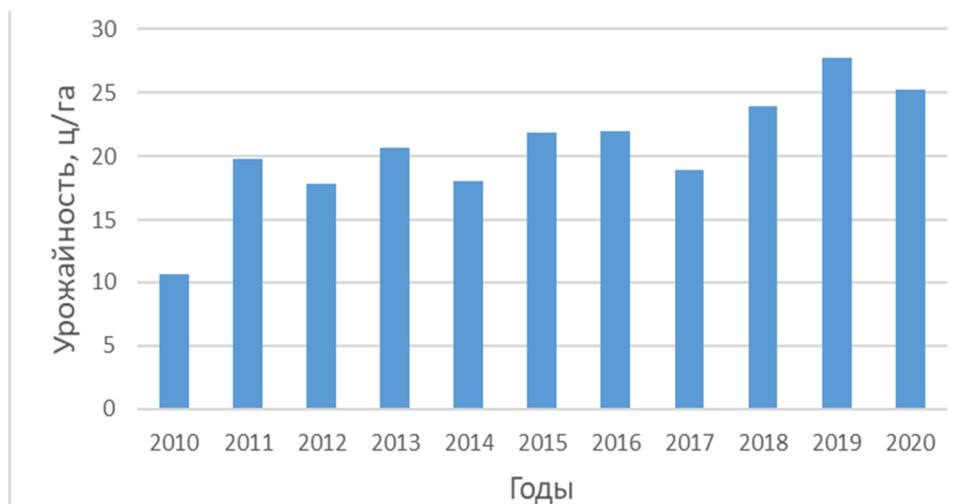


Рис.3.3 - Динамика урожайности подсолнуха

Максимальная урожайность сахарной свеклы наблюдается в 2017 и 2019 годах, примерно 480 центнеров с одного гектара. Примерно меньше чем, на 100 ц/га собирали в 2014, 2018 и 2020 гг., а минимальная урожайность была в 2010 г. с 190 ц/га (рис.3.4).

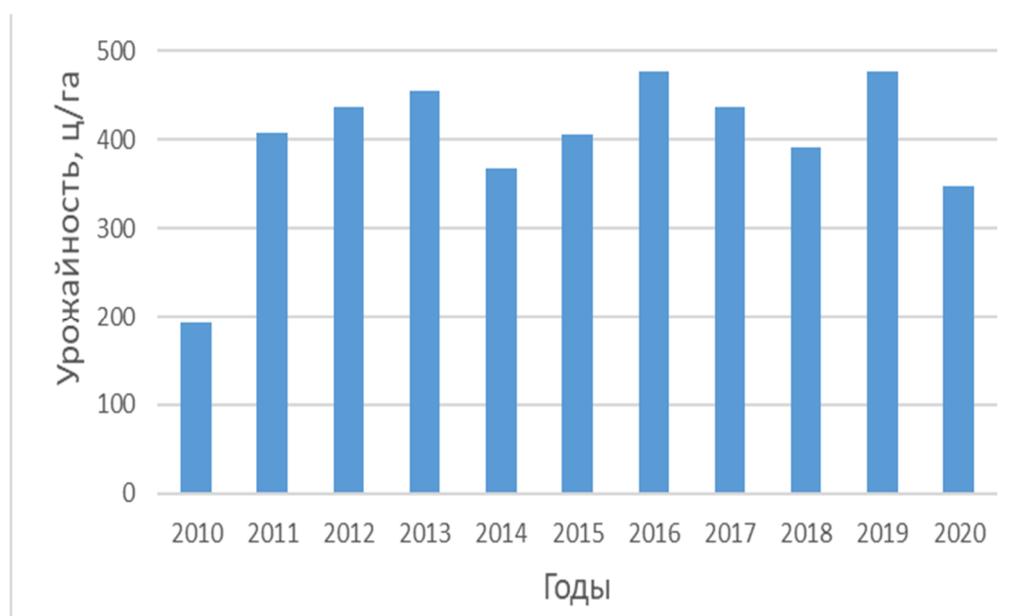


Рис.3.4 - Урожайность сахарной свеклы

Особой устойчивостью характеризуется урожайность овощей. Наблюдается устойчивый рост, за исключением 2010 г. (рис.3.5).

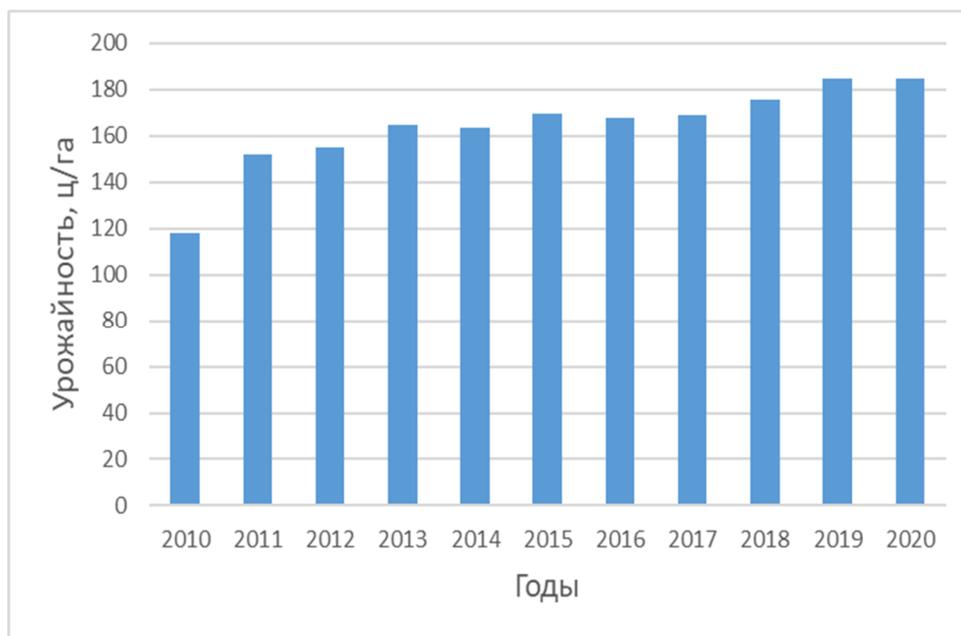


Рис.3.5 - Динамика урожайности овощей

Подводя итоги анализа урожайности основных сельскохозяйственных культур на территории ЦЧР России с 2010 г. по 2020 г. можно с уверенностью отметить минимальную урожайность всех культур в 2010 г. В остальные годы наблюдаются значительные колебания всех исследуемых сельскохозяйственных культур. Как отмечалось, такая урожайность по всей видимости и обусловлена метеорологическими и агрометеорологическими условиями наряду с опасными явлениями погоды.

### 3.2 Анализ степени влияния опасных метеорологических явлений погоды на урожайность

По имеющимся в работе данным можно сделать предварительные выводы о влиянии аномальной жары на урожайность анализируемых культур. Прежде всего выделяется 2010 г., когда наблюдается наибольшее число

случаев с аномальной жарой (табл.2.5 и 2.6). Такая частота жаркой погоды прежде всего отразилось на режиме увлажнения по причине малого количества осадков практически на всей территории ЦЧР (рис.3.6).

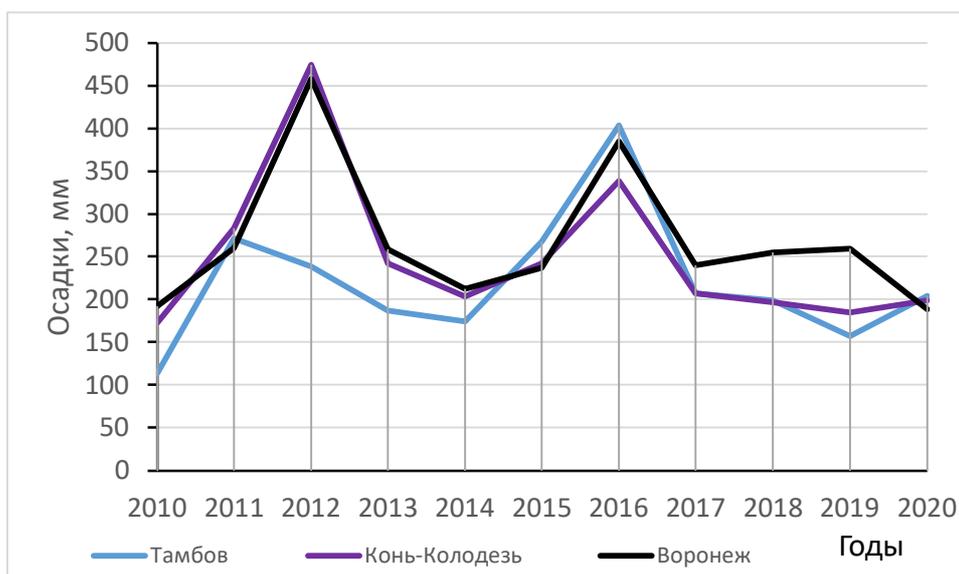


Рисунок 3.6 – Сумма осадков за период вегетации в ЦЧР с 2010 по 2020 гг.

На рисунке 3.6. представлены суммы осадков по трем метеорологическим станциям на территории ЦЧР за четыре месяца вегетационного периода (апрель – август). Не сложно заметить, что в 2010 г. практически на всей территории наблюдались минимальные суммы осадков.

Для оценки влияния опасных метеорологических явлений на урожайность сельскохозяйственных культур необходимо воспользоваться методом корреляционно-регрессионного анализа. На первом этапе рассчитываем коэффициент корреляции (ф.3.1) [15] и определяем степень тесноты связи между значениями урожайности (сельскохозяйственной культуры) и количеством дней опасных явлений за период вегетации.

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{n \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (3.1)$$

где,  $X_i$  – члены ряда (число дней с ОЯП),  $Y_i$  – члены ряда (урожайность сельскохозяйственной культуры),  $n$  – количество параллельных наблюдений,  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  – средние квадратические отклонения (сигма).

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, но к сожалению данных по урожайности озимых зерновых культур в справочнике [11] не приводятся. Поэтому в работе, при оценке степени влияния опасных явлений погоды 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, ливни и продолжительные осадки. В результате выборки из данных по опасным явлениям погоды получили значения по дням, приведенные в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Суммарное количество дней с ОЯП на территории ЦЧР за теплый сезон

Годы	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Число дней с ОЯП	45	0	1	1	0	4	9	1	0	1	5

Используя данные об урожайности сельскохозяйственных культур и сведений об суммарных ежегодных количествах ОЯП с 2010 по 2020 гг. рассчитаем коэффициент корреляции для определения степени влияния ОЯП на урожайность сельскохозяйственных культур. Для удобства данные сгруппируем в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Сгруппированные данные по ОЯП и урожайности сельскохозяйственных культур

Годы	ОЯП, дни	Урожайность сельскохозяйственных культур, ц/га				
		Зерновые	Картофель	Подсолнух	Свекла	Овощи
2010	45	16,55	61,5	10,67	193,5	117,75
2012	1	26,75	131,25	17,85	437,25	155,00
2013	1	32,37	145,25	20,72	454,25	165,00
2015	4	33,02	166,25	21,87	406,25	169,75
2016	9	37,85	147,5	21,95	477,25	167,75
2017	1	42,47	161,5	18,92	436,5	169,00
2019	1	39,57	155,75	27,8	476,75	184,5
2020	5	47,0	134,5	25,22	348,00	185,00
Корреляция		- 0,70	- 0,92	- 0,75	- 0,88	- 0,86

Для анализируемых сельскохозяйственных культур (зерновые, картофель, свекла, овощи и подсолнух) характерна обратная линейная зависимость и коэффициент корреляции меняется от -0,70 до -0,92 (табл.3.2). 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.

Из представленной таблицы можно заметить, что ОЯП теплого сезона прежде всего приводят к снижению урожайности картофеля, свеклы и овощей, но в меньшей степени на урожайности зерновых и подсолнуха. 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 во влаге.

Далее составляем уравнение регрессии связи между исследуемыми показателями урожайности сельскохозяйственных культур и опасными метеорологическими явлениями погоды, которые приведены на рисунках ниже (рис.3.7 – 3.11).

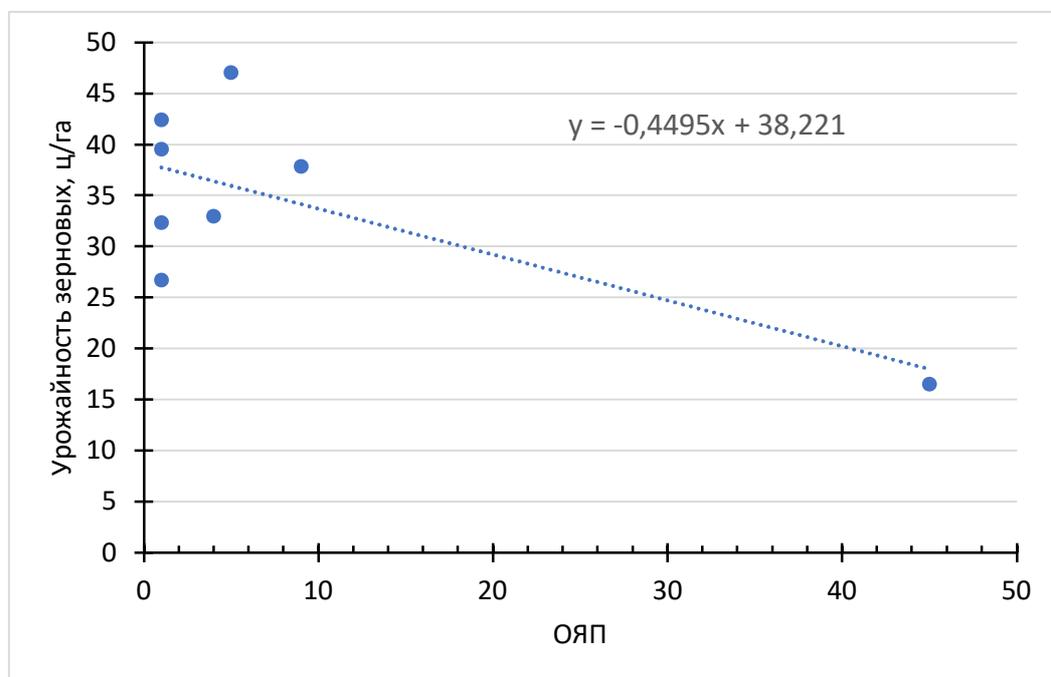


Рис.3.7 – Регрессионная зависимость влияния ОЯП на урожайность зерновых культур

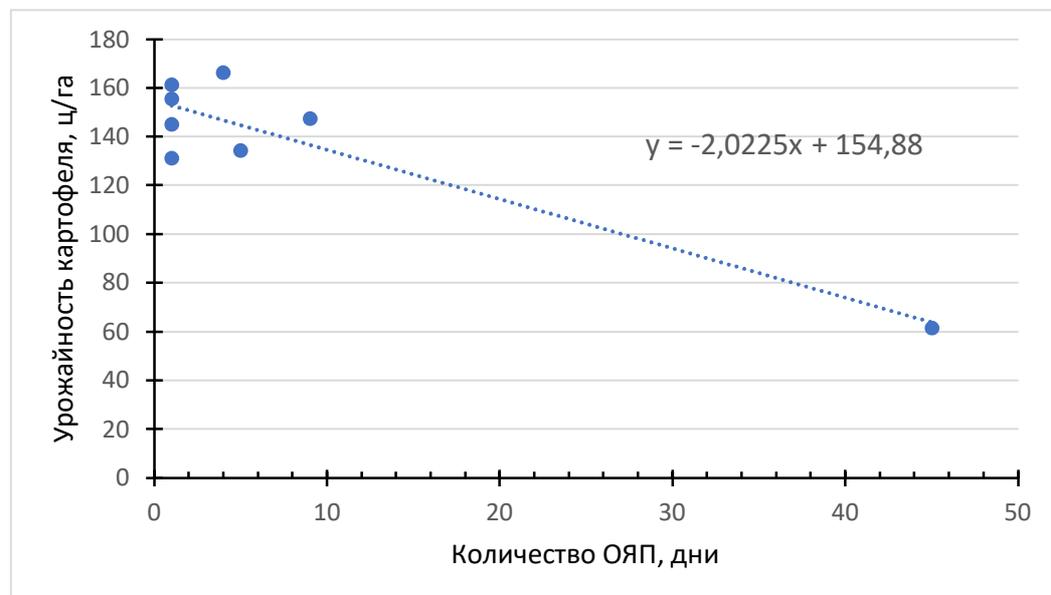


Рис.3.8 – Регрессионная зависимость влияния ОЯП на урожайность картофеля

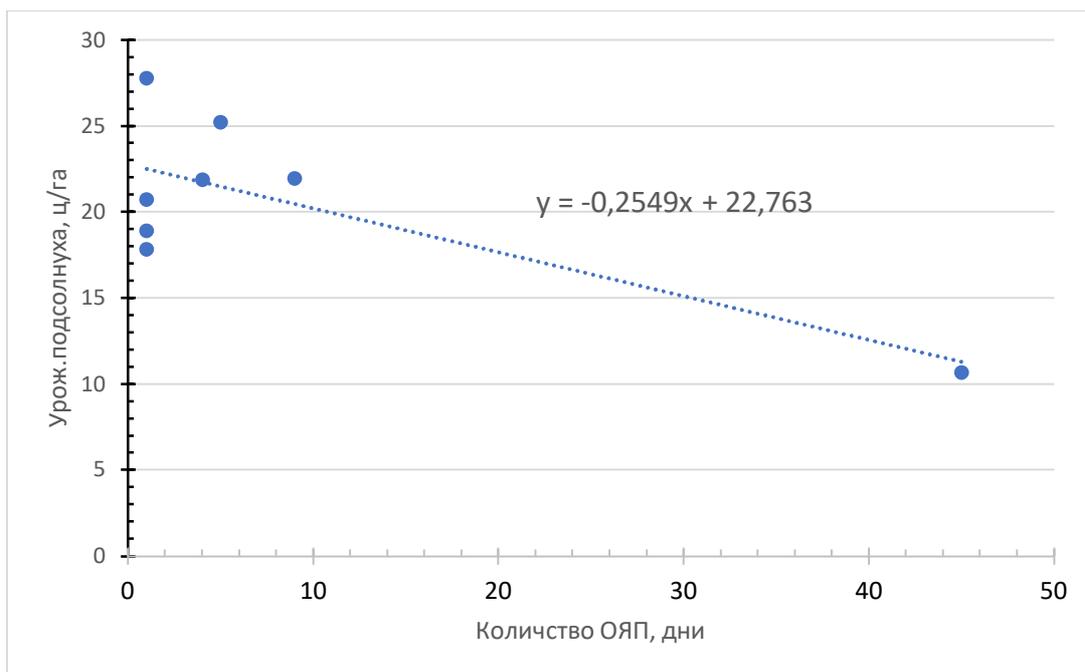


Рис.3.9 – Регрессионная зависимость влияния ОЯП на урожайность подсолнуха

Во всех случаях линия регрессии соответствует обратной линейной зависимости.

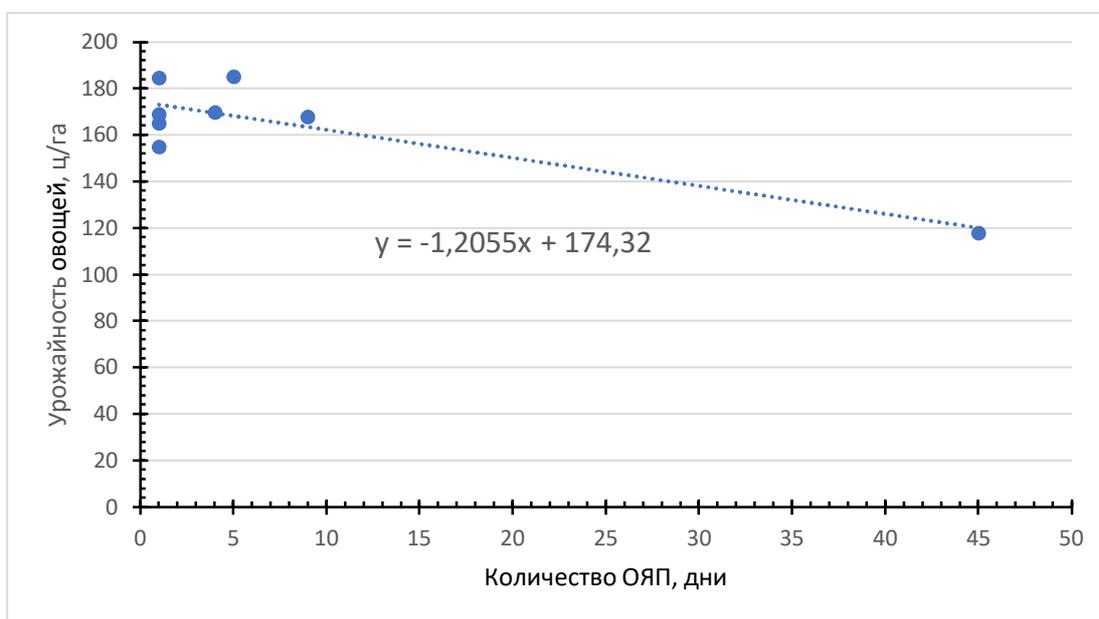


Рис.3.10 – Регрессионная зависимость влияния ОЯП на урожайность овощных культур

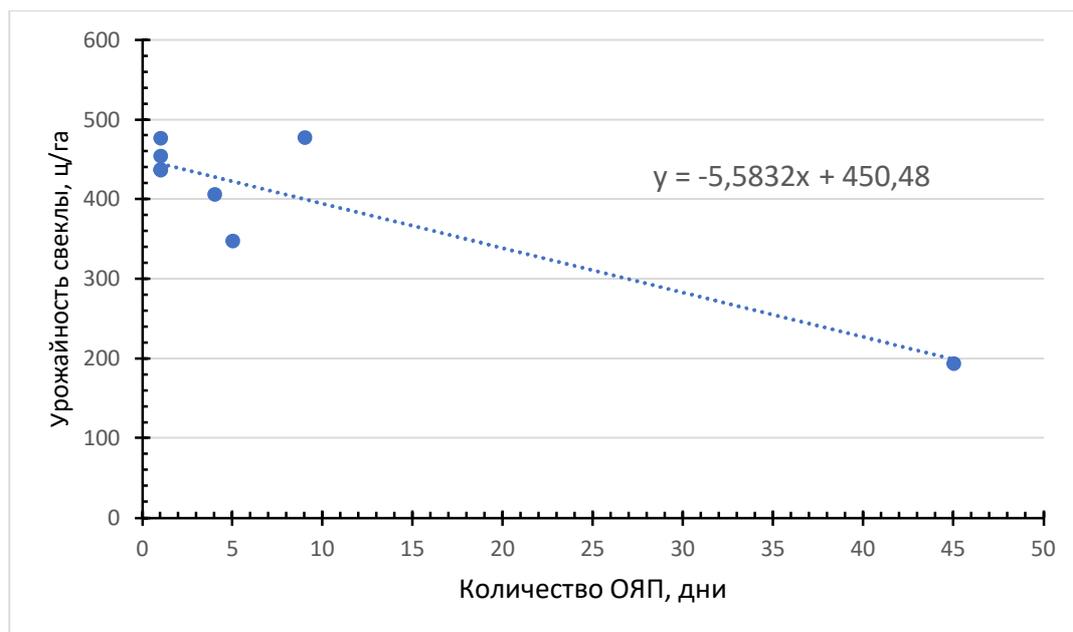


Рис.3.11 – Регрессионная зависимость влияния ОЯП на урожайность свеклы

В целом, как корреляционный, так и регрессионный анализ указывает на влияние опасных метеорологических явлений на урожайность сельскохозяйственных культур – чем большее количество дней с ОЯП в течение теплого сезона, тем меньше урожайность. Уменьшение урожайности затрагивает, прежде всего, сельскохозяйственные культуры, высаживаемые в открытый грунт весной (картофель, свекла, подсолнух и др).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение опасных явлений погоды в России, в том числе и в Центрально-Черноземном районе, является необходимой и главенствующей задачей на пути предотвращения ущерба от опасных явлений в сельскохозяйственной сфере деятельности.

В целом природно-климатические условия Центрально-Черноземного района 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 17 дней в 2011 г., а максимальная продолжительность аномально-жаркой погоды наблюдалась в 2010 г. в течение 45 дней.

По остальным ОЯП, таким как выпадение града и интенсивных ливней ситуация выглядит лучше и больше всего градово-ливневые явления наблюдались в 2007 г. 3 дня с градом и 2 дня с ливнем.

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 -0,86 до -0,92), нуждающимся в повышенных значениях влагозапаса – овощные культуры. У зерновых культур, менее зависимых от влагозапаса зависимость уменьшается, но остается высокой: от -0,70 (зерновые) до -0,75 (подсолнух).

Характер связи выражается обратной линейной зависимостью.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматический справочник по ЦЧЗ. - Л.: Гидрометеозиз-дат, 1963. - 145с. 4.
2. База данных «Федеральной службы государственной статистики в Российской Федерации». Источник: [www.rosstat.gov.ru](http://www.rosstat.gov.ru)]. (дата обращения: 06.11.2022).
3. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации - Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД) Источник: [www.meteo.ru](http://www.meteo.ru)]. (дата обращения: 07.11.2022).
4. Глухих, М. А. Агрометеорология : учебное пособие для вузов / М. А.
5. Глухих. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 200 с.
6. Глухих М.А. Практикум по агрометеорологии : учеб. пособие / М.А. Глухих. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 136 с.
7. Журина Л.Л. Агрометеорология: учебник / Л.Л. Журина, А.П. Лосев.– Санкт–Петербург: Квадро, 2014.– 368 с.
8. Лосев Алексей Петрович, Журина Людмила Лукинична Агрометеорология.- М.: Колос, 2004.- 301 с.
9. Метеорология и климатология / Н.Н. Захаровская , В.В. Ильинич . – М.: КолосС, 2004.–127 с.
- 10.«Наставление по краткосрочным прогнозам погоды» (РД 52.27.724 - 2019).
- 11.Научно-прикладной справочник по климату СССР, Вып. 3.
- 12.Пиловец Г.И. Метеорология и климатология: учеб. пособие / Г. И. Пиловец. – Минск: Новое знание, 2013. – 399 с.
- 13.Попова Н. А. Метеорология и климатология : учебно-методическое пособие / Н. А. Попова, А. С. Печуркин. — Воронеж : Мичуринский ГАУ, 2008. — 46 с.

14. Прикладная климатология: Экон. аспекты использ. климат. ресурсов: Учеб. пособие / А. А. Исаев; МГУ им. М. В. Ломоносова, Геогр. фак. - Москва : Изд-во МГУ, 1989. - 88 с.
15. Учебно-методическое пособие по выполнению практических и расчётно-графических работ по дисциплине «Прикладная климатология» / Сост.: В.Н. Абанников, И.Н. Аед Мханна, Э.В. Подгайский. – Санкт-Петербург: Изд-во «Ниц Арт», 2022. – 80 с.]
16. Центрально-Черноземный экономический район - Регионоведение (Щербакова Ю.В., 2008).
17. Шмидт, И. С. Агрометеорология : учебное пособие / И. С. Шмидт, С. Н. Кузнецова. — Тверь : Тверская ГСХА, 2019. — 160 с.
18. Экологическая климатология и климатические ресурсы: учебное пособие / М.Г. Лебедева, О.В. Крымская. – Белгород: БелГУ, 2007.- с.
19. Abannikov V, Budagov A and Samoylov A 2021 Investment Policy Features In The Agricultural Sector Of Russian Regions. ICEST 2021 II International Conference on Economic and Social Trends for Sustainability of Modern Society. European Proceedings of Social and Behavioral Sciences 2021, 648-655p.

Таблица А – Сводные данные по ОЯП на территории ЦЧР

Дата начала	Дата окончания	Название явления	Субъект	Дни
28.01.1991	31.01.1991	Сильный мороз	Липецкая область	3
28.01.1991	31.01.1991	Сильный мороз	Воронежская область	3
28.01.1991	31.01.1991	Сильный мороз	Белгородская область	3
28.01.1991	31.01.1991	Сильный мороз	Тамбовская область	3
16.12.1997	17.12.1997	Сильный мороз	Воронежская область	1
16.12.1997	17.12.1997	Сильный мороз	Белгородская область	1
15.07.1998	31.07.1998	Сильная жара	Тамбовская область	16
15.07.1998	31.07.1998	Сильная жара	Липецкая область	16
15.07.1998	31.07.1998	Сильная жара	Воронежская область	16
15.07.1998	31.07.1998	Сильная жара	Белгородская область	16
10.11.1998	22.11.1998	Аномально-холодная погода	Липецкая область	12
10.11.1998	22.11.1998	Аномально-холодная погода	Тамбовская область	12
10.11.1998	22.11.1998	Аномально-холодная погода	Воронежская область	12
10.11.1998	22.11.1998	Аномально-холодная погода	Белгородская область	12
20.05.2001	20.05.2001	Град	Тамбовская область	0
31.05.2005	02.06.2005	Град	Тамбовская область	2
17.01.2006	19.01.2006	Сильный мороз	Тамбовская область	2
17.01.2006	19.01.2006	Сильный мороз	Воронежская область	2
17.01.2006	19.01.2006	Сильный мороз	Белгородская область	2
17.01.2006	19.01.2006	Сильный мороз	Липецкая область	2
07.02.2006	09.02.2006	Сильный мороз	Тамбовская область	2
07.02.2006	09.02.2006	Сильный мороз	Белгородская область	2
22.08.2006	23.08.2006	Ливень	Воронежская область	1
23.05.2007	30.05.2007	Сильная жара	Воронежская область	7
23.05.2007	30.05.2007	Сильная жара	Белгородская область	7
27.05.2007	30.05.2007	Сильная жара	Липецкая область	3
20.06.2007	20.06.2007	Ливень	Липецкая область	0
29.06.2007	29.06.2007	Град	Тамбовская область	0
29.06.2007	29.06.2007	Град	Воронежская область	0
25.07.2007	26.07.2007	Ливень	Белгородская область	1
02.08.2007	02.08.2007	Град	Белгородская область	0
03.01.2008	11.01.2008	Сильный мороз	Тамбовская область	8
07.01.2008	10.01.2008	Аномально-холодная погода	Тамбовская область	3
14.06.2009	14.06.2009	Ливень	Тамбовская область	0
14.12.2009	19.12.2009	Аномально-холодная погода	Тамбовская область	5
14.12.2009	19.12.2009	Аномально-холодная погода	Воронежская область	5
14.12.2009	19.12.2009	Аномально-холодная погода	Липецкая область	5
14.12.2009	19.12.2009	Аномально-холодная погода	Белгородская область	5

16.01.2010	29.01.2010	Аномально-холодная погода	Липецкая область	13
16.01.2010	29.01.2010	Аномально-холодная погода	Тамбовская область	13
24.06.2010	29.06.2010	Сильная жара	Воронежская область	5
24.06.2010	29.06.2010	Сильная жара	Тамбовская область	5
24.06.2010	29.06.2010	Сильная жара	Липецкая область	5
24.06.2010	29.06.2010	Сильная жара	Белгородская область	5
09.07.2010	18.08.2010	Сильная жара	Тамбовская область	40
09.07.2010	18.08.2010	Сильная жара	Воронежская область	40
16.07.2010	18.08.2010	Аномально-жаркая погода	Белгородская область	33
16.07.2010	18.08.2010	Аномально-жаркая погода	Воронежская область	33
16.07.2010	18.08.2010	Аномально-жаркая погода	Липецкая область	33
16.07.2010	18.08.2010	Аномально-жаркая погода	Тамбовская область	33
17.07.2010	18.08.2010	Сильная жара	Белгородская область	32
17.07.2010	18.08.2010	Сильная жара	Липецкая область	32
14.02.2011	03.03.2011	Аномально-холодная погода	Тамбовская область	17
15.02.2011	03.03.2011	Аномально-холодная погода	Липецкая область	16
24.01.2012	28.01.2012	Аномально-холодная погода	Тамбовская область	4
24.01.2012	28.01.2012	Аномально-холодная погода	Воронежская область	4
30.01.2012	14.02.2012	Аномально-холодная погода	Липецкая область	15
30.01.2012	14.02.2012	Аномально-холодная погода	Белгородская область	15
30.01.2012	14.02.2012	Аномально-холодная погода	Воронежская область	15
30.01.2012	14.02.2012	Аномально-холодная погода	Тамбовская область	15
16.06.2012	16.06.2012	Град	Воронежская область	0
16.12.2012	25.12.2012	Аномально-холодная погода	Воронежская область	9
16.12.2012	20.12.2012	Аномально-холодная погода	Тамбовская область	4
15.07.2013	15.07.2013	Ливень	Воронежская область	0
25.01.2014	03.02.2014	Аномально-холодная погода	Липецкая область	9
25.01.2014	03.02.2014	Аномально-холодная погода	Тамбовская область	9
25.01.2014	03.02.2014	Аномально-холодная погода	Белгородская область	9
26.01.2014	03.02.2014	Аномально-холодная погода	Воронежская область	8
23.10.2014	28.10.2014	Аномально-холодная погода	Тамбовская область	5
09.08.2015	13.08.2015	Аномально-жаркая погода	Белгородская область	4

02.01.2016	05.01.2016	Аномально-холодная погода	Липецкая область	3
02.01.2016	05.01.2016	Аномально-холодная погода	Белгородская область	3
22.01.2016	25.01.2016	Аномально-холодная погода	Липецкая область	3
13.07.2016	18.07.2016	Аномально-жаркая погода	Белгородская область	5
13.07.2016	18.07.2016	Сильная жара	Белгородская область	5
14.07.2016	18.07.2016	Аномально-жаркая погода	Липецкая область	4
14.07.2016	18.07.2016	Сильная жара	Липецкая область	4
13.12.2016	17.12.2016	Аномально-холодная погода	Тамбовская область	4
28.08.2017	28.08.2017	Ливень	Белгородская область	0
22.02.2018	28.02.2018	Аномально-холодная погода	Липецкая область	6
15.06.2019	15.06.2019	Ливень	Воронежская область	0
04.07.2020	08.07.2020	Аномально-жаркая погода	Воронежская область	4
01.09.2020	02.09.2020	Сильная жара	Воронежская область	1
14.02.2021	19.02.2021	Аномально-холодная погода	Липецкая область	5
18.07.2021	21.07.2021	Сильная жара	Воронежская область	3