

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
( Н И У « Б е л Г У » )**

**ФАКУЛЬТЕТ ГОРНОГО ДЕЛА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

**КАФЕДРА ГЕОГРАФИИ, ГЕОЭКОЛОГИИ И  
БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**ОЦЕНКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ БЕЛГОРОДСКОЙ  
ОБЛАСТИ**

Выпускная квалификационная работа  
обучающегося по направлению подготовки 05.03.02 География  
очной формы обучения, группы 81001402  
Дуковой Натальи Семеновны

Научный руководитель  
доцент  
Крымская О. В.

БЕЛГОРОД 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....  | 3  |
| 1. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА НА УРОЖАЙНОСТЬ.....   | 5  |
| 1.1.Понятие о теплообеспеченности.....   | 6  |
| 1.2.Понятие о влагообеспеченности.....   | 9  |
| 1.3.Условия зимовки озимых и многолетних растений.....   | 10 |
| 1.4.Опасные метеорологические явления.....   | 13 |
| 2. ПРИНЦИПЫ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ,<br>АГРОКЛИМАТИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ<br>АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ..... | 26 |
| 2.1.Методы расчёта теплообеспеченности.....  | 29 |
| 2.2.Методы расчёта влагообеспеченности.....  | 36 |
| 3. АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕПЛО- И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ<br>ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ<br>ОБЛАСТИ.....             | 48 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....  | 64 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....  | 66 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ.....  | 70 |

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** Сельское хозяйство является одной из важнейших отраслей экономики как в развитых странах, так и в развивающихся. Необходимо постоянно поддерживать развитие данной отрасли экономики, чтобы страна могла обеспечить достаточным количеством продовольствия свое население, а также имела возможность предоставлять товары на экспорт. Для того, что все эти критерии выполнялись, нужно знать что сажать, где и как. Данными вопросами занимается наука агроклиматология. Для каждого климата и типа почв характерно произрастание определенных видов сельскохозяйственных культур. Однако очень часто культурные растения выращиваются вне своего привычного ареала. В таких случаях агроклиматология решает, как создать условия для произрастания таких сельскохозяйственных культур.

**Цель работы** – проанализировать изменения некоторых агроклиматических показателей Белгородской области. Достижению поставленной цели способствует решение следующих задач:

1. рассмотреть влияние климата на урожайность;
2. изучить методики оценки агроклиматических ресурсов;
3. анализ изменений в суммах активных температур и осадках за период активной вегетации на территории Белгородской области, произошедших в начале XXI века;
4. оценка изменений, произошедших за период 2006 – 2016 гг. в продолжительности периода вегетации и периода активной вегетации в основных метеорологических пунктах наблюдений Белгородской области;
5. сопоставить даты перехода среднесуточных температур через 0, 5 и 10<sup>0</sup> за тот же временной период в представленных районах;
6. Рассчитать значение гидротермического коэффициента (ГТК) по районам области и выявить тенденции в его изменении за последние годы.

Для решения поставленных задач были использованы следующие **исходные материалы и методы исследования**: теоретические труды Шашко Д.И., Алпатьева А.М., Колоскова П.И., Дж.Анци, Чендева Ю. Г., Крымской О.В., Лебедевой М. Г. и др. Для работы над практической частью за основу были взяты данные, предоставленные Белгородским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Так же были использованы традиционные методы исследования: аналитический, сравнительно-географический, математический.

**Объектом исследования** выступает климат Белгородской области.

**Предметом исследования** являются изменения агроклиматических показателей.

## 1. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА НА УРОЖАЙНОСТЬ

Исследование климатических ресурсов применительно к разным аспектам сельскохозяйственного производства представляет сложную задачу, так как все компоненты, входящие в нее (живые объекты и климат), характеризуются большой изменчивостью [27].

В 1897 году известный русский учёный К.А. Тимирязев отметил, что климатические данные имеют ценность для агрономии только в том случае, если известны требования, предъявляемые растениям и климату. Поэтому, что бы дать климату сельскохозяйственную оценку требуется установить количественные характеристики потребности культур в тепле, влаге и других необходимых факторах.

О проблеме влияния метеорологических показателей на агробиоценозы и разработке методик оценки в своих работах в XIX веке писали Александр Иванович Воейков и Пётр Иванович Броунов. А в XX веке данную тему в своих трудах продолжили развивать Георгий Тимофеевич Селянинов, Павел Иванович Колосков, Феофан Фарнеевич Давитая, Дж. Ацци и другие отечественные и зарубежные учёные. В основу сельскохозяйственной оценки климата положены основные факторы, то есть те, которые необходимы для жизнедеятельности животных и растительных организмов – это влага, свет и тепло. Другие метеорологические элементы лишь усиливают, либо ослабляют действие основополагающих факторов. Например, облачность изменяет приход и спектральный состав солнечной радиации. Из-за этого уменьшается амплитуда суточного хода температуры воздуха. А усиление ветра приводит к расходу влаги на испарение [31].

При оценке агрометеорологических и агроклиматических условий, которые оказывают значительное влияние на произрастание и урожайность возделываемых культур, учитывают требования на различных фазах развития возделываемых культур к погоде и климату. Учет этих факторов позволяет установить насколько вредны для сельскохозяйственных культур те или

иные погодные явления, а так же соответствие требований, предъявляемых выращиваемыми культурами к климатическим условиям определенного региона.

При оценке климата для земледелия анализируют:

1. термические и частично световые условия вегетационного периода;
2. условия увлажнения, включая режим осадков и влажность почвы;
3. условия зимовки озимых и многолетних растений, которые характеризуются минимальной температурой воздуха и почвы, а так же высотой снежного покрова;
4. опасные метеорологические явления [23].

На интенсивность и направленность физиологических и биологических процессов, рост и, в конечном счете, продуктивность растений существенное влияние оказывает тепловой режим среды обитания. Большое влияние на развитие корневой системы, на активность почвенных микроорганизмов и усвоение растениями фосфатов и нитратов оказывает температура почвы. Высокая температура почвы и воздуха (выше 20°C) в период формирования цветков в колосе яровой пшеницы при недостатке почвенной влаги снижает урожай на 30-40%. С повышением температуры скорость развития растений увеличивается пропорционально возрастанию температуры, но только до определенных значений. При дальнейшем ее повышении скорость развития растений замедляется, а затем наступает их угнетение и гибель [13].

### **1.1. Понятие о теплообеспеченности**

Тепло – один из важнейших факторов необходимый для жизни растений. Для успешного выращивания культуры необходима обеспеченность ее теплом на 80-90%, т.е. 8-9 лет из 10 должны быть обеспечены достаточной суммой температур для возделывания основных культур [27].

Показателями теплообеспеченности являются температура почвы и воздуха, которые определяют жизненные процессы, происходящие в растениях. Установлено, что чем выше температура, тем быстрее в растениях протекают биохимические и биофизические реакции. Скорость развития растений возрастает с повышением температуры, но, достигнув максимума, при дальнейшем повышении температуры не увеличивается. Этот верхний предел в ранние периоды развития растений ниже, чем в период, близкий к созреванию. Таким образом, можно сделать вывод о том, что очень высокие температуры, увеличивая сумму эффективных температур, не ускоряют темпа развития растений. Эти температуры называют балластными. Так же от температуры почвы и воздуха зависят темпы развития растений и длительность вегетационного периода. Сельскохозяйственные культуры по отношению к температурным условиям экологии и агрометеорологии условно подразделяют на несколько групп:

1. Наименее требовательные к теплу растения способны прорасти (возобновлять вегетацию) при температуре среды 1 - 2 °С. К таким растениям относятся многие зерновые культуры (пшеница, ячмень, овес и др.), зернобобовые раннего высева (вика, горох, рапс, нут), масличные раннего высева (горчица, сафлор, ляллеманция, рыжик и др.);
2. Нетребовательные к теплу растения, прорастающие при температуре 3 - 5 °С (лен, подсолнечник и др.);
3. Культуры с повышенным требованием к теплу, прорастающие при температуре 5 - 6 °С (гречиха, люпин, бобы, перилла и др.);
4. Теплолюбивые культуры, прорастающие при 9 - 10°С (соя, кукуруза, просо, кориандр, клещевина и др.);
5. Наиболее теплолюбивые культуры, прорастание которых происходит при температуре выше 10 °С (сорго, фасоль, кунжут, хлопчатник и др.) [21].

При установлении климатических границ и теплообеспеченности различают суммы биоклиматических, климатических и биологических температур.

Суммы биоклиматических температур выражают то количество тепла, которое ежегодно обеспечивает созревание растений или наступление хозяйственно ценных фаз развития.

Суммы климатических температур выражают общие ресурсы тепла в данной местности. Они слагаются из средних суточных температур за период вегетации культур, т.е. за период с температурами, не лимитирующими развитие растений. Сумма биологических температур выражает потребность растений в тепле и представляет собой сумму средних суточных температур за период вегетации растений данного вида и сорта [32].

Главным процессом, обеспечивающим высокую урожайность, является фотосинтез. Та часть спектрального солнечного света, которая непосредственно участвует в данном процессе, называется фотосинтетической активной радиацией (ФАР). Лидерство данного фактора, доказываемое тем, что в количественном показателе органическое вещество, созданное в процессе фотосинтеза, который осуществляется благодаря поглощению ФАР, составляет 90 – 95% всей сухой массы урожая.

Величина поглощения растениями ФАР и, следовательно, уровень урожая зависят от многих причин, среди которых большое значение имеет структура посевов [27]. В неудовлетворительных структурах посева поглощается около 20 - 25% из всего количества, падающего ФАР и всего лишь 1 - 2% от этой величины используется на фотосинтез. Остальная часть расходуется на нагревание культур и усиленную транспирацию.

Посевы, по структуре близкие к оптимальным, за вегетацию могут поглощать до 50 - 60% падающей на них ФАР, но и они обычно накапливают в виде органического вещества всего 2 - 3% величины поглощенной ФАР.

Изучив механизм фотосинтеза учёные пришли к выводу о том, что величину ФАР можно увеличить на 7 - 8%, что должно привести к увеличению урожайности [4].

Предлагаются следующие пути увеличения использования ФАР растениями:



- правильный выбор культур и сортов, наиболее подходящих к особенностями ФАР в данном географическом районе;
- определение норм посева и степени загущенности растений с учетом светолюбивости вида и сорта данной культуры;
- создание посевов с определенной геометрической структурой и площадью листьев, обеспечивающей наиболее благоприятные условия поглощения ФАР всей листовой поверхностью фитоценоза;
- формирование оптимальных условий минерального и водного питания растений, способствующих более полному проявлению фотосинтеза [27].

В агрометеорологии теплообеспеченности отводится первостепенное место, потому что потребность растений в данном ресурсе зависит от сорта и изменяется в больших пределах.

## **1.2. Понятие о влагообеспеченности**

Наряду с теплообеспеченности так же важна роль влаги. Недостаточное увлажнение, как и избыточное негативно влияет на растения.

Ресурсы влаги очень изменчивы, как по территории, так и во времени. Режим влажности непрерывно меняется, что в основном обуславливается рельефом местности. Поэтому степень увлажнённости почвы в этом и том же районе при одинаковом количестве выпадения осадков будет различаться. Так же растениями по-разному расходуются запасы влаги из корневой системы в различные периоды развития. Так наибольшая потребность во влаге наблюдается в период наиболее интенсивного роста вегетативной массы и формирования репродуктивных органов [2]. Поэтому решающее значение осадки в первой половине лета имеют для ранних зерновых культур, во второй половине, соответственно, для поздних.

Для вегетационного периода характерны огромные расходы почвенной влаги из корнеобитаемого слоя на испарение и транспирацию, которые обычно не компенсируются выпадающими осадками. В течение лета запасы

влаги постепенно убывают, доходя до минимума под озимыми во второй декаде июля, а под яровыми – в третьей декаде июля [2]. А в осенний период запасы влаги начинают расти и восстанавливаться.

Общую оценку влагообеспеченности можно дать, проанализировав соотношение потребности растений в данном ресурсе и его фактическом наличии. Согласно исследованиям ученых потребность культурных растений в воде за период вегетации во всех почвенных зонах почти совпадает с испаряемостью. Потребность озимых с момента начала вегетации до полного созревания составляет 300 – 400 мм, яровых – 365 – 470 мм.

Для областей достаточного увлажнения характерны устойчивые урожаи. В таких ареалах маловероятно снижение урожая из-за недостатка влаги. Наоборот, вследствие избытка влаги иногда может наблюдаться снижение объёмом урожая.

В областях недостаточного увлажнения колебания объёмов урожая обусловлены главным образом изменением увлажнения [32]. Мероприятия по наращиванию объёмов в этих областях должны быть направлены на пополнение, сбережение и экономическое расходование влаги. В таких областях земледелие возможно только при искусственном орошении и с использованием стока местных вод, так же применимо лиманное орошение, падинное земледелие.

Всестороннее изучение ресурсов влаги для сельскохозяйственного производства имеет исключительное значение. В агроклиматологии этому вопросу уделяется не меньшее внимание, чем ресурсам тепла [27].

### **1.3. Условия зимовки озимых и многолетних растений**

Климатические показатели играют значимую роль для сельскохозяйственных культур не только в период вегетации – тёплое время года, но и в зимнее время года для озимых видов. Неблагоприятные зимние условия приводят к повреждениям и гибели зимующих сельхозкультур. У

древесных плодовых и некоторых ягодных кустарников повреждаются надземные и подземные органы, у травянистых – озимых (ржи, пшеницы, ячменя) и многолетних трав - только подземные органы. В соответствие с этим необходимо пользоваться агроклиматическими показателями, отражающими условия зимовки указанных групп растений [32].

Для определения суровости зимы используют среднюю температуру воздуха наиболее холодного месяца. Этот показатель указывает влияние температуры за длительный период, поэтому он может служить характеристикой ареалов экологических типов зимующих культур.

В зимний период на территории нашей страны могут возникать следующие опасные явления:

1. сильный мороз, приводящий к вымерзанию посевов, длительные и глубокие оттепели, снижающие закалку зимующих культур;
2. ледяная корка, приводящая к повреждению озимых культур;
3. ледяные отложения на деревьях, вызывающие механическое повреждение ветвей;
4. застой воды на полях с озимыми, обуславливающий их гибель от вымокания;
5. мощный снежный покров, способствующий выпреванию озимых и т.д. [26].

Повреждение и гибель озимых культур происходят от вымерзания, выпревания, вымокания, механических воздействий. В определенных природных зонах за общий показатель условий зимовки полевых культур может быть принято соотношение температуры воздуха и высоты снежного покрова, от которых зависит температура почвы на глубине узла кущения [18].

А. М. Шульгин на основании агрометеорологических наблюдений за температурой почвы на глубине узла кущения и состоянием озимых утверждал, что критическая температура для большинства сортов озимой пшеницы составляет  $-15 - (-16) ^\circ\text{C}$ , а для озимой ржи –  $(-18) - (-20) ^\circ\text{C}$

[32]. Иногда при хорошей закалке культур с осени нижний предел критической температуры может быть значительно ниже. Наиболее благоприятным условиям для перезимовки соответствуют средние температуры почвы из абсолютных минимумов на глубине узла кущения выше  $-12^{\circ}\text{C}$ .

Возможность перезимовки культур осуществляется за счёт физических и биологических свойств. Таковыми свойствами являются зимостойкость и морозостойкость.

Под зимостойкостью растений понимают их способность противостоять неблагоприятным условиям зимы. Зимостойкость — широкое понятие, сюда входят морозостойкость и холодостойкость растений, их устойчивость к выпреванию, выпиранию, вымоканию, воздействию ледяной корки. Зимостойкость как качество развивается у растений в результате процесса закаливания в конце осени [25].

Закаливание сельхозкультур происходит в две фазы. Первая фаза протекает примерно 15 дней на свету. Лучшими условиями для закаливания на этом этапе является солнечная погода с средней суточной температурой воздуха при  $+6 - 0^{\circ}\text{C}$  и хорошая влагообеспеченность. Такое закаливание вызывает физиологические изменения в тканях растений, при которых происходит образование и накопление сахаров и других защищающих веществ, особенно в точках роста. По данным Туманова, после того, как культуры проходят первую фазу закаливания их морозостойкая способность повышается до  $-10 - (-12)^{\circ}\text{C}$  [18].

Вторая фаза длится около 5 - 7 дней при сухой погоде и морозах  $-5 - (-8)^{\circ}\text{C}$ . Такие погодные условия вызывают у растений перекачку воды из клеток в межклеточное пространство. Озимые культуры, прошедшие обе фазы закаливания могут переносить морозы до  $-20 - (-26)^{\circ}\text{C}$ .

Вторым важным свойством необходимым для противостояния неблагоприятным условиям зимнего периода является морозостойкость. В

широком смысле под морозостойкостью понимается способность растений противостоять низким отрицательным температурам.

Установлено, что основной причиной гибели озимых культур является их вымерзание. Для них большое значение имеют сроки сева: при слишком поздних или ранних сроках сева озимые уходят в зиму в первом случае в фазе всходов, а во втором - переросшими (10 - 12 побегов) и поэтому имеют пониженную морозостойкость. Если же озимые уходят в зиму в состоянии развития 4 - 6 побегов (что соответствует оптимальным срокам сева), то их устойчивость к вымерзанию повышается [25].

Критической температурой на глубине узла кущения для большинства сортов озимой пшеницы является отметка  $-16 - (-18) ^\circ\text{C}$ . Озимая рожь отличается большей морозостойкостью, поэтому способна переносить морозы до  $-22 - (-24) ^\circ\text{C}$ . Самыми устойчивыми являются некоторые сорта ржи, которые способны переносить температуры до  $-25 - (-30) ^\circ\text{C}$ .

#### **1.4. Опасные метеорологические явления**

Метеорологическое явление считается неблагоприятным и опасным, если при его возникновении нужно принимать специальные меры для предотвращения ущерба. К таким погодным условиям относятся заморозки, засухи, пыльные бури, суховеи, град, ливневые дожди, подтопление сельскохозяйственных угодий при снеготаянии.

Заморозки – это такое состояние погодных условий при которых температура воздуха или деятельной поверхности понижается до  $0 ^\circ\text{C}$  и ниже на фоне положительных средних температур (рис. 1.1). Различают три типа заморозков: адвективные, радиационные и адвективно-радиационные.

К адвективным заморозкам приводят вторжения холодного воздуха. Такие заморозки охватывают большие территории, могут длиться несколько суток подряд и мало зависят от местных условий [29].



Рис. 1.1. Опасное для сельского хозяйства метеорологическое явление – заморозки [34]

Радиационные обусловлены интенсивным охлаждением деятельной поверхности в результате излучения в ясные тихие ночи. Образуется инверсия температуры на поверхности на 2,5 - 4,5°С ниже, чем на высоте 2 м. Радиационные заморозки наблюдают в ясные ночи, они усиливаются в утренние часы перед восходом солнца [29].

Адвективно-радиационные, образуются вследствие вторжения холодного воздуха и дальнейшего ночного охлаждения его при ясном небе. Такие заморозки случаются даже в начале лета в период вегетации растений, в результате теплолюбивые виды растений повреждаются и болеют [29].

Продолжительность и интенсивность радиационных и адвективно-радиационных заморозков зависит от рельефа местности. Наветренные склоны больше подвержены холодным ветрам и являются более заморозкоопасными, так же как и низины, в которые стекают холодные потоки воздуха.

По степени устойчивости к заморозкам все полевые культуры делят на 5 групп (В.Н. Степанов):

1. наиболее устойчивые, выносящие кратковременные заморозки до  $(-7) - 10^0$  в начальные фазы развития (зерновые и зернобобовые культуры), в цветение уже  $(-1) - 2^0$ ;
2. устойчивые, выдерживающие в начале развития заморозки до  $(-5) - 7^0$  (лен, конопля);
3. среднеустойчивые, выдерживающие в фазе всходов заморозки  $(-3) - 4^0$  (соя, редис);
4. малоустойчивые, выносящие в начале вегетации до  $-2^0$  кукуруза, картофель, табак ;
5. неустойчивые, теплолюбивые, повреждаются при  $(-0,5) - 1,5^0$  (гречиха, хлопчатник, бахчевые) [1].

Особую опасность представляют ранние осенние и поздние весенние, т.к. они совпадают с вегетационным периодом. Например, заморозки, наблюдавшиеся 3 – 4 июня 1967 года в Белгородской области, повредили теплолюбивые культуры площадью около 10 тыс. га [2].

К заморозкам, как опасным для сельского хозяйства метеорологическим явлениям требуется применять меры борьбы. Организация работ по противодействию этому явлению в хозяйстве должна начинаться с обеспечения прогноза заморозка. Продвижение холодной волны прослеживается синоптиками на синоптических картах и предупреждение о возможности наступления заморозка передается по радио обычно для обширной территории с интервалом ожидаемых минимальных температур 3-5<sup>0</sup>. На всех метеостанциях, обслуживающих с/х производство, проводится уточнение прогноза с учетом местных условий, что позволяет рассчитать ожидаемую минимальную температуру с точностью до 1-2<sup>0</sup>. Уточнение прогноза заморозка производится по специально разработанным формулам. Одной из наиболее распространенных формул для прогноза заморозков по наблюдениям в одной точке является формула Михалевского. Расчет по этой формуле проводится на основании наблюдений в 13 часов и уточняется после

19 часов [10]. Формула Михалевского имеет вид: для определения минимальной температуры воздуха:

(1.1)

$$T_{min} = T_1 - (T - T_1) * C \mp A$$

для определения минимальной температуры на поверхности почвы:

(1.2)

$$T_{min} = T_1 - (T - T_1) * 2C \mp A ,$$

где  $T$  – температура по сухому термометру в 13 часов,  $T_1$  – температура по смоченному термометру в 13 часов,  $C$  – коэффициент зависящий от влажности воздуха в 13 часов,  $A$  – поправка на облачность в 19 часов. В 19 часов в полученный результат вносится поправка на облачность. Если небо ясное, то значение понижают на  $2^0$ , при облачности от 4 до 7 баллов оно остается без изменений, при полной облачности расчет повышается на  $2^0$ . Если расчетная величина получится ниже  $-2^0$ , то надо ожидать заморозка, при значениях от  $-2$  до  $+2^0$  заморозок вероятен и при значениях выше  $2^0$  - маловероятен [1].

Противодействие к заморозкам приводится с древнейших времен. Еще римляне в 1 в. нашей эры защищали виноградники при помощи дымления [9]. Современные методы борьбы делятся на два типа: агробиологические и прямая защита культур. Агробиологические способы защиты представляют из себя выбор на участках местности территорий меньше всего подверженных условиям, вызывающих заморозки.

Прямая защита представляет из себя использование различных материалов и приспособлений для снижения интенсивности излучения тепла и почвы в атмосферу. В настоящее время для уменьшения вредного действия заморозков наиболее широко применяется дымление, укрытие растений, повышение точки росы путем полива растений и междурядий. Эффект дымления обусловлен комплексом факторов: обогревом воздуха при горении, образованием дымовой завесы, которая уменьшает эффективное



излучение, конденсацией влаги в воздухе (на частичках дыма) и, следовательно, выделением тепла. Кроме того, дымовая завеса экранирует растения от прямых солнечных лучей после восхода Солнца. Если ткани растений подмерзли, их оттаивание под дымовой завесой происходит более медленно и равномерно, что уменьшает степень их повреждения. Поэтому дымление рекомендуется продолжать в течение часа после восхода Солнца. Тепловой эффект от сжигания дымовых куч составляет 1–2°C. При ветре эффект дымления резко снижается. В настоящее время широко практикуется применение химикатов для образования дыма и искусственного тумана (дымовые свечи, дымовые шашки) [9].

Ещё одними метеорологически опасными явлениями для сельского хозяйства являются засухи, суховеи и пыльные бури. Около 70 % посевных площадей зерновых культур в России расположено в районах недостаточного и неустойчивого увлажнения [35]. Атмосферные засухи распространены повсеместно. Они ежегодно наносят значительный экономический вред сельскому хозяйству, поражая около 24 % территории России (рис. 1.2) [14].

Засуха – это агрометеорологическое явление, вызывающее резкое несоответствие между потребностью растений во влаге и её поступлением из почвы в результате недостаточного количества осадков и повышенной испаряемости, что нарушает нормальное водоснабжение растений (рис. 1.3) [19].



Рис. 1.2. Опасное для сельского хозяйства метеорологическое явление – засуха [22]



Рис. 1.3. Мониторинг атмосферных засух по данным наблюдений Росгидромета за первую декаду июня 2013 г. [28]

Уровень оводненности листьев определяет степень открывания устьиц, через которые в лист поступает  $\text{CO}_2$ . При полном насыщении листа водой устьица закрываются, что снижает интенсивность фотосинтеза. В условиях недостатка влаги и при засухе чрезмерная потеря воды листьями так же приводит к закрыванию устьиц [21]. Различают атмосферную засуху, обуславливающую сильную транспирацию растений и испарение с поверхности почвы, и почвенную засуху, характеризующуюся недостатком физиологически доступной растениям влаги в почве. Атмосферная засуха обычно предшествует почвенной [19].

Суховей – это ветер, возникающий при высокой температуре и низкой влажности воздуха. Температура при суховеях всегда выше  $25^{\circ}\text{C}$  и выше при относительной влажности ниже 30 %. Выделяют три типа интенсивности суховеев: слабую, среднюю и высокую.

Суховей слабой интенсивности вызывают нарушение водного баланса растений, приводящее к остановкам процесса роста растений при запасах продуктивной влаги в пахотном слое почвы менее 20 мм. Суховей средней интенсивности вызывают пожелтение и подсыхание, у незакаленных растений даже захват зерна, если запасы продуктивной влаги в пахотном слое не более мм, а в метровом - не более 50-60 мм. Суховей высокой интенсивности в течение 2-3 дней вызывают сильное увядание, быстрое усыхание и захват зерна при запасах продуктивной влаги в пахотном слое не более 10 мм, а в метровом - не более 30 мм [11].

Засуха и суховей вызывают сильное испарение, которое приводит к нарушению водного баланса окружающей среды и соответственно, растений. Это выражается в нарушениях физиологических процессов: фотосинтеза, дыхания, углеводного и белкового обмена. Резкое снижение фотосинтетической деятельности подавляет ростовые функции, нарушает процессы органогенеза, уменьшает, например, число колосков, увеличивает число бесплодных цветков. В итоге эти явления снижают продуктивность растений [19].

Путём многочисленных исследований установлено, что причиной возникновения засух и суховеев является приток в районы степей или полупустынь сухого арктического воздуха. Так же суховеи возникают из-за выноса сухого воздуха из пустынных районов. Обычно такая ситуация возникает при нахождении южной или юго-западной периферии антициклона над районами степей или полупустынь в течение длительного времени [14].

Устанавливаясь над центральной частью, югом и юго-востоком европейской части России, над югом Западной Сибири, эти антициклоны приводят к формированию ясной и малооблачной погоды [19]. Поэтому происходит быстрая транспирация арктического воздуха: он прогревается и становится ещё суше. В следствие этого усиливается процесс транспирации, осадки перестают выпадать и наступает обезвоживание культур.

Суховеи наблюдаются практически во всей зоне лесостепей, степей и полупустынь, в основном в весенний и летний периоды. В России суховеям подвержены Забайкальский, Ставропольский, Алтайский края, Саратовская, Оренбургская, Самарская, Омская, Курганская области и республики Калмыкия, Бурятия и Дагестан.

Для борьбы с суховеями осуществляется комплекс мероприятий, из которых наиболее эффективные представлены ажурными лесными полосами, разбивающими воздушный поток на более мелкие вихри.

Особую опасность для уже проросших культур представляет град. Град – это атмосферное явление, представленное ливневыми осадками в виде частицы плотного льда, как правило, округлой формы. Частицы крупного льда имеют диаметр 20 мм и более. Весьма разнообразные и любопытные формы и цвета градин были описаны в российском журнале «Метеорологическое обозрение» профессором А. В. Клоссовским («Труды метеор. сети ЮЗ России» 1889, 1890, 1891) (рис. 1.4) [8].



Рис. 1.4. Градина диаметром около 60 мм [8]

Причиной града является очень сильная неустойчивость нижней тропосферы на фоне пониженного давления при высокой температуре и влажности пограничного слоя. Такие условия возникают при выходе тропических циклонов на сушу, при длительном проникновении морских воздушных масс на континент, а также при длительной циклонической деятельности. В результате указанных условий возникают особо мощные кучево-дождевые облака, верхняя граница которых находится у границы тропопаузы, а нижняя - на уровне нулевой изотермы температуры воздуха - в нижней тропосфере, что обеспечивает малое таяние выпадающего града [14].

От причин возникновения зависит распределение града на Земле. В тропических странах град явление весьма редкое, причем он там падает почти только на высоких плоскогорьях и горах. В полярных странах град явление тоже весьма редкое. Гораздо чаще он бывает в умеренных широтах. Здесь его распределение обуславливается расстоянием от моря, видом поверхности суши и прочими факторами. Над морем град бывает реже, чем над сушей, потому что для образования его необходимы восходящие потоки воздуха, которые над сушей бывают чаще и сильнее, чем над морем. На суше вблизи берега он бывает чаще, чем вдали от него; так, в среднем ежегодно в Европейской России град бывает 2 раза, а в Западной Сибири – 1 [8]. Ежегодно в мире от града страдает много людей, имущества, посевов –

экономика несёт миллионные ущербы. Например, в мае 2001 года в Ставропольском крае были выбиты посевы зерновых на площади 14 тыс. га, повреждено 320 га садов, 420 га виноградников.

Защита от града осуществляется за счёт организационных мероприятий и инженерных методов. Организации мероприятия включают в себя оповещение, перевод домашнего скота, транспорта в защищенные места, укрытие сооружений щитами и навесами [14]. Но данный метод противодействия для больших территорий посевов экономически не целесообразен. Гораздо эффективнее применение инженерного метода, который заключается в введении реагентов, в качестве которых используются кристаллы йодистого серебра, в переохлаждённую часть облака посредством ракет, авиации, наземных генераторов. В результате этого появляется огромное количество искусственных центров кристаллизации, на которых начинается рост ледяных кристаллов, и переохлаждённая вода в облаках, служащая основным сырьём для роста градин, перераспределяется на значительно большее их число. Поэтому градины получаются меньше и успевают в значительной степени растаять в тёплых слоях воздуха ещё до выпадения на землю [8].

Так же неблагоприятными для сельского хозяйства являются ливневые дожди, представленные атмосферными осадками, охватывающими небольшую площадь, возникающие в облаках и выпадающие на поверхность в виде капель воды в объеме: не дольше чем за один час более 30 мм жидкости. Образование дождевых облаков происходит или от смешивания двух масс воздуха, близких к насыщению, но различных температур, или при соприкосновении влажного воздуха с более холодной поверхностью земли, или в восходящих воздушных течениях [7].

Опасны ливни для сельского хозяйства тем, что бурными потоками воды выносят с полей посевы, смывают верхние горизонты почв и приводят к водной эрозии. Так же часто сильные ливни вызывают полегание зерновых культур на 20-30% посевных площадей, а в отдельные годы – 80%. При

полегании ухудшается налив зерна, затрудняется уборка и увеличиваются потери урожая. Кроме того, ливневые дожди или длительные осадки могут вызывать стекание и прорастание зерна, особенно полеглих хлебов, способствуют развитию болезней сельскохозяйственных культур. Из-за переувлажнения почвы также могут сложиться тяжелые условия для уборки зерновых и технических культур [1] (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Вредоносное для сельского хозяйства метеорологическое явление – ливень [30]

В весеннее время при снеготаянии часто происходит подтопление сельскохозяйственных угодий. Важнейшими факторами, влияющими на формирование поверхностного стока при снеготаянии, являются увлажнение почвы перед снеготаянием, величина запасов воды в снеге, глубина промерзания почвы, интенсивность и продолжительность снеготаяния. Также застаивание воды обуславливается типом почвы, т.к. от этого напрямую зависит влагопроницаемая способность, форма рельефа, количеством выпавших осадков в виде снега. Ущерб, наносимый сельскому хозяйству,

зависит от интенсивности подтопления. Она бывает выше при одновременном влиянии быстрого таяния снегового покрова и выпадающих атмосферных осадков, а также в последующем медленном нарастании температур. Меньшая интенсивность подтопления наблюдается при сравнительно длительном сроке таяния снегового покрова, небольшом количестве атмосферных осадков при резко увеличивающейся температуре воздуха и скорости ветра, что способствует быстрому испарению осадков [20].

Подтопление полей приводит к вымоканию озимых культур. В полях, имеющих наклон весеннее снеготаяние приводит к смыву верхних горизонтов почвы, а, следовательно, и питательных веществ. Особо остро эта проблема актуальна для чернозёмов – самых плодородных почв, в которых верхний горизонт имеет высокое содержание гумуса.

Для борьбы с подтоплением сельскохозяйственных угодий в основном применяют агротехнический приём – дренажирование. Тип дренажа выбирают на основе анализа природно-хозяйственных условий территории. Расчет модуля дренажного стока выполняется по уравнению водного баланса:

(1.3)

$$q = \frac{Hb + \mu a + \sum H_0 - et}{t},$$

где  $q$  – модуль дренажного стока, м/сут;  $Hb$  – слой воды, оставшийся на поверхности после стока снеговых и дождевых вод, м;  $\mu$  – коэффициент водоотдачи;  $a$  – норма осушения, м;  $\sum H_0$  – осадки, выпавшие за расчетный период ( $t = 10$  суток);  $e$  – суточное испарение, м [20].

Аналогичное неблагоприятное воздействие оказывают наводнение, половодье и паводки.

Урожайность напрямую зависит от погодных условий, которые влияя друг на друга, взаимодействуют между собой. Таким образом, они



дополняют силу действий и могут либо усиливать негативное влияние на урожайность, либо наоборот создавать благоприятные условия. Поэтому для получения больших объёмов сельскохозяйственных культур нужно вовремя уметь диагностировать появление тех или иных погодных явлений, знать, как они влияют на жизненное состояние растений и какие меры борьбы предпринимать.

## **2. ПРИНЦИПЫ АГРОКЛИМАТИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ**

Наблюдения за отдельными гидрометеорологическими величинами или их комплексами, атмосферными явлениями и другими показателями состояния окружающей среды проводятся Росгидрометом. Основной задачей Росгидромета является обеспечение метеорологической информацией населения и всех видов хозяйственной деятельности в стране, т.е. прогнозами погоды разного назначения и на различные сроки [31]. Наземная сеть Росгидромета осуществляет экспериментальные наблюдения, эксплуатацию новых технических средств измерений, апробацию новых методик наблюдения.

К числу основных методов агрометеорологических наблюдений и исследований относятся:

1. Сопряженные или параллельных наблюдений за состоянием, развитием, ростом, формированием урожайности и агрометеорологическими условиями, в которых возделываются и произрастают объекты наблюдений. Данный метод по материалам полевых и лабораторных наблюдений помогает устанавливать количественные и качественные связи между условиями погоды и состоянием растений. При анализе полученных данных выявляют потребности растений в основных факторах среды: количество света, тепла, влаги, питательных веществ, определяют критические значения этих факторов для жизни и развития культур, сортов и естественной пастбищной и сенокосной растительности;
2. Учащённых сроков сева. Агрометеорологические исследования объектов растениеводства неизбежно связаны с сезонным развитием природы. Для выявления закономерностей роста и развития растений необходим многолетний ряд наблюдений. Для ускорения периода исследований широко применяется метод учащенных сроков сева

изучаемых растительных объектов. При этом высеваемые растения (например, через каждые 5–10 дней, начиная с весны и до конца вегетационного периода) попадают в неодинаковые условия освещенности, тепла и влаги. Метод параллельных наблюдений позволяет собрать разнообразные сведения о реакции растений на изменяющиеся условия их произрастания. Этот метод применяется на делянках одного поля или в лабораторных условиях;

3. Географических посевов. Применяется на территориях с различными почвенно-климатическими зонами стран или, реже, одновременно в различных странах и даже на разных континентах. Метод географических посевов на разных континентах применяется редко, потому что его сложно осуществлять из-за организационных трудностей. Данный метод заключается в использовании идентичного посевного материала, соблюдении единообразия агротехнических приемов возделывания и методики наблюдений. Только при соблюдении этих правил различия в почвенно-климатических условиях отразятся на особенностях формирования урожая. С помощью этого метода можно определить наиболее благоприятные районы для выращивания изучаемой культуры;
4. Экспериментально – полевой метод измерений заключается в использовании различных стационарных и передвижных камер искусственного климата (фитотронов), газометрических экологических камер, низкотемпературных шкафов (камер), специальных камер, позволяющих изменять продолжительность светового дня теплиц и т.п. устройств, регулирующих по программам опытов агрометеорологические условия. С помощью этого оборудования проводят эксперименты, устанавливая определенные параметры, что позволяет следить за реакцией растений на определённые изменения;
5. Дистанционного (неконтактного) определения параметров подстилающей поверхности. Данный метод помогает выявлять

фенологическое состояние и плотность растений на единице площади, надземную биомассу или отдельные элементы растений: площадь листьев, элементов продуктивности растений, а также за температурой и влажностью подстилающей поверхности. Метод предусматривает использование специальной аппаратуры, устанавливаемой на различных видах наземного транспорта, на самолетах, вертолетах или искусственных спутниках Земли. Этот метод измерения и исследования применяется для получения информации об изучаемых объектах на больших площадях;

6. Картографический. Применяется при составлении микроклиматических, климатических, агроклиматических карт и атласов с целью оценки ресурсов и выявления районирования;
7. Метод математической статистики позволяет обрабатывать материалы массовых наблюдений, для того чтобы выявить количественные связи развития, роста и формирования продуктивности сельскохозяйственных культур с агроклиматическими условиями;
8. Физико-математическое моделирование. Позволяет с помощью математического аппарата и выявленных физических закономерностей среды обитания растений и физиологических процессов жизнедеятельности самих растений (фотосинтез, дыхание, водный режим и др.) описывать влияние комплекса агрометеорологических условий на рост, развитие и формирование продуктивности растений, а также исследовать процессы обмена теплом, влагой и энергией в сложной и динамичной системе «почва – растение – атмосфера»;
9. Сравнительно-исторический. Основывается на сравнении климатических, агроклиматических условий и сопутствующих характеристик сельскохозяйственного производства прошлых временных периодов с настоящими или прогнозируемыми изменениями условий. В качестве основного источника информации используются

результаты наблюдений прошлых лет, зафиксированных в различных источниках.

Методику процесса исследования климата для сельскохозяйственного производства можно представить несколькими взаимосвязанными этапами:

1. Устанавливают зависимости роста, развития, урожайности и качества сельскохозяйственной продукции от климатических факторов, т. е. определяют агроклиматические показатели;
2. Параллельно тщательно изучают агроклиматические ресурсы территории;
3. Определяют степень соответствия агроклиматических ресурсов требованиям сельскохозяйственных объектов;
4. Изучают микроклимат и определяют его влияние на общие агроклиматические ресурсы;
5. Проводят подробное агроклиматическое районирование территории;
6. Определяют рентабельность возделывания отдельных культур и их комбинаций на исследуемой территории. Эта заключительная часть исследования может правильно решаться при совместной работе агроклиматологов и работников планово-экономических сельскохозяйственных учреждений [2].

### **2.1. Методы расчёта теплообеспеченности**

Влаго- и теплообеспеченность являются важнейшими агроклиматическими показателями. Поэтому для обеспечения высокой урожайности важно понимать значимость данных показателей, уметь их оценивать и рассчитывать достаточность по определённым методикам. Теплообеспеченность определяет потенциальные природные ресурсы сельского хозяйства, которые в свою очередь обуславливают набор сельскохозяйственных культур по их требованиям к теплу, а также формирование их продуктивности. К показателям теплообеспеченности

относят: суммы активных температур, суммы эффективных температур, суммы температурных показателей или индексов скорости развития растений и суммы степенных значений температуры. В результате анализа и сравнительной оценки, предложенных температурных показателей, были сделаны выводы о том, что для агроклиматической характеристики территории по теплообеспеченности наиболее приемлемы суммы активных температур при исключении из расчёта числа дней с низкой и высокой температурой, задерживающих развитие растений, и при введении необходимых поправок. При оценке теплообеспеченности и установлении климатических границ следует различать суммы биологических, климатических и биоклиматических температур. Сумма активных температур выражает общие ресурсы тепла в данной местности. Они возникают из средних суточных температур за период возможной вегетации культур, т.е. за период с температурами, не лимитирующими развитие растений. Сумма биологических температур выражает потребность растений в тепле и представляет сумму средних суточных температур за период вегетации растений. Суммы биоклиматических температур выражают количество тепла, обеспечивающее ежегодное созревание растений или наступление хозяйственно ценных фаз развития [15].

Суммы биоклиматических температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  определяются по формуле:

$$\sum t_{\text{бк}}, > 10^{\circ}\text{C} = \sum t_{\text{б}} + P_{\text{к}} + П_{\text{ш}} + П_{\text{м}} + П_{\text{к}} + 200 (250, 300), \quad (2.1)$$

где  $\sum t_{\text{бк}}, > 10^{\circ}\text{C}$  – это сумма биоклиматических температур выше  $10^{\circ}\text{C}$ ;  $\sum t_{\text{б}}$  – это сумма биологических температур;  $P_{\text{к}}$  (приложение 1) – это разность сумм климатических температур за период со средней суточной температурой выше  $10^{\circ}\text{C}$  и предельных температур, с которых начинается развитие растений,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $П_{\text{ш}}$  – поправка на широту местности;  $П_{\text{м}}$  – поправка на микроклиматические особенности местности;  $П_{\text{к}}$  – поправка на

континентальность; 200 (250, 300) – отклонение сумм климатических температур, соответствующие обеспеченности 90 %, °С. Поправка  $P_{ш}$  составляет, примерно 0 – 15 °С на 1° широты.  $P_m$  определяется преимущественно степенью морозоопасности. Путём наблюдений установлено, что в холодных широтах заморозки наступают раньше, например, в Якутии на 18 – 20 дней, чем в тёплых, что приводит к увеличению суммы биологических температур примерно на 200°С. В тёплых местоположениях, наоборот, сумма биологических температур может быть ниже на 200 °С. Поправку  $P_m$  в среднем принимают равной  $\pm 100 - 200^{\circ}\text{C}$  для северных широт (55 - 65°),  $\pm 200 - 300^{\circ}\text{C}$  для средних (45 - 55°) и  $\pm 300 - 400^{\circ}\text{C}$  для горных районов южных широт; «+» - для холодных, «-» - для тёплых местоположений. Поправка  $P_k$  изменяется в пределах 100 – 200 °С и более в зависимости от продолжительности вегетационного периода [25].

Для некоторых видов и сортов сельскохозяйственных культур были рассчитаны суммы биоклиматических температур выше 10°С. При определении этого показателя учитывалась средняя  $P_k$ ,  $P_{ш}$  и отклонение сумм температур 250°С (приложение 2) [3].

В соответствии с данными Госсортокмиссии сельскохозяйственные культуры относятся к различным группам скороспелости (приложение 3 и 4). По этому признаку сорта делятся на три или пять групп. По признаку общей скороспелости культуры умеренного пояса сведены в семь групп:  $P_0$  – очень ранние ( $< 1200^{\circ}\text{C} \sum t_{бк}$ ),  $P$  – ранние (1200 - 1600°С),  $Ср$  – среднеранние (1600 – 2200°С),  $С$  – средние (2200 – 2800°С),  $Сп$  – среднепоздние (2800 – 3400°С),  $П$  – поздние (3400 – 4000°С),  $П_0$  – очень поздние культуры или культуры теплого пояса ( $> 4000^{\circ}\text{C}$ ). В приложении 4 выделены типы и подтипы периодов вегетации в зависимости от температуры наиболее теплого месяца. Для подтипов выбрана градация 2,5°С. Такая градация удобна для увязки теплового состояния атмосферы с зонами обеспеченности

растений теплом, выделенными по суммам температур по интервалам 400 и 600<sup>0</sup>С. В северных и средних широтах эти интервалы соответствуют принятой температурной ступени 2,5<sup>0</sup>С, а в южных районах соответствующий интервал сумм значительно больше. Вероятность созревания или наступления какой-либо фазы развития можно определить по разности сумм биологических и климатических температур и по кривой обеспеченности (рис. 2.1).

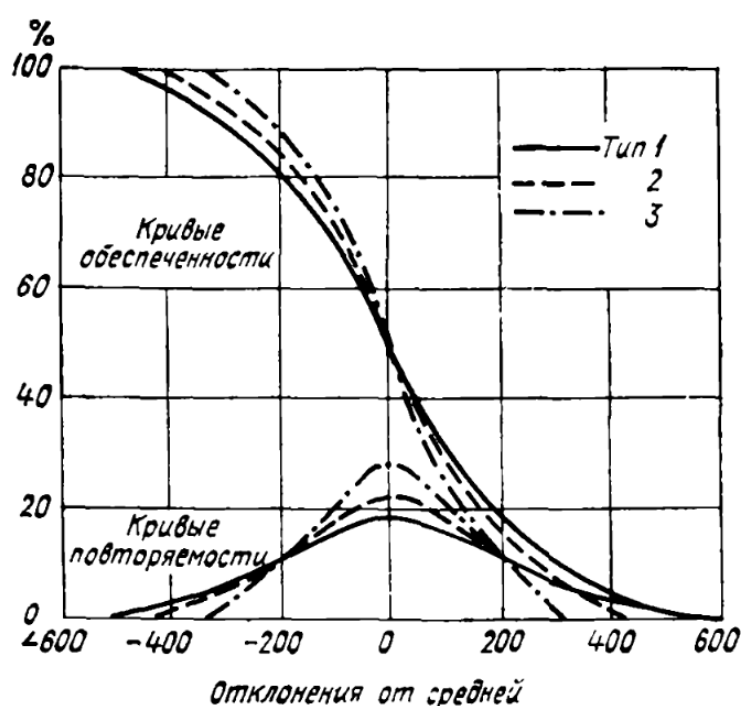


Рис. 2.1. Кривые обеспеченности и повторяемости сумм температур за период с температурой

Например, нужно определить вероятность созревания кукурузы сорта средней спелости, сумма биоклиматических температур = 2450<sup>0</sup>С, сумма климатических температур = 2400<sup>0</sup>С, отклонение суммы температур биоклиматических от климатических – 50<sup>0</sup>С. Этому отклонению по кривым обеспеченности соответствует вероятность созревания данного сорта составляет 40 %, т.е. 4 года из 10 [26].

Для того, что бы оценивать температурные условия развития и роста сельскохозяйственных культур разработаны шкалы теплового состояния и



теплообеспеченности в разные периоды вегетации. Поэтому при сельскохозяйственном производстве целесообразно выделение широтных и вертикальных температурных поясов по показателям обеспеченности в виде сумм активных температур. По сочетанию сумм активных температур с распределением природных зон и распространением определенных типов культурной растительности целесообразно выделение следующих общих агроклиматических поясов: холодного, умеренного, теплого и жаркого (приложение 5).

В сельскохозяйственном производстве важной характеристикой особенностей климата является, кроме сумм температур, продолжительность периода вегетации со средней суточной температурой (приложение 6). Территория, где продолжительность периода со средней суточной температурой выше  $10^{\circ}\text{C}$  составляет  $< 90$  дней, соответствует холодному поясу, или поясу культур закрытого и полужакрытого грунтов. Территория, характеризующаяся продолжительностью периода  $90 - 120$  дней, соответствует подпоясу ранних культур умеренного пояса. В районах, где продолжительность периода составляет  $120 - 150$  дней, значительно увеличивается удельный вес пшеницы. В полосе с продолжительностью периода  $150 - 180$  дней создаются благоприятные условия для возделывания культур со сравнительно повышенными требованиями к теплу: кукуруза на зерно, сахарная свекла с периодом вегетации полного созревания, рис, соя, подсолнечник на семена. В полосе с продолжительностью периода  $>180$  дней создаются благоприятные условия для позднеспелых сортов кукурузы, риса и других требовательных к теплу культур [26].

П. И. Колосков, изучая роль температуры в биологических процессах, пришел к выводу, что для развития растений основным метеорологическим фактором является температура, а рост и урожай культуры определяются комплексом факторов. Он прямо указывает, что суммы температур, рассчитанные как для всего вегетационного периода, так и его отдельных частей, вполне правильно отражают потребность растений в тепле и ими

можно пользоваться в агрометеорологии и агроклиматологии. Однако, по его мнению, необходимы более детальные и специальные биоклиматические исследования, которые дадут возможность найти более точные константы для отдельных фаз развития растений [2].

А. А. Шиголев при разработке методов прогноза фаз развития культур показал, что в определенных температурных пределах существует прямолинейная связь скорости развития растений с суммами эффективных температур и что суммы температур за межфазные и вегетационные периоды являются хорошими агроклиматическими показателями [2].

До работ советских учёных большой вклад в разработку определения метода расчёта теплообеспеченности внёс в 1921 году американский ботаник и эколог Ливингстон. Он определил термофизиологические константы, которые в относительных величинах характеризуют прирост растений при различных температурах. Для своей работы Ливингстон использовал материалы опытов по выявлению воздействия температуры воздуха на рост проростков кукурузы. По данным этих опытов оказалось, что при температуре 4,5°C прирост растений кукурузы составил 0,009 мм/час, при температуре 20,0°C — 0,414 мм/час, а при температуре 32,0°C - 1,11 мм/час. Принимая прирост при температуре 4,5°C условно за термофизиологический индекс, равный единице, и деля прирост при всех других температурах на 0,009 мм/час, Ливингстон получил значение термофизиологических констант (индексов). Так, при 20,0°C термофизиологическая константа оказалась равной 46,0, при 32,0°C она равнялась максимальному значению — 123,3. Это означает, что при 20,0°C прирост кукурузы в 46 раз, а при 32,0°C в 123,3 раза больше, чем при температуре 4,5°C. В приложении 7 представлены термофизиологические индексы Ливингстона для различных температур. Из этих данных видно, что скорость прироста существенно зависит от величины температуры. При этом высокие температуры оказывают такое же тормозящее действие на прирост, как и низкие (например, индексы при температурах 43 и 11°C одинаковы). Для характеристики термического

режима, по Ливингстону, нужно по средним суточным температурам найти термофизиологические индексы и суммировать их за вегетационный период. Эти суммы и должны, по мнению Ливингстона, выражать термические ресурсы территории для растений. А. В. Фёдоров отмечает, что по существу метод Ливингстона представляет не что иное, как замену средней суточной температуры воздуха другой термической единицей (сопоставление карт сумм термофизиологических индексов с картами сумм температур за одни и те же периоды показывает, что изолинии на этих картах идут в основном параллельно). К недостатку метода следует отнести тот факт, что термофизиологические константы определены только для прироста проростков кукурузы. Поэтому неправомерно считать, что термофизиологические индексы одинаковы для остальных фаз развития кукурузы и других культур [2].

Интересный метод оценки тепловых возможностей территории был предложен Дж. Ацци в 1926 - 1927 гг. Потребность в тепле сельскохозяйственных культур Ацци выражает метеорологическими эквивалентами, которым он дал следующее определение: «Метеорологические эквиваленты, как термические, так и плювиометрические, обозначают количество градусов температуры или миллиметров осадков, отличающее нормальные условия от условий, признанных ненормальными, как в сторону их избытка, так и в сторону их недостатка». По Ацци, для различных межфазных интервалов эти эквиваленты разные. Например, для пшеницы за период от колошения до созревания эквиваленты равны 14 и 24°C. Это означает, что в данных интервалах средних температур за указанный межфазный период условия для роста и развития пшеницы нормальные, а недостаток тепла при температурах ниже 14°C и избыток тепла при температурах выше 24°C создают неблагоприятные условия. Используя найденные метеорологические эквиваленты, Ацци далее оценил климатические факторы и, в частности, тепло для различных культур. С этой целью он составил так называемые

климоскопы, которые представляют собой определенным способом обработанные метеорологические данные. Способ обработки заключается в том, что все метеоданные усредняются за соответствующие межфазные интервалы. Полученные выводы Ацци предлагает записывать кратко в виде формулы:

(2.2)

$$\text{ИТ}_{IV^2}, \text{НТ}_{IV^2},$$

такая форма записи означает, что в IV межфазном периоде (от колошения до созревания) из 10 лет два года были с избытком тепла (ИТ), а два года - с недостатком тепла (НТ). Следовательно, в остальные годы (6 лет) термические условия были нормальными. Таким способом Ацци произвел оценку климатических условий за главные межфазные периоды вегетации для пшеницы. Указанную форму записи он предложил назвать формулой климатических условий для пшеницы. Для другой культуры по выделенным межфазным интервалам необходимо составить свой климоскоп и сопоставить его с метеорологическими эквивалентами этой культуры. Это дало возможность затем составить для нее свои формулы климатических условий, отражающие степень благоприятствования среды. Из изложенного следует, что Ацци отказался от обычных средних величин в климатологии и весь материал метеорологических наблюдений предложил обрабатывать каждый раз заново для новой культуры. Важно, что Ацци первый в агроклиматологии для оценки климатических условий применил повторяемость элементов [1].

## 2.2. Методы расчёта влагообеспеченности

В условиях неполивного земледелия продуктивность растений при наличии других факторов роста определяется влагой. Поэтому наряду с оценкой теплообеспеченности необходима оценка влагообеспеченности.

Основным источником почвенной влаги в естественных условиях являются атмосферные осадки, а также влага, поступающая из грунтовых вод, за счет поверхностного и внутрипочвенного притока и конденсации влаги из атмосферы. Совокупность всех величин прихода влаги в почву и расхода из неё называется водным балансом почвы. Водный баланс может быть составлен за любой промежуток времени: за период вегетации в целом, за тот или иной отрезок вегетации, отдельный сезон, год и т.д. Полный водный баланс может быть представлен следующим уравнением:

(2.3)

$$W_K - W_H = (O_c + ПГВ + ППр + ВППр + К) - (Ис + Тр + ОГВ + ПС + ВПС) ,$$

где  $W_K$  и  $W_H$  – запасы влаги в почве на начало и в конце периода,  $O_c$  – осадки, ПГВ – приток из грунтовых вод, ППр – поверхностный приток, ВППр – внутрипочвенный приток, К – конденсация влаги из атмосферы (роса, туман), Ис – испарение, Тр – транспирация, ОГВ – отток в грунтовые воды, ПС – поверхностный сток, ВПС – внутрипочвенный сток. На практике для расчётов водного баланса обычно используется упрощенное уравнение, включающее основные элементы. Поэтому уравнению рассчитывают суммарное испарение:

(2.4)

$$Ис = W_H - W_K + O_c$$

Для расчётов запасов продуктивной влажности почвы, выражаемой в мм используют формулу:

(2.5)

$$W_{пр} = 0,1d (W - B_3)h ,$$

где – запасы продуктивной влаги в почве (мм),  $d$  – объёмный вес почвы,  $г/см^3$ ,  $W$  – влажность почвы в % от массы абсолютно сухой почвы,  $B_3$  – влажность устойчивого завядания в % от абсолютно сухой почвы,  $h$  –

толщина слоя почвы, см, 0,1 – коэффициент для перевода запасов влаги в мм водяного слоя.

Общие ресурсы влаги в почве рассчитываются по уравнению водного баланса:

(2.6)

$$Z = W_H - W_K + r ,$$

где  $Z$  – суммарное испарение, мм ,  $W_H$  – начальные запасы продуктивной влаги о 0 – 100 см слое почвы,  $W_K$  – конечные запасы влаги,  $r$  – сумма осадков за рассчитываемый период, мм.

Имея фактические данные по запасам продуктивной влаги в почве под яровой пшеницей, можно рассчитать показатель влагообеспеченности по методу Процера, как отношение суммарного испарения, рассчитываемого по методу водного баланса к величине максимально возможного испарения или испаряемости:

(2.7)

$$V = \frac{Z}{Z_0} = \frac{W_K - W_H + r}{k * \sum d} ,$$

где коэффициент  $k$  до колошения равен 0,45, после – 0,30 [4].

Шаров И. А. предлагает рассчитывать оптимальное водопотребление культуры по формуле:

(2.8)

$$E = e \sum t + 4b ,$$

где  $E$  - оптимальное водопотребление культуры,  $e$  - коэффициент водопотребления культуры,  $\sum t$  - сумма температур воздуха за период вегетации, рассчитанный на  $1^\circ$ ,  $b$  – число дней вегетационного периода [1].

В бывшем Советском Союзе среди эмпирических методов довольно широко был распространен биофизический метод, предложенный А. М. Алпатьевым. В качестве основного элемента, определяющего величину оптимального водопотребления (оптимального суммарного испарения), Алпатьев выбрал дефицит влажности воздуха, поскольку он, как функция от температуры и влажности воздуха, является комплексным показателем условий суммарного испарения. Вторым компонентом в расчетном уравнении является так называемый биологический коэффициент испарения. В физической основе этого коэффициента, по Алпатьеву, «лежит сложившийся в филогенезе наследственный ритм развития растения, связанный с сезонным ритмом климата, ход накопления растительной массы одновременно с качественным изменением самого растения, степень затенения почвы и устойчивость фитоклимата» [32]. Эти зависимости дают основание полагать, что биологический коэффициент отражает главным образом биологические особенности развития растений. С учетом указанных закономерностей расчетное уравнение имеет вид:

(2.9)

$$E = K \sum d ,$$

где  $E$  - оптимальное водопотребление данного фитоценоза (мм),  $K$  - биологический коэффициент данной культуры (безразмерная величина),  $\sum d$  - сумма дефицитов влажности воздуха (мм или мб). Численные значения величины  $K$  получаются путем осреднения за 4—5 лет частных от деления фактических расходов влаги данной культуры на  $\sum d$  за тот же период (при оптимальном увлажнении почвы). Биофизический метод характеризуется достаточной точностью расчета водопотребления растений (ошибка за вегетацию составляет 10—15%, а за месяц —20—25%), возможностью ретроспективного определения водопотребления за длительный период времени, простотой. Существенно, что этот метод учитывает биологические

особенности растений. В изданных агроклиматических справочниках «Агроклиматические ресурсы области» (1971 - 1972 гг.) влагообеспеченность растений рассчитана в целом по методу Алпатьева. Оптимальное водопотребление (близко совпадающее с испаряемостью или, что то же, с оптимальным суммарным испарением) в справочниках определено по формуле:

(2.10)

$$E = 0,65 \sum d ,$$

где  $\sum d$  – сумма дефицитов влажности воздуха, выраженная в мм, 0,65 - биологический коэффициент испарения, принятый Алпатьевым постоянной величиной,  $E$  - потребность в воде данного фитоценоза (оптимальное водопотребление, мм). Влагообеспеченность растений в справочнике выражена как разность между оптимальным и фактическим испарением [32]. Фактическое испарение рекомендовано вычислять по формуле сокращенного водного баланса:

(2.11)

$$\sum u = O - C + (\omega_1 - \omega_2) ,$$

где  $\sum u$  – фактическое испарение,  $O$  - осадки (мм),  $C$  - сток поверхностный (мм),  $\omega_1$  и  $\omega_2$  – запасы продуктивной влаги на начало и конец вегетации (мм). Поскольку поверхностный сток в период вегетации практически бывает мал, им обычно пренебрегают. В последствие была доказана изменчивость биологических коэффициентов испарения в зависимости от почвенно-климатических условий района местообитания растений. При этом обнаружена тенденция увеличения биологических коэффициентов с ростом широты. Поэтому более точными будут расчеты влагообеспеченности по методу Алпатьева с применением зональных биологических коэффициентов [5].



Методы Шарова И. А. и Алпатьева А. М. имеют существенные недостатки – они не учитывают подпитывание корнеобитаемого слоя за счет грунтовых вод. Поэтому данные методы дают хорошие результаты лишь при глубоком залегании грунтовых вод ( $> 3-5$  м) [2].

Сравнительная оценка Шашко Д. И. показателей атмосферного увлажнения показала, что наиболее надежный показатель – отношение осадков к дефициту влажности воздуха или к испаряемости/возможному испарению, рассчитывается по формуле:

(2.12)

$$f = 0.45 \sum (E - e),$$

где  $f$  – условная испаряемость, мм;  $\sum(E - e)$  – сумма средних суточных значений дефицита влажности воздуха, гПа. Преимущество показателя увлажнения  $P/\sum(E - e)$  объясняется тем, что количество транспирации, а следовательно, и урожайность связаны с дефицитом влажности воздуха лучше, чем с другими метеорологическими факторами. Гидротермический коэффициент Селянинова, как и коэффициент сухости Будыко, рассчитанный по радиационному балансу для влажной поверхности, неточно выражает реальные условия транспирации, поэтому эти формы показателя увлажнения менее достоверны.

Иванов Н. Н. предложил рассчитывать показатель увлажнения по следующей формуле:

(2.13)

$$k = \frac{P}{f},$$

где  $P$  – осадки за год, мм,  $f$  – испаряемость за год, мм, определенная по испарению с поверхности водоемов (озер) [2].

Поскольку испаряемость существенно зависит от влажности воздуха, Колосков П. И. предложил следующий показатель, характеризующий увлажнение почвы:

(2.14)

$$\mathcal{W} = K \frac{P}{E - e},$$

где  $P$  – количество осадков,  $E - e$  – влажности воздуха,  $K$  – коэффициент пропорциональности. Пользоваться формулой Колоскова затруднительно, так как необходимо определять величину  $K$  (по данным влажности почвы).

Чем благоприятнее условия внешней среды, тем мощнее растение, больше урожай растительной массы и связанная с ней испаряющая поверхность листьев, а следовательно, выше и суммарное испарение. Поэтому для оценки условий роста и взаимосвязи с суммарным испарением и транспирацией. Их взаимосвязь выражается через следующую формулу:

(2.15)

$$\begin{aligned} T &= M (E - e) m \\ f_c &= M_c (E - e) \Rightarrow \\ m &= \frac{T}{M (E - e)}, \quad M_c = \frac{f_c}{E - e} \end{aligned}$$

где  $T$  – транспирация,  $f_c$  – суммарное испарение;  $M$  – коэффициент транспирации (количество транспирации, отнесённое к единице растительной массы и единице дефицита влажности воздуха);  $M_c$  – коэффициент суммарного испарения (суммарное испарение, отнесённое к единице растительной массы и единице дефицита влажности воздуха);  $E - e$  – дефицит влажности воздуха;  $m$  – количество (урожай) растительной массы на единице площади, с которым связана величина испаряющей поверхности листьев.

Согласно этим выражениям, при достаточном плодородии почвы и доступности питательных веществ скорость накопления и количество растительной массы будут тем выше, чем больше водные ресурсы (влажность почвы, осадки), обуславливающие потенциальные возможности транспирации и испарения, и чем меньше напряжение метеорологических факторов, влияющих на испарение, характеризуемых, в основном, дефицитом влажности воздуха. Представленные выше формулы, связывающие урожай с испарением, транспирацией и метеорологическими факторами, аналогичны формуле показателя атмосферного увлажнения:  $M_{\Delta} = \frac{P}{\Sigma(E-e)}$ , если осадкам –  $P$  придать значение потенциальной транспирации или суммарного испарения. Эта аналогия служит основанием для оценки климатических условий роста по показателю атмосферного увлажнения.

Суммарное испарение вычисляется по формуле:

(2.16)

$$f_c = W + P - W_1,$$

где  $W$  – запасы влаги в корнеобитаемом слое почвы в начале данного периода;  $P$  – количество осадков за период;  $W_1$  – запасы влаги в почве в конце периода. Дефицит влажности воздуха определяется по температуре и влажности воздуха. Числовые значения коэффициента  $M_c$  связаны с урожайностью растительной массы, накопление которой в свою очередь зависит от плодородия почвы и агротехники. Таким образом, коэффициент  $M_c$  сочетает в себе такие факторы роста, как влажность почвы, влажность воздуха, осадки, температуру, а также учитывает влияние плодородия почвы и агротехники. Всё это позволяет рассматривать коэффициент  $M_c$ , а по аналогии и показатель  $M_d$  как показатель не только комплекса климатических, но и в известной мере и комплекса физико-географических условий роста. Такое толкование показателя атмосферного увлажнения

обосновывается также взаимной обусловленностью и зависимостью природных факторов и явлений. Этим и объясняется биологическая значимость показателя атмосферного увлажнения [1].

При использовании показателя увлажнения для агроклиматического районирования территории необходимо установить, за какой период этот показатель лучше характеризует естественную «производительность» климата. Селянинов предлагал использовать значения показателя за отдельные месяцы теплого периода, так как, по его мнению, решающее значение для роста имеют не суммарные годовые его значения, а сезонные. Другие учёные используют годовые значения показателя. Естественная производительность климата в большинстве районов наиболее полно отражается показателем увлажнения, вычисленным по годовым осадкам и дефициту влажности воздуха. Это объясняется тем, что растения, особенно при хорошей агротехнике, потребляют влагу не только осадков периода вегетации, но и влагу, оставшуюся в почве предшествующих посеву периодов. Вследствие этого показатель годового увлажнения больше, чем показатель, вычисленный за тёплый период. Только в районах муссонного климата показатель увлажнения за тёплый период несколько выше, чем годовой (приложение 7) [25].

Показатель увлажнения за отдельные месяцы теплого периода не отражает расхода влаги на испарение с полей. Поэтому и оценка продуктивности климата по этому показателю увлажнения будет менее достоверна, чем по годовому. Но и показатель годового увлажнения даёт только общее представление об увлажнении. Поэтому необходимо знать вероятность различно увлажнённых месяцев, сельскохозяйственных сезонов. На основании данных о показателе атмосферного увлажнения была разработана классификация климата по влагообеспеченности растений. Эта классификация позволила выделить области, подобласти и зоны увлажнения. Области увлажнения выделяют по годовым значениям показателя годового увлажнения:

(2.17)

$$KY = \frac{P}{\sum d},$$

где  $P$  – количество осадков за период,  $\sum d$  – дефицит увлажнения. На основе данного коэффициента выделяют три основных типа увлажнения: I тип:  $KY > 0,45$  (1,0) – осадки за год превышают возможное испарение; II тип:  $KY = 0,45 - 0,15$  (1,0 – 0,33) – осадки за год меньше испаряемости; III тип:  $KY < 0,15$  (0,33) – испаряемость значительно превышает осадки (приложение 8). Соотношение осадков этих периодов достаточно хорошо отражает особенности атмосферной циркуляции и связанных с ней суточный и годовой режим элементов климата. На это указывает большая согласованность агроклиматических областей и подобластей с климатическими областями и подобластями, выделенными Алисовым на основе учёта циркуляции атмосферы. Для областей достаточного увлажнения характерны устойчивые урожаи. Снижение урожая вследствие недостатка влаги в них маловероятно. Бывает иногда снижение урожая из-за избытка влаги. В областях недостаточного увлажнения колебания урожая обусловлены, главным образом, изменением увлажнения. Ведущие мероприятия в этих областях должны быть направлены на пополнение, сбережение и экономное расходование влаги. В областях незначительного увлажнения земледелие возможно только при искусственном орошении и в результате использования стока местных вод: лиманное орошение, падинное земледелие. Подобласти выделяются по динамике годового увлажнения. Для характеристики динамики увлажнения используется отношение осадков тёплого периода (апрель – сентябрь) к осадкам холодного периода (октябрь – март). По соотношению осадков выделяются территории с превышением осадков тёплого над осадками холодного периода в 1 – 2, 2 – 4, > 4 раз и территории с превышением осадков холодного над осадками тёплого периода (приложение 9) [25].

Отношение осадков теплого периода к осадкам холодного периода характеризует динамику увлажнения только в общих чертах. В областях, где осадки тёплого периода меньше, чем холодного, относительно более влажными являются зима, весна и осень. Это обеспечивает в предгорных районах сухой зоны богарное земледелие. В областях с превышением осадков тёплого периода менее чем в 2 раза в засушливых зонах наблюдается сравнительно равномерное увлажнение весны, лета и осени; во влажных зонах увлажнение увеличивается от весны к осени. В областях, где количество осадков в тёплый период в 2 – 4 раза больше весна обычно засушливая, а области с превышением осадков более чем в 4 раза характеризуются засушливой весной, а иногда и засушливой осенью.

Для более детальной характеристики динамики увлажнения используют месячные значения показателя увлажнения. Пользуясь ими и шкалой увлажнения устанавливают наиболее типичные сочетания увлажнения сельскохозяйственных сезонов – весны, лета и осени.

Расчет показателя влагообеспеченности имеет очень важное практическое значение, т.к. с ним тесно связана величина урожая. В частности, на основе этого показателя составляются прогнозы урожайности яровой пшеницы. Кроме того, по данному показателю оценивается степень благоприятности сложившихся в период вегетации агрометеорологических условий [29].

В качестве комплексной характеристики продуктивности (бонитета) климата обычно используют показатели, предложенные Сапожниковой С.А. и Д.И. Шашко. Показатель Сапожниковой С.А. представляет собой отношение урожая к условной единице суммы тепла [24]:

(2.18)

$$\Pi = \frac{y}{0,01 \sum t > 10^0},$$

где  $U$  – урожайность культуры. Д.И.Шашко предложил рассчитывать биоклиматический потенциал по формуле:

(2.19)

$$\text{БКП} = K_p \left( \frac{\sum t > 10^0}{1000} \right),$$

где  $K_p$  – коэффициент роста, зависящий от коэффициента годового увлажнения (КУ) и определяемый как отношение фактической урожайности к величине урожая при оптимальных условиях увлажнения. Т.е. фактически коэффициент роста характеризует влагообеспеченность территории и его можно определить по графику связи урожая со значениями показателя годового увлажнения (КУ).  $\sum t > 10^0$  - сумма температур, характеризующая теплообеспеченность территории,  $1000^0$  - это сумма активных температур на северной границе полевого земледелия [29].

Таким образом, сельскохозяйственная оценка климата заключается в комплексном тщательном изучении агроклиматических условий данной территории и сопоставлении её агроклиматических ресурсов с требованиями к климату сельскохозяйственных растений и животных [2].

### **3. АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕПЛО- И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Увлажнение сельскохозяйственных полей играет важную роль в условиях произрастания различных культур. Режим влажности почвы непрерывно меняется и в значительной степени обуславливается рельефом местности. В одном и том же районе при одинаковом количестве атмосферных осадков влажность почвы различных сельскохозяйственных угодий различна. Это объясняется тем, что увлажнение почвы зависит не только от количества выпавших осадков, их интенсивности, продолжительности, а также испаряемости, но и от характера подстилающей поверхности, и т. д. Также по-разному расходуются запасы влаги из корнеобитаемого слоя растениями в различные периоды их развития. Показателем обеспеченности влагой вегетационного периода может служить количество выпавших осадков, которое выражается в миллиметрах слоя воды. Сумма осадков за период активной вегетации растений составляет в среднем по области 240 - 290 мм [33]. Однако изменчивость очень велика. В каждый из летних месяцев выпадает от 51 до 87 мм осадков, что обеспечивает достаточное увлажнение полей. Потребность растений во влаге в различные периоды их развития различна. Наибольшая потребность растений во влаге наблюдается в период наиболее интенсивного роста вегетативной массы и формирования репродуктивных органов. Поэтому для ранних зерновых культур решающее значение имеют осадки первой половины лета, а поздних пропашных культур – второй половины. Следовательно, эффективными осадками будут те, которые обеспечивают бесперебойное водоснабжение растений, особенно в критические периоды. Поэтому количество выпадающих осадков за вегетационный период недостаточно полно характеризует обеспеченность влагой территории. Осадки, выпадающие за период активной вегетации, создают условия



влагообеспеченности сельскохозяйственных культур, которые оцениваются ГТК. Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова показывает уровень влагообеспеченности или влагодефицита территории. Этот показатель широко используется в агрономии для общей оценки климата и выделения зон различного уровня влагообеспеченности с целью определения целесообразности выращивания тех или иных сельхозкультур. Условия увлажнения бывают избыточно влажными при  $ГТК > 2$ , засушливыми при  $ГТК < 1$  и сухими при  $ГТК < 0,5$  [3].

На основе данных предоставленных Белгородским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды о суммах активных температур, осадках за период активной вегетации, дат устойчивого перехода средних суточных температур через 0, 5 и 10<sup>0</sup> основных метеопостов, расположенных в следующих населенных пунктах: Готня, Новый Оскол, Валуйки, Белгород и реперная – Богородицкое-Фенино был рассчитан ГТК (приложение 11). Показатель ГТК рассчитывался по следующей формуле:

$$ГТК = \frac{R}{\sum t \times 0,1},$$

где R – сумма осадков в миллиметрах за период с температурами выше +10<sup>0</sup>С;  $\sum t$  – сумма температур в градусах <sup>0</sup>С за период активной вегетации.

На рис. 3.1 представлена межгодовая динамика сумм активных температур по основным метеостанциям Белгородской области. Во всех пунктах максимальная теплообеспеченность периода активной вегетации приходится на 2012 год, вторым по термическим ресурсам был 2010 год.

Период активной вегетации характеризуется устойчивым переход температуры атмосферного воздуха через +10<sup>0</sup>С. Наиболее высокие суммы активных температур наблюдались в 2012 году во всех районах. С 2013 года ход практически выровнялся, а до этого характеризовался резкими скачками и падениями.

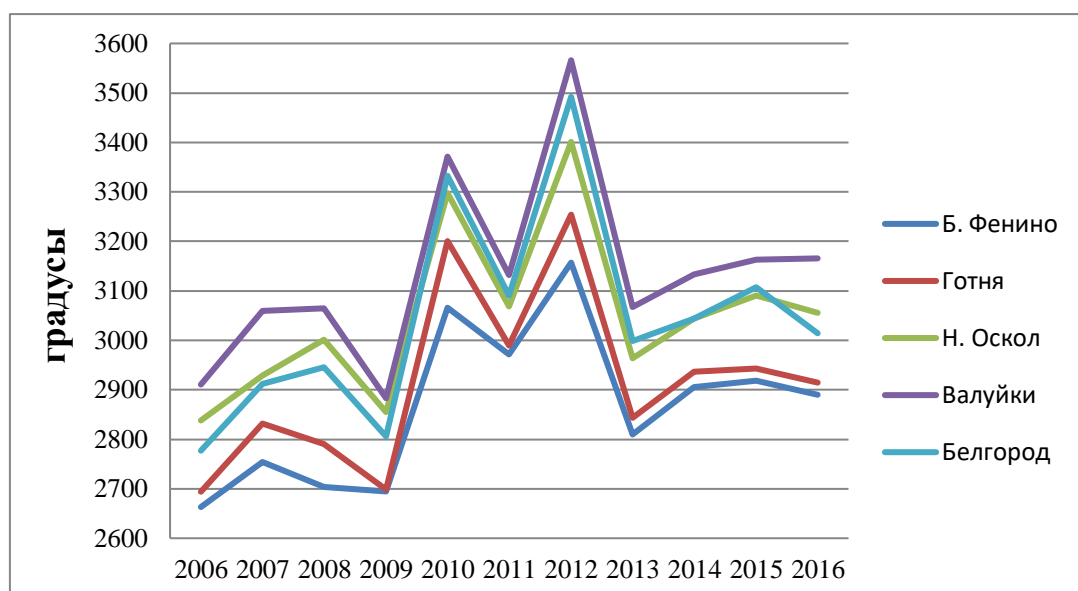


Рис. 3.1. Сумма активных температур выше  $10^{\circ}$  в основных метеорологических пунктах наблюдений Белгородской области

Не менее важной характеристикой для обеспечения урожая сельскохозяйственных культур являются осадки в период вегетации. Они отличаются большей изменчивостью по сравнению с суммами активных температур не только год от года, но и от пункта к пункту (рис. 3.2).

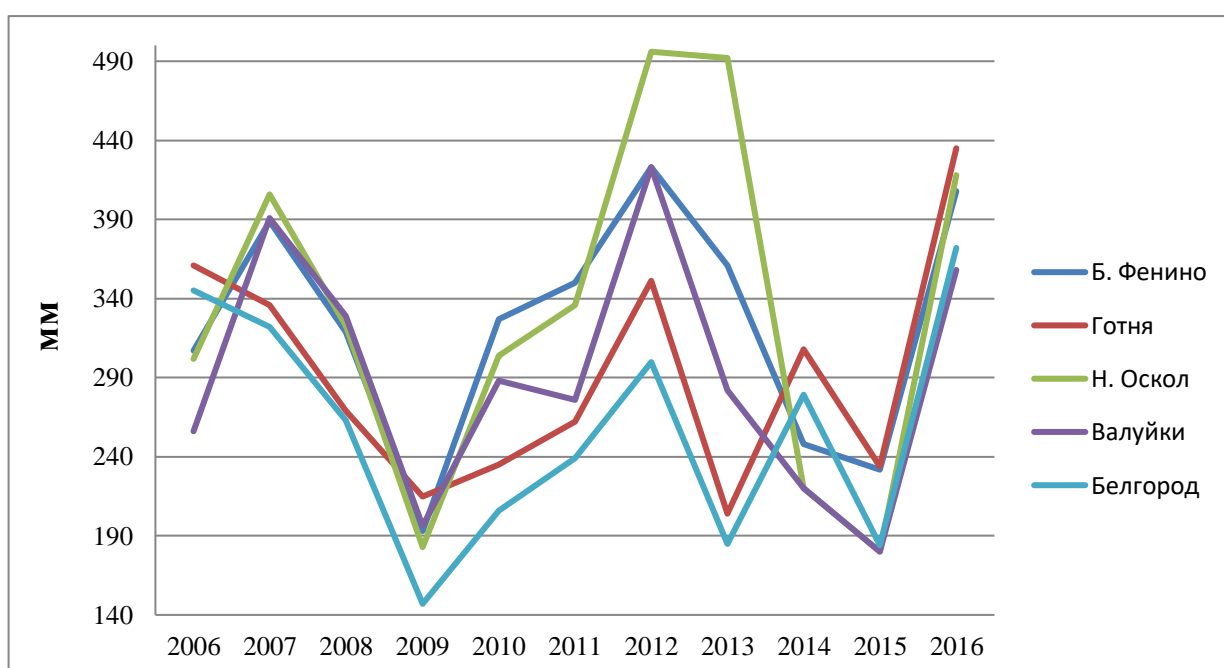


Рис. 3.2. Осадки за период активной вегетации в основных метеорологических пунктах наблюдений Белгородской области

Для биопродуктивности растений важно количество осадков в период активной вегетации. Их наибольшее количество выпадало в Новоскольском районе в 2012 и 2013 годах: 496 и 492 мм, соответственно. Противоположностью им был 2009 год в Белгородском районе – всего 147 мм. 2016 год ознаменовал себя резким подъёмом (в 2 раза) количества осадков во всех районах по сравнению с предыдущим годом.

Полученные результаты расчёта показателя ГТК представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1.

## Показатель ГТК Белгородской области

| годы<br>пункты                           | Богородицкое-<br>Фенино | Готня | Новый<br>Оскол | Валуйки | Белгород |
|--|-------------------------|-------|----------------|---------|----------|
| 2007                                     | 1,29                    | 1,16  | 1,41           | 1,20    | 1,05     |
| 2008                                     | 0,83                    | 0,70  | 0,91           | 0,88    | 0,65     |
| 2009                                     | 0,75                    | 0,80  | 0,65           | 0,69    | 0,53     |
| 2010                                     | 1,06                    | 0,74  | 0,88           | 0,83    | 0,61     |
| 2011                                     | 1,20                    | 0,90  | 1,12           | 0,87    | 0,78     |
| 2012                                     | 1,39                    | 1,14  | 1,18           | 0,99    | 0,80     |
| 2013                                     | 1,52                    | 0,89  | 1,65           | 1,18    | 0,85     |
| 2014                                     | 0,86                    | 1,11  | 0,68           | 0,63    | 0,93     |
| 2015                                     | 0,79                    | 0,80  | 0,58           | 0,57    | 0,59     |
| 2016                                     | 1,41                    | 1,49  | 1,37           | 1,13    | 1,23     |
| ср.знач.                                 | 1,13                    | 0,97  | 1,04           | 0,93    | 0,81     |
| Ср. знач. для<br>Белгородской<br>области | 0,998                   |       |                |         |          |

Среднее значение ГТК за последнее десятилетие (2007-2016 гг.) изменялось от 0,81 (Белгород) до 1,13 (Богородицкое-Фенино). Распределение этого показателя по районам области по сравнению с

предыдущим 30-летним периодом (1971 – 2000 г.) представлено в таблице 3.2.

Таблица 3.2.

Значение ГТК, осредненное за различные периоды в Белгородской области [21]

| годы<br>пункты    | Богородицкое-<br>Фенино | Готня | Белгород | Валуйки | Новый<br>Оскол |
|-------------------|-------------------------|-------|----------|---------|----------------|
| 1971-<br>2000гг.  | 1,23                    | 1,27  | 1,17     | 1,10    | 1,06           |
| 2007-<br>2016 гг. | 1,13                    | 0,97  | 0,81     | 0,93    | 1,04           |
| 1987-<br>2016 гг. | 1,2                     | 1,17  | 1,01     | 1,07    | 1,06           |
| 2001-<br>2016 гг. | 1,17                    | 1,12  | 0,93     | 1,02    | 1,03           |
| Δ                 | 0,1                     | 0,3   | 0,36     | 0,17    | 0,02           |

Причина наблюдаемых изменений ГТК связана с изменениями атмосферной циркуляции. Преобладающей в 70-80-х гг. XX века была зональная циркуляция, т.е. западный перенос. С конца XX века увеличилась повторяемость меридиональной циркуляции (север – юг) [12]. В связи с этим уменьшилось ГТК в Готне, Богородицком-Фенино, Белгороде и не изменилось в Новом Осколе и Валуйках. Тенденция уменьшения ГТК указывает на иссушение территории.

Вегетационный период выражается в устойчивом переходе (10 суток) среднесуточных температур через 5 °С. В это время растение увеличивается в размере, меняет форму, происходит образование новых клеток. Период активной вегетации характеризуется переходом среднесуточных температур через 10 °С. Растения в этот период начинают цвести и плодоносить.

На рис 3.3 – 3.7 представлены соотношения между продолжительностью периода вегетации (переход ср.сут. температуры через 5°C) и периода активной вегетации (переход ср.сут. температуры через 10°C).

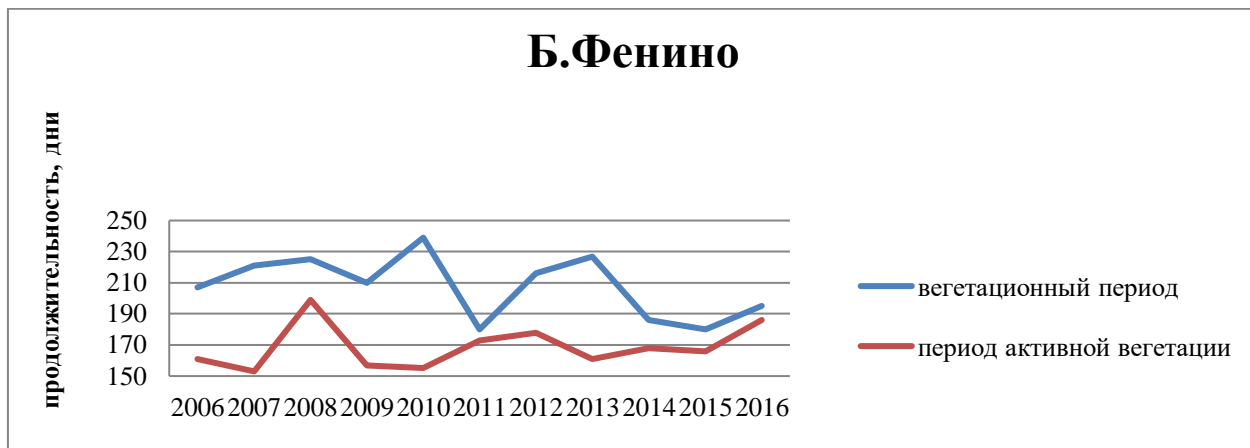


Рис. 3.3. Продолжительность вегетационного периода и периода активной вегетации в Губкинском районе

Проанализировав данный график можно сделать вывод о том, что неблагоприятными для сельского хозяйства являлись 2006, 2007, 2009, 2010, 2012 и 2013 годы, которые характеризовались длительной и затяжной весной. Такая весна приводит к задержке сроков посева и в последствие к снижению урожайности. Для борьбы с последствиями такой весны после посева применяют стимулирующие препараты, чтобы ускорить наступление фенологических фаз. Неблагоприятным годом так же был 2011, т.к. для него было характерно уменьшение вегетационного периода и увеличение продолжительности активной вегетации, такой ход температур опасен не стабильными переходами и приводит к тому, что высок риск поздневесенних и раннеосенних заморозков. Самый длительный период вегетации в Губкинском районе наблюдался в 2010 году и составил 239 дней. А самый краткосрочный – 180 дней в 2011 году. Средняя продолжительность периода вегетации составила 208 дней, а периода активной вегетации – 169.

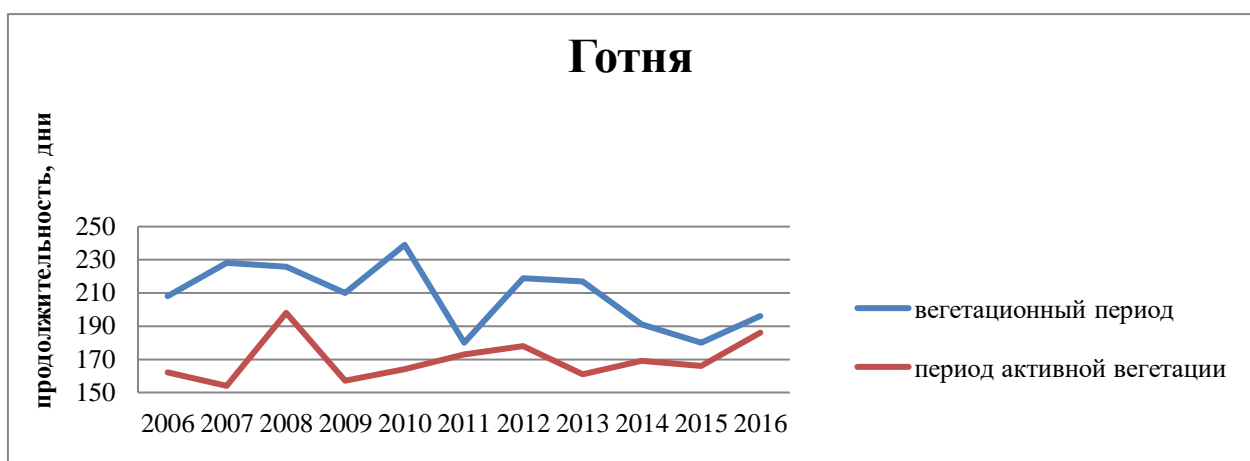


Рис. 3.4. Продолжительность вегетационного периода и периода активной вегетации в Ракитянском районе

За наблюдаемый период в этом районе можно выделить четыре года: 2010 – в этот год был самый длительный период вегетации (239 дней), 2011 (180 дней) и 2015 – года наименьшей продолжительности периода вегетации, 2008 года – период самой длительной активной вегетации (198 дней) и 2007– период наименьшей длительности активной вегетации (154 дня). Неблагоприятными для сельского хозяйства были 2006год, для которого была характерна затяжная весна, 2010-2011 и 2014 годы: для них было присуще уменьшение продолжительности периода вегетации и увеличение периода активной вегетации.

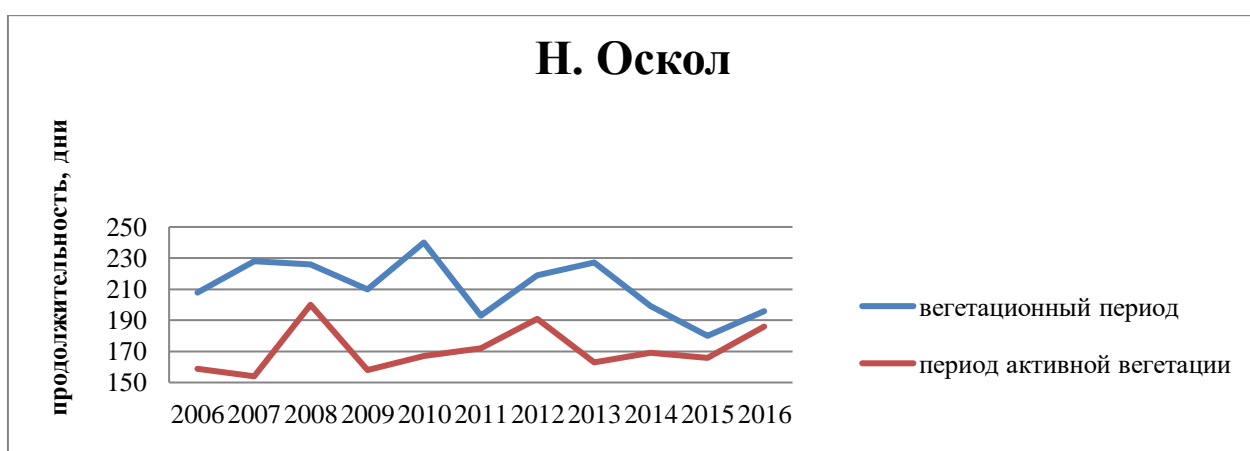


Рис. 3.5. Продолжительность вегетационного периода и периода активной вегетации в Новооскольском районе

Аналогично предыдущим районам в Новооскольском неблагоприятными периодами были 2006, 2010 - 2011 годы. 2012-2013 годы, которые характеризовались длительной, затяжной весной и противоположный им 2014, для которого было свойственно уменьшение вегетационного периода и увеличение периода активной вегетации. В Новооскольском районе самый длительный период вегетации составил 240 дней в 2010 году, а самый краткосрочный – 180 дней в 2015 году. Самый длительный период активной вегетации – 200 дней в 2008 году, самый недолговременный – 154 дня в 2007 году.

Для Валуйского района 2006 год, так же, как и в выше перечисленных районах был не благоприятным: увеличение вегетационного периода и сокращение периода активной вегетации. 2007, 2011, 2014 годы характеризовались уменьшением вегетационного периода и повышением продолжительности периода активной вегетации. Самый краткосрочный период вегетации в Валуйском районе был зафиксирован в 2015 году и составил 181 день, противоположные ему – 228 дней в 2007 и 2013 годах. По продолжительности периода активной вегетации выделяется 2007 год – самый быстропроходящий (157 дней) и 2008 год – самый длительный (200 дней) (рис. 3.6.).

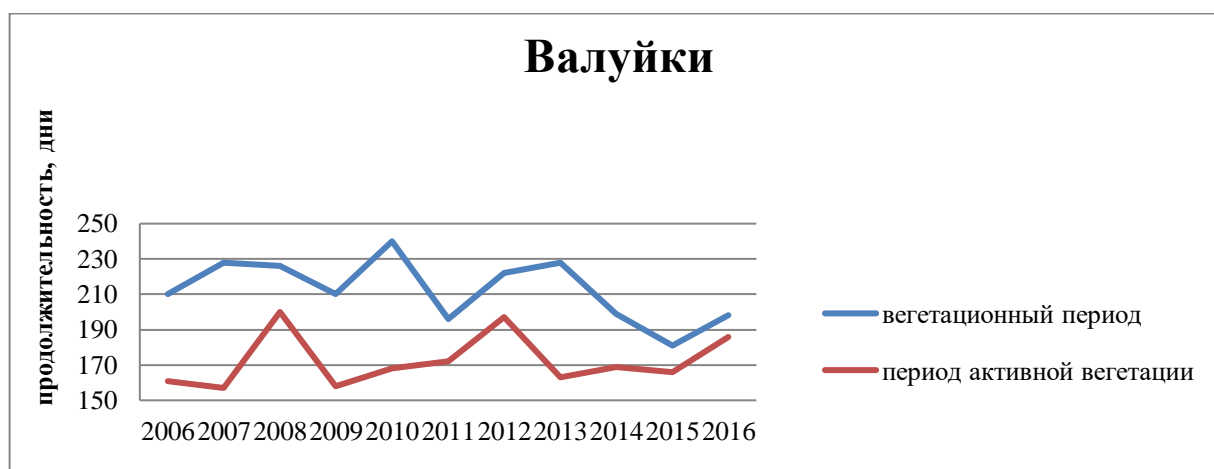


Рис. 3.6. Продолжительность вегетационного периода и периода активной вегетации в Валуйском районе



Рис. 3.7. Продолжительность периода активной вегетации и вегетационного периода в Белгородском районе

Для Белгородского района неблагоприятными оказались 2006, 2012–2013 годы, которые характеризовались затяжной весной. А 2011 год, как и для остальных районов ознаменовал себя резким спадом продолжительности периода вегетации и таким же резким подъёмом периода активной вегетации. В Белгородском районе самый непродолжительный вегетационный период составил 180 дней в 2011 и 2015 годах, в противовес им – 2010 год (240 дней). Период активной вегетации в 2008 году был самым продолжительным – 199 дней, а в 2009 году самым краткосрочным – 155 дней.

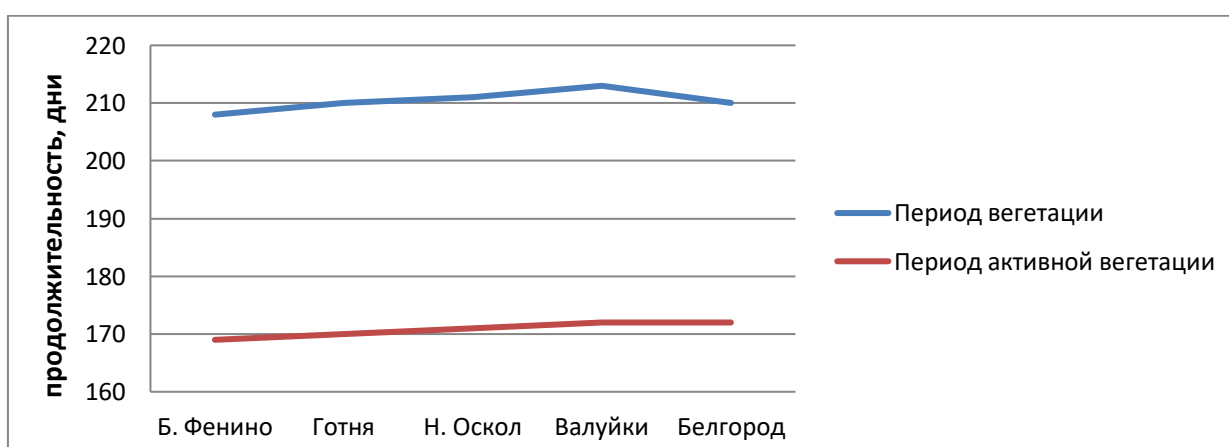


Рис. 3.8. Средняя продолжительность вегетационного периода и периода активной вегетации в основных метеорологических пунктах наблюдений Белгородской области



На рис.3.8 приведены осреднённые за исследуемый период продолжительности вегетационных периодов по всем метеостанциям Белгородской области. Наибольшей продолжительностью обоих периодов отличается центр и восток (юго-восток) области.

За исследуемый период наблюдений можно сделать вывод о том, что во всех изучаемых пунктах средняя продолжительность вегетационного периода и периода активной вегетации увеличились. Начало и продолжительность вегетационного периода зависит от начала наступления весны и её характера. Для Белгородской области возможны как затяжные вёсны, когда среднесуточная температура раньше обычных сроков переходит через  $0^{\circ}$ , а затем идёт медленное повышение температур, так и скоротечный характер весны, как, напротив, в 2018 году когда за один месяц осуществился переход среднесуточных температур через  $0^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$  и  $10^{\circ}$ С. В последние годы во всех пунктах отмечена общая тенденция: длительный период от начала весны до начала периода вегетации и стремительный (в несколько дней) переход к периоду активной вегетации (рис.3.9-3.13). Это усложняет ведение сева теплолюбивых культур.

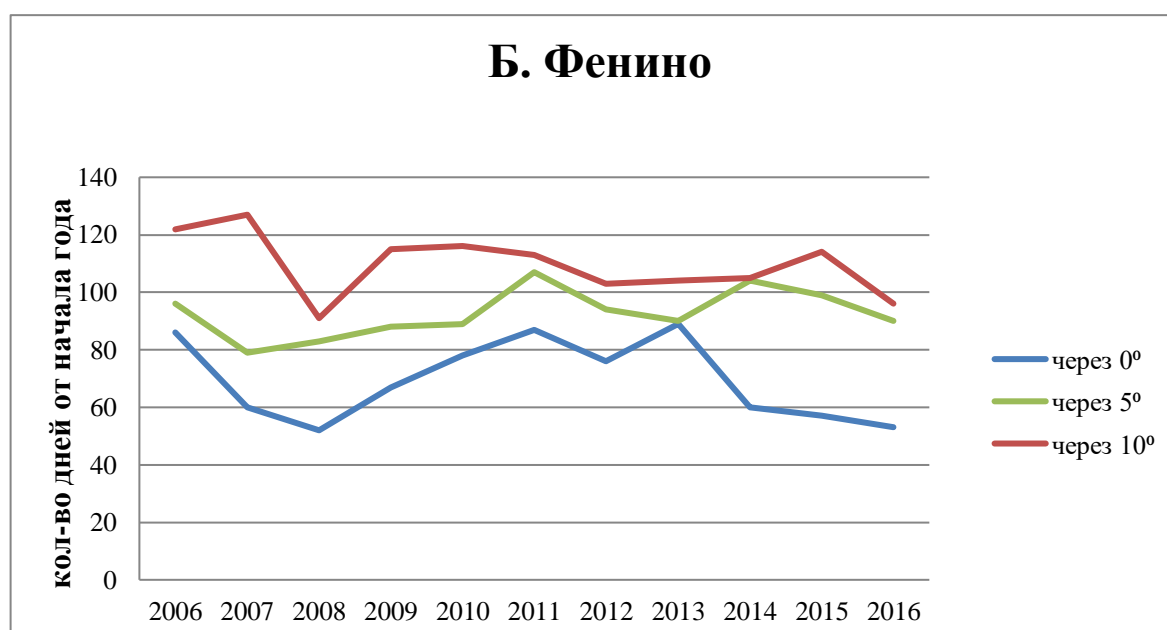


Рис. 3.9. Переход среднесуточных температур через  $0^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$  и  $10^{\circ}$  в Губкинском районе

Для сельского хозяйства важна не только продолжительность в днях периодов вегетации и активной вегетации, но и соотношение между этими периодами. Анализируя начало периодов наступления весны, периодов вегетации и активной вегетации в Губкинском районе мы можем сделать вывод о том, что 2008, 2014, 2015 и 2016 годы были не благоприятны для роста озимых культур, т.к. в эти годы переход температуры от 0 к 5<sup>0</sup>С происходил долго, что характерно для затяжной весны. Такие вёсны опасны для озимых культур тем, что вызывают перепревание, вымокание, вымерзание посевов. Помимо затяжной весны 2014 год ознаменовали себя стремительным переходом от периода вегетации к периоду активной вегетации, который неблагоприятен для сельскохозяйственной деятельности человека, потому что физически сложно быстро подготовиться к посеву за такой короткий временной промежуток. В 2013 году так же произошёл резкий скачок температур между 0 и 5<sup>0</sup>С, что чревато возвращением заморозков.

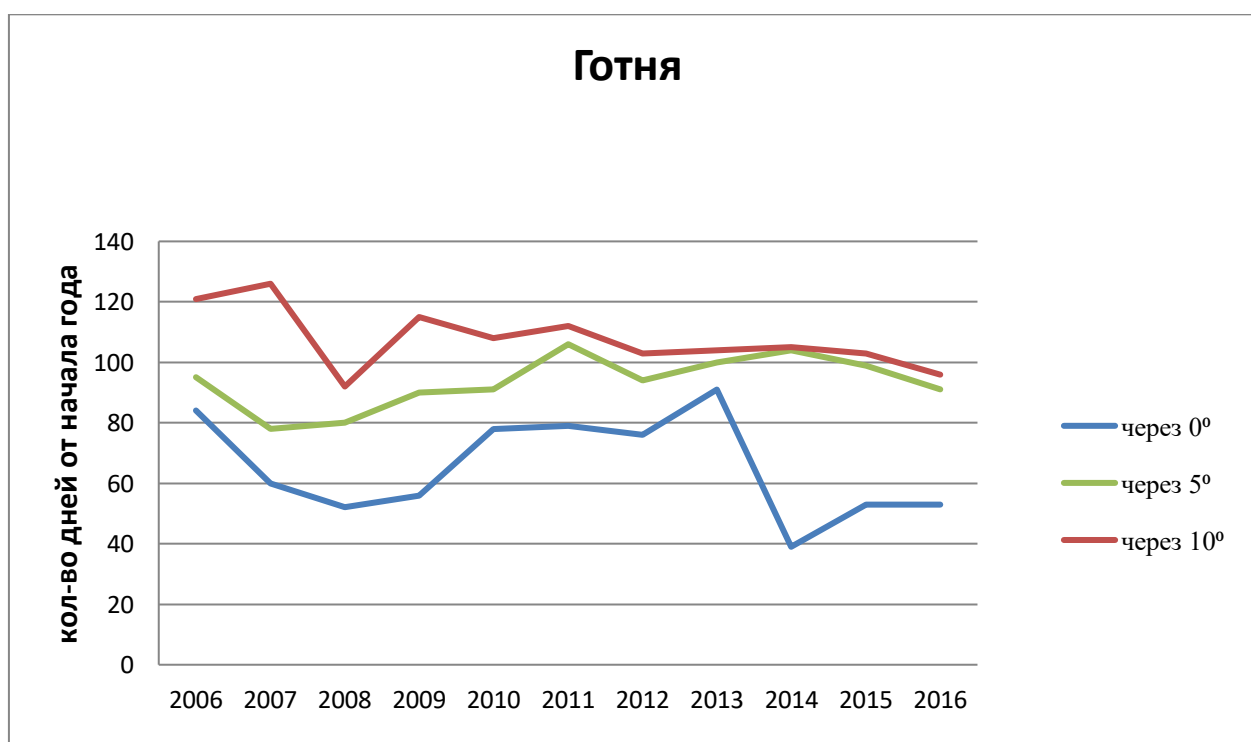


Рис. 3.10. Переход среднесуточных температур через 0<sup>0</sup>, 5<sup>0</sup> и 10<sup>0</sup> в Ракитянском районе

Затяжная весна в Ракитянском районе была характерна для 2008, 2014 - 2016 годов. 2014-2016 годы характеризовались длительной весной, но при этом переход температур через 5 и 10<sup>0</sup> произошёл стремительно.

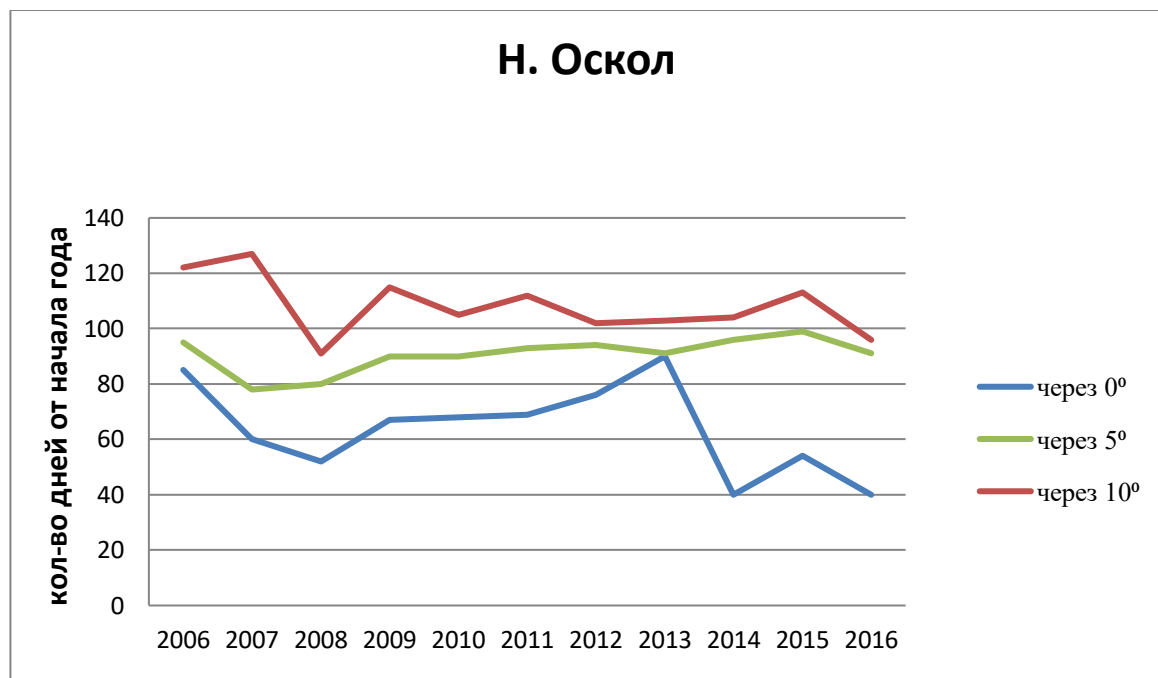


Рис. 3.11. Переход среднесуточных температур через 0<sup>0</sup>, 5<sup>0</sup> и 10<sup>0</sup> в Новооскольском районе

В Новооскольском районе урон сельскому хозяйству нанесли климатические условия весны 2013 года. В этот год период вегетации наступил очень стремительно: за один день температур из нейтральных перешли в положительные - +5<sup>0</sup>С. Такие сложившиеся условия опасны тем, что озимые культуры не успели пройти фазы созревания, приуроченные к определённым температурным режимам. Например, у озимой пшеницы зерно прорастает при температуре 1 - 2<sup>0</sup>С, а ассимиляционные процессы активизируются при температурах 3 - 4<sup>0</sup>С. Противоположность резким перепадам составляют длительные затяжные вёсны, которые были характерны для 2014-2016 годов.

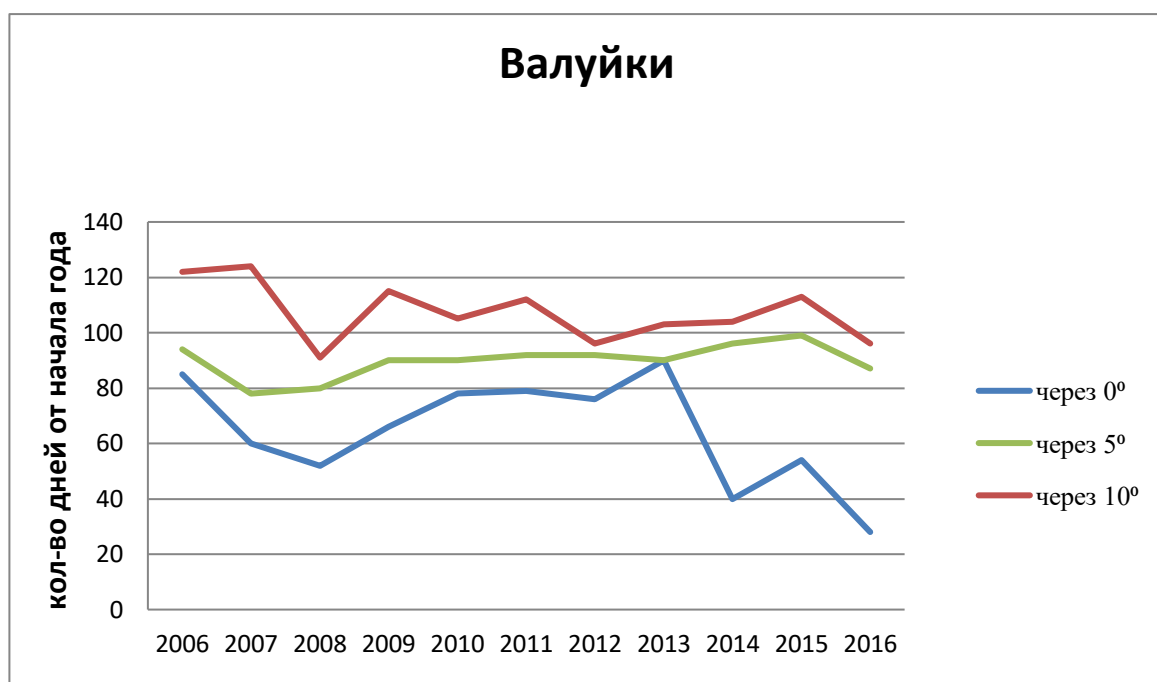


Рис. 3.12. Переход среднесуточных температур через 0<sup>0</sup>, 5<sup>0</sup> и 10<sup>0</sup> в Валуйском районе

Период вегетации в Валуйском районе в 2013 наступил стремительно, практически за один день произошёл переход от 0 к 5 °С. Затяжная весна появилась в 2014 – 2016 годах.

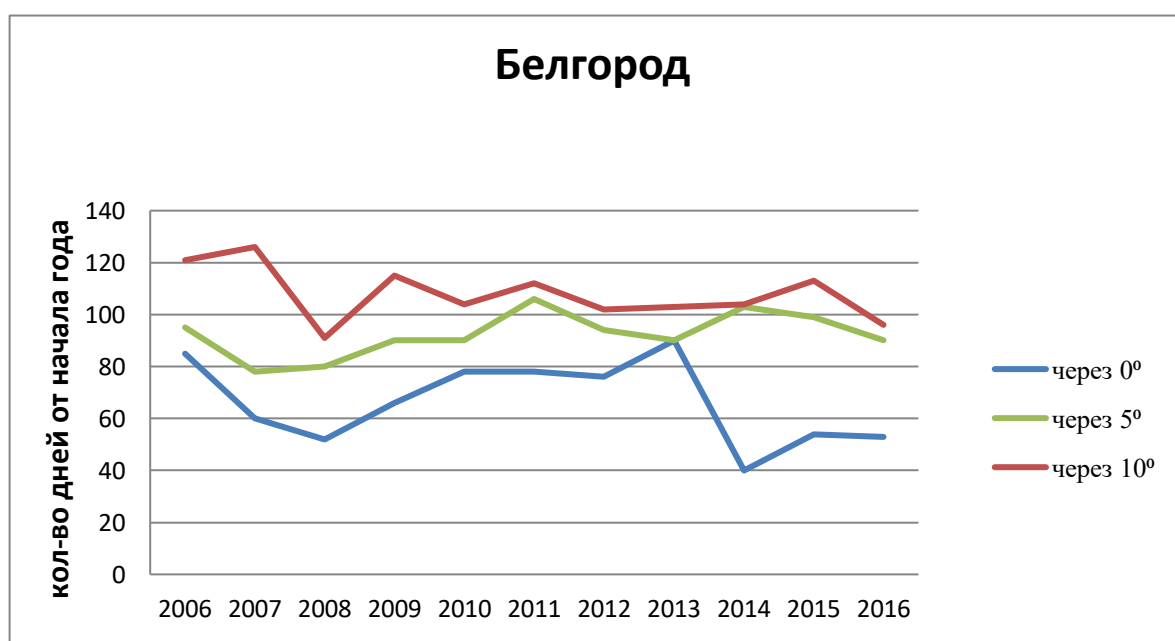


Рис. 3.13. Переход среднесуточных температур через 0<sup>0</sup>, 5<sup>0</sup> и 10<sup>0</sup> в Белгородском районе

В Белгородском районе аналогично предыдущим районам затяжные вёсны были характерны для 2014 – 2016 годов, а стремительная – в 2013. Так же быстрым был переход от 5 к 10 °С в 2014 году.

В целом анализ дат наступления всех анализируемых периодов приводит к следующим выводам – за последнее десятилетие наметилась тенденция к более раннему наступлению весны и периода активной вегетации, а начало периода вегетации такой тенденции не показало.

Для выявления изменений, произошедших с тепло-и влагообеспеченностью территории Белгородской области сравним две картосхемы, на которых отражено распределение ГТК по территории области во второй половине XX века (рис.3.14) и современное состояние (рис.3.15).

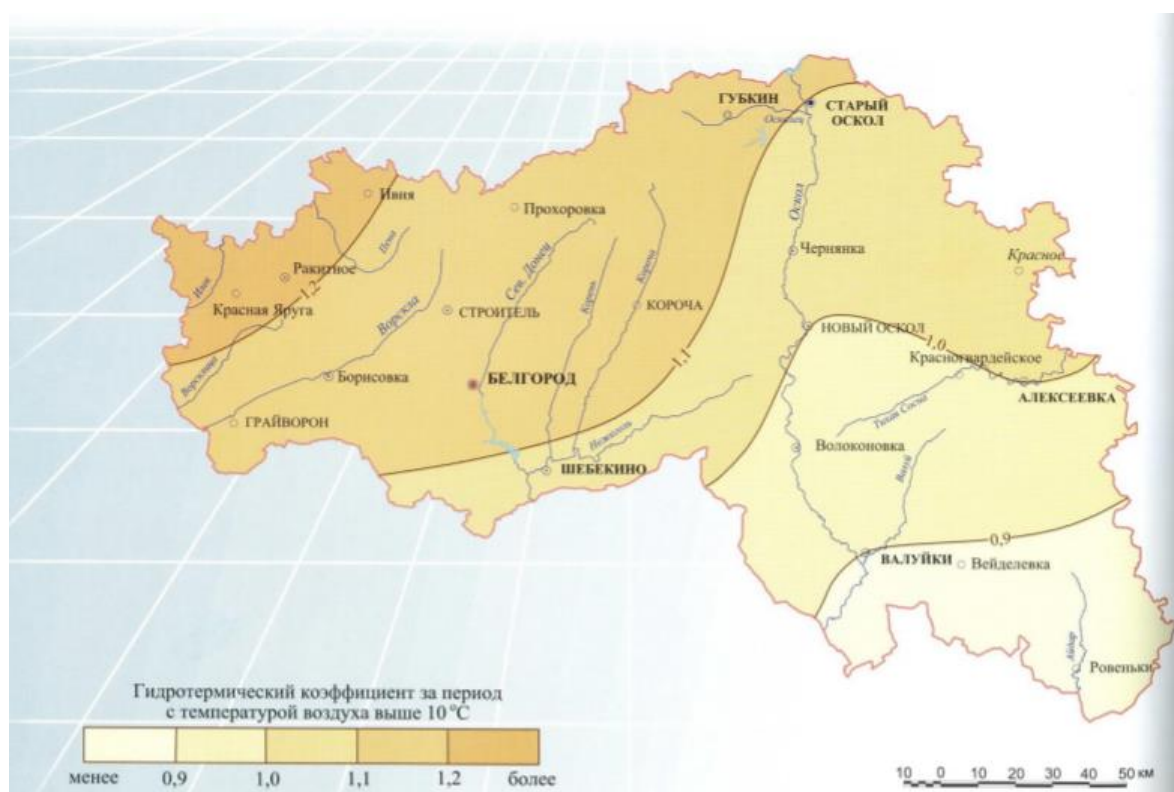


Рис. 3.14. Пространственное распределение гидротермического коэффициента по Белгородской области во второй половине XX века [6]

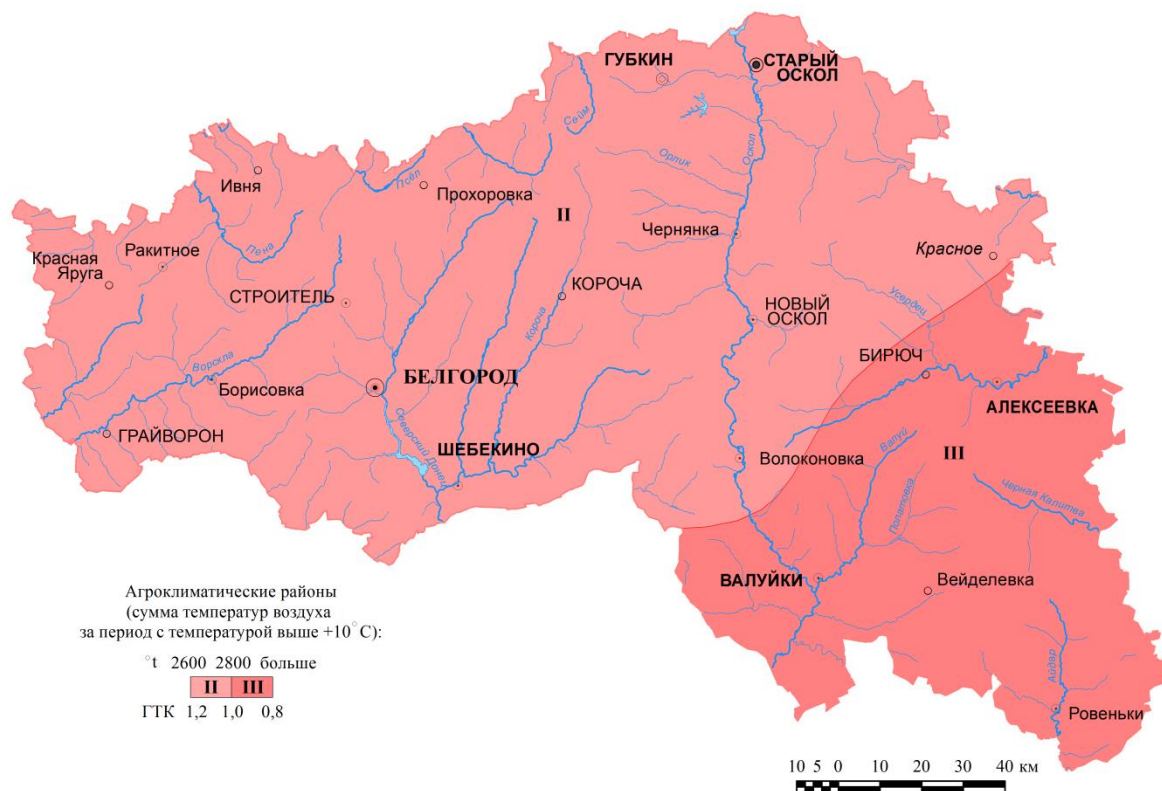


Рис. 3.15. Современное пространственное распределение гидротермического коэффициента по Белгородской области [17]

Изучив и сравнив карты распределения ГТК по Белгородской области во второй половине XX века и в современное время можно сделать вывод о том, что наблюдается тенденция снижения оптимального увлажнения и усиливается засушливость.

За последние 45 лет ГТК уменьшился во всех изучаемых районах. К этому привело изменение характера атмосферной циркуляции, вызвавшее увеличение суммы активных температур, и в итоге исчез с территории Белгородской области первый агроклиматический район, и большая часть области теперь относится ко второму, а на юго-востоке появился третий агроклиматический район – теплый и засушливый, характерный для более южных районов. Эти агроклиматические изменения позволили выращивать на территории области новые более теплолюбивые сельскохозяйственные культуры, например, бахчевые, соевые. Но современные изменения привели

к нестабильности условий произрастания сельскохозяйственных культур, из-за увеличения повторяемости опасных явлений, таких как заморозки, град, и особенно неблагоприятные тенденции для сельского хозяйства проявились в формировании экстремальных значений метеорологических параметров в летний период, что повышает вероятность возникновения засух [16].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного исследования можно сформулировать следующие выводы:

1. урожайность напрямую зависит от погодных условий, которые, влияя друг на друга взаимодействуют между собой. Таким образом, они дополняют силу действий и могут либо усиливать негативное влияние на урожайность, либо наоборот создавать благоприятные условия;
2. сельскохозяйственная оценка климата заключается в комплексном тщательном изучении агроклиматических условий данной территории и сопоставлении её агроклиматических ресурсов с требованиями к климату сельскохозяйственных растений и животных;
3. Для выделения зон различного уровня влагообеспеченности с целью определения целесообразности выращивания тех или иных сельхозкультур широко используется гидротермический коэффициент. Условия увлажнения бывают избыточно влажными при  $ГТК > 2$ , засушливыми при  $ГТК < 1$  и сухими при  $ГТК < 0,5$ ;
4. среднее значение ГТК за последнее десятилетие (2007-2016 гг.) изменялось от 0,81 (Белгород) до 1,13 (Богородицкое-Фенино);
5. за исследуемый период наблюдений можно сделать вывод о том, что во всех изучаемых пунктах средняя продолжительность вегетационного периода и периода активной вегетации увеличились;
6. в целом анализ дат перехода через 0, 5 и 10<sup>0</sup>С всех анализируемых периодов приводит к следующим выводам – за последнее десятилетие наметилась тенденция к более раннему наступлению весны и периода активной вегетации, а начало периода вегетации такой тенденции не показало;
7. за последние 45 лет ГТК уменьшился во всех изучаемых районах. К этому привело изменение характера атмосферной циркуляции, вызвавшее увеличение суммы активных температур, и в итоге исчез с



территории Белгородской области первый агроклиматический район, и большая часть области теперь относится ко второму, а на юго-востоке появился третий агроклиматический район – теплый и засушливый, характерный для более южных районов. Эти агроклиматические изменения позволили выращивать на территории области новые более теплолюбивые сельскохозяйственные культуры, например, бахчевые, соевые. Но современные изменения привели к нестабильности условий произрастания сельскохозяйственных культур, из-за увеличения повторяемости опасных явлений, таких как заморозки, град, и особенно неблагоприятные тенденции для сельского хозяйства проявились в формировании экстремальных значений метеорологических параметров в летний период, что повышает вероятность возникновения засух.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрометеорология: краткий курс лекций направление подготовки 20.03.02. Природообустройство и водопользование / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования. Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова. – Саратов, 2016. – 49 с.
2. Агроклиматические ресурсы Белгородской области: сб. науч. тр. / Главное управление гидрометеорологической службы при совете министров СССР. Управление гидрометеорологической службы Центрально – Черноземных областей. Курская гидрометеорологическая обсерватория. – Ленинград.: Из-во Гидрометиздат, 1972. – 91 с.
3. Агроклиматические ресурсы природных зон СССР и их использование. / под ред. Ф.Ф. Давитая, И.А. Гольцберг. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. – 160 с.
4. Алиев Д. А. Фотосинтетическая деятельность, минеральное питание и продуктивность растений. - Баку: Элм, 1974. - 344 с.
5. Алпатъев А.М. Влагообороты в природе и их преобразование. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1969. - 322 с.
6. Атлас. Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области / под ред. Ф. Н. Лисецких, В. А. Пересадько, С. В. Лукин, А. Н. Петин. – Белгород: БелГУ, 2005. – 180 с.
7. Википедия // Ливневой дождь. – 2018 [Электронный ресурс] – URL.: [http://wikiredia.ru/wiki/%D0%9B%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B9\\_%D0%B4%D0%BE%D0%B6%D0%B4%D1%8C#%D0%A3%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%8F%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F](http://wikiredia.ru/wiki/%D0%9B%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%B4%D0%BE%D0%B6%D0%B4%D1%8C#%D0%A3%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%8F%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F) (дата обращения: 1.04.18).
8. Википедия // Град. – 2018 [Электронный ресурс]. – URL.: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%B4> (дата обращения: 1.04.18).

9. География // Методы борьбы с заморозками. – 2007 [Электронный ресурс]. – URL.: <http://biofile.ru/bio/34824.html> (дата обращения: 31.03.18).
10. Гольцберг И.А., Агроклиматическая характеристика заморозков в СССР и методы борьбы с ними. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1961. – 196 с.
11. Гусев А. М. Климат и погода . – М.: Наука, 2004. – 248 с.
12. Дзедзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии. - М.: Наука, 1970. - 175 с.
13. Жирнова Д. Ф. Характер многолетней изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур в Красноярском крае и Хакасии: учеб. пособие. – Красноярск: Федеральное агентство по сельскому хозяйству, Красноярский государственный аграрный университет (КрасГАУ), 2005. – 125 с.
14. Карлин Л. Н., Абрамов В. М. Учебное пособие РГГМУ У Санкт-Петербург 2006 УДК 502.35 Управление энвиронментальными и экологическими рисками. – СПб.: РГГМУ, 2006. – 332 с.
15. Колосков П.И. Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. – 328 с.
16. Лебедева М. Г., Крымская О. В. Проявление современных климатических изменений в Белгородской области // Научные ведомости. – 2008. - № 3. - с. 188 – 196.
17. Лебедева М. Г., Крымская О. В., Чендев Ю. Г. Агроклиматические ресурсы Белгородской области в начале XXI века // Достижения науки и техники АПК : теоретический и научно-практический журнал – 2016. - № 10. – с. 71 – 76.
18. Личикаки В.М. Перезимовка озимых культур. - Москва: Колос, 1974. - 208 с.
19. Лосев А.П., Журина Л.Л. Агрометеорология. – М.: Колос, 2001. – 297 с.
20. Мелиоративные компенсационные мероприятия, снижающие поверхностный сток талых, дождевых и ирригационных вод с земель

- сельскохозяйственного назначения / Балакай Г. Т., Балакай Н. И., Бабичев А. Н. [и др.]. – Новочеркасск: Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (ФГБНУ «РосНИИПМ») УДК 631.6, 2014. – 82 с.
21. Основы сельскохозяйственной метеорологии / сост. Грингоф И. Г., Клещенко А.Д.; под ред. Чичасова Г. Н. Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия. – Обнинск: РОСГИДРОМЕТ, 2011. – 803 с.
  22. Панорама Башкортостана // Аграрии Башкирии получают субсидии по засухе в течение недели. – 1998 [Электронный ресурс] – URL.: <https://panoramarb.ru/stat/2/2680/> (дата обращения: 31.03.18).
  23. Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология. - СПб.: Гидрометеиздат, 1992. - 424 с.
  24. Сапожникова С. А. Принципы сельскохозяйственной бонитировки климатов СССР / Труды Всесоюзного научного метеорологического совещания. Т.8.Л.: Гидрометиздат, 1963. – 175 с.
  25. Селянинов Г.Т. Принципы агроклиматического районирования СССР / Вопросы агроклиматического районирования СССР. – Москва: МСХ СССР, 1958. – С. 7-14.
  26. Синицина, Н.И. Агроклиматология. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1973. - 344 с.
  27. Синицина Н.И., Гольцберг И.А., Струнников Э.А. Агроклиматология. – Ленинград: Гидрометиздат, 1973. – 344 с.
  28. Совэкон // Краткий обзор особенностей распределения засух различной интенсивности по территории России за первую декаду сентября 2013 г. – 1991 [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.ovecon.ru/analytics/market/news\\_7554.html](http://www.ovecon.ru/analytics/market/news_7554.html) (дата обращения: 1.04.18).

29. Студопедия // Опасные метеорологические явления. – 2009 [Электронный ресурс]. – URL: [https://studopedia.ru/11\\_163753\\_zamorozki.html](https://studopedia.ru/11_163753_zamorozki.html) (дата обращения: 31.03.18).
30. Фото // Дождь в поле фото. – 2014 [Электронный ресурс]. – URL.: <http://photoudom.ru/dojdym-v-pole-foto.html> (дата обращения: 1.04.18).
31. Чирков Ю. И. Основы агрометеорологии: учеб. пособие. – Москва: Гидрометеиздат, 1988. – 248 с.
32. Шашко Д. И. Агроклиматические ресурсы СССР / под ред. Ю. И. Чирко. – Ленинград.: Гидрометиздат, 1985. – 249 с.
33. Экологическая климатология и климатические ресурсы / Лебедева М.Г., Крымская О. В. – Ч. 3. Экология региона. – Белгород: БелГУ, 2007. – 240с.
34. Agriacta.com // Весенние заморозки в Украине могут привести к потере части урожая озимых. – 2011 [Электронный ресурс]. – URL.: <http://www.agriacta.com/crop-production/vesenniye-zamorozki-v-ukraine-mogut-privesti-k-potere-chasti-urozhaya-ozimyx-2016-03-26> (дата обращения: 31.03.18).
35. Pandia // Неблагоприятные для сельского хозяйства метеорологические явления. – 2009 [Электронный ресурс]. – URL.: <http://pandia.ru/text/77/153/19375.php> (дата обращения: 31.03.18).

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

Значения разности сумм климатических температур  $P_k$ , для разных предельных температур развития растений

| Культура   | Предельная температура, °С |            | $P_k$ °С |
|--|----------------------------|------------|----------|
|  | всходов                    | созревания |          |
| Пшеница, рожь,<br>овес, ячмень,<br>горох, чечевица,<br>лен | 5                          | 10         | -150     |
| Кукуруза, просо  | 10                         | 10         | 0        |
| Подсолнечник,<br>картофель                                 | 8                          | 10         | -50      |
| Капуста  | 10                         | 5          | -150     |
| Томаты (высадка<br>в грунт), огурцы                        | 12                         | 10         | +100     |
| Лук, морковь   | 5                          | 8          | -200     |
| Свекла   | 8                          | 8          | -150     |
| Хлопчатник   | 13                         | 15         | +500     |

## Приложение 2

Расчёт сумм биологических температур ( $^{\circ}\text{C}$ ) для широты  $55^{\circ}$ 

| Культура и сорт          | Предельная температура, $^{\circ}\text{C}$ |            | Сумма климатических температур, $^{\circ}\text{C}$ | $P_k$ | $P_{ш}$ | Отклонение по кривой обеспеченности | $\sum t_{бк}, > 10^{\circ}\text{C}$ |
|--------------------------|--|------------|--|-------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                          | всходов                                    | созревания |  |       |         |                                     |                                     |
| Яровая пшеница Лютенсенс | 5  | 10         | 1500   | -150  | -50     | 250                                 | 1550                                |
| просо Омское             | 10   | 10         | 1400   | 0     | 50      | 250                                 | 1700                                |
| морковь Нантская         | 5  | 8          | 1450   | -200  | 0       | 250                                 | 1500                                |
| огурцы Муромские         | 12   | 10         | 1300   | 100   | 0       | 250                                 | 1650                                |



## Приложение 3

## Потребность сельскохозяйственных культур в тепле

| Группа скороспелости                       |       | Период вегетации          | Ширина | Сумма температур, °С |                      | Разница на длину дня, |
|--|-------|---------------------------|--------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| сортовая                                   | общая |                           |        | биологически<br>х    | биоклиматическ<br>их |                       |
| Яровая пшеница                             |       |                           |        |                      |                      |                       |
| Наиболее скороспелые – северные скоропелки | Р     | Посев – восковая спелость | 55     | 1300                 | 1350                 | -10                   |
| Скороспелые                                |       |                           |        | 1400                 | 1350                 |                       |
| Среднеспелые                               |       |                           |        | 1500                 | 1550                 |                       |
| Среднепоздние                              | Ср    |                           |        | 1600                 | 1650                 | -15                   |
| Позднеспелые                               |       |                           |        | 1700                 | 1750                 |                       |
| Овес                                       |       |                           |        |                      |                      |                       |
| Скороспелые                                | Р     | Посев – восковая спелость | 55     | 1300                 | 1350                 | -15                   |
| Среднеспелые                               |       |                           |        | 1400                 | 1450                 |                       |
| Позднеспелые                               |       |                           |        | 1500                 | 1550                 |                       |
| Ячмень                                     |       |                           |        |                      |                      |                       |
| Скороспелые                                | Р     | Посев – восковая спелость | 55     | 1200                 | 1250                 | -10                   |
| Среднеспелые                               |       |                           |        | 1300                 | 1350                 |                       |
| Позднеспелые                               |       |                           |        | 1400                 | 1450                 |                       |
| Просо                                      |       |                           |        |                      |                      |                       |
| Наиболее скороспелые                       | Ср    | Посев – восковая спелость | 55     | 1000                 | 1600                 | 15                    |
| Скороспелые                                |       |                           |        | 1400                 | 1700                 |                       |
| Среднеспелые                               |       |                           |        | 1500                 | 1800                 |                       |
| Среднепозднеспелые                         |       |                           |        | 1600                 | 1900                 |                       |
| Позднеспелые                               |       |                           |        | 1700                 | 2000                 |                       |

продолжение таблицы

| Озимая рожь             |    |  |      |      |      |   |
|-------------------------|----|--|------|------|------|---|
|                         | Р  | Посев –<br>восковая<br>спелость              | 55   | 1350 | 1400 | 0 |
| Озимая пшеница          |    |  |      |      |      |   |
|                         | Р  | Посев –<br>восковая<br>спелость              | 50   | 1450 | 1500 | 0 |
| Лён масличный           |    |  |      |      |      |   |
| Скороспелые             | Р  | Посев –<br>восковая<br>спелость              | 50   | 1400 | 1600 | - |
| Среднеспелые            | Ср |  |      | 1500 | 1700 |   |
| Подсолнечник            |    |  |      |      |      |   |
| Наиболее<br>скороспелые | Ср | Посев –<br>цветение<br>Посев -<br>созревание | 50   | 950  | 1150 | - |
| Скороспелые             |    |  |      | 1600 | 1900 |   |
| Среднеспелые            | С  |  |      | 1150 | 1350 |   |
|                         |    |  |      | 1850 | 2050 |   |
| Среднепоздние           | С  |  |      | 1250 | 1450 |   |
|                         |    |  |      | 2000 | 2200 |   |
| Позднеспелые            | С  | 1350   | 1550 |      |      |   |
|                         |    | 2150   | 2350 |      |      |   |
|                         |    | 1500   | 1750 |      |      |   |
|                         |    | 2300   | 2500 |      |      |   |
| Кукуруза                |    |  |      |      |      |   |
| Наиболее<br>скороспелые |    | Посев –<br>выметывание                       |      | 1100 | 1350 |   |
|                         |    | Посев –<br>молочная<br>спелость              |      | 1700 | 1950 |   |
| Скороспелые             |    |  |      | 2100 | 2350 |   |
|                         |    |  |      | 1200 | 1450 |   |
|                         |    |  |      | 1800 | 2050 |   |

продолжение таблицы

|               |      |                        |    |      |                                 |   |    |      |      |   |
|---------------|------|------------------------|----|------|---------------------------------|---|----|------|------|---|
| Среднеранние  | С    | Посев –<br>созревание  | 55 | 2200 | 2450                            | - |    |      |      |   |
|               |      |                        |    | 1300 | 1550                            |   |    |      |      |   |
| 2000          |      |                        |    | 2250 |                                 |   |    |      |      |   |
| 2400          |      |                        |    | 2650 |                                 |   |    |      |      |   |
| 1400          |      |                        |    | 1650 |                                 |   |    |      |      |   |
| 2100          |      |                        |    | 2350 |                                 |   |    |      |      |   |
| Средние       | Сп   | Посев –<br>выметывание | 55 | 2500 | 2750                            | - |    |      |      |   |
| Среднепоздние |      |                        |    | 1500 | 1750                            |   |    |      |      |   |
|               |      |                        |    | 2200 | 2450                            |   |    |      |      |   |
|               |      |                        |    | 2700 | 2950                            |   |    |      |      |   |
| Поздние       |      |                        |    | Сп   | Посев –<br>молочная<br>спелость |   | 55 | 1600 | 1850 | - |
|               |      |                        |    |      |                                 |   |    | 2300 | 2550 |   |
|               | 2900 | 3150                   |    |      |                                 |   |    |      |      |   |
|               |      | Посев -<br>созревание  |    |      |                                 |   |    |      |      |   |

## Потребность сельскохозяйственных культур в тепле

| Культура          | Группа<br>скороспелости | Период<br>вегетации | Широта | Сумма температур, °С |                  |
|-------------------|-------------------------|---------------------|--------|----------------------|------------------|
|                   |                         |                     |        | биологических        | биоклиматических |
| Рис               | С - П                   | Посев - созревание  | 45     | 2000 – 3200          | 2600 - 3800      |
| Сорго             | Сп                      |                     | 55     | 2200 – 2800          | 2800 - 3400      |
| Гречиха           | Р – Ср                  |                     |        | 1200 – 1400          | 1480 - 1600      |
| Горох             | Р <sub>0</sub> - Ср     |                     |        | 1050 – 1550          | 1150 - 1650      |
| Фасоль            | Ср - С                  |                     |        | 1500 - 1900          | 2050 - 2450      |
| Соя               | Ср - Сп                 |                     |        | 1800 - 3000          | 2050 - 3250      |
| Кормовые<br>бобы  | Р - Сп                  |                     | 50     | 1400 - 1800          | 1500 - 1800      |
| Чечевица          | Р – Ср                  |                     | 55     | 1400 - 1500          | 1500 - 1600      |
| Чина              | Ср                      |                     |        | 1600 - 1700          | 1700 - 1800      |
| Нут               |                         |                     |        | 1400 - 1600          | 1550 - 1760      |
| Лён на<br>волокно | Р <sub>0</sub> - Р      |                     | 60     | 950 - 1300           | 1150 - 1500      |

*продолжение таблицы*

|                       |                    |  |    |             |             |
|-----------------------|--------------------|--|----|-------------|-------------|
| Конопля на<br>волокно | П - Ср             |  | 55 | 1300 - 1800 | 1500 - 2000 |
| Хлопчатник            | П - П <sub>0</sub> |  | 40 | 2800 - 4000 | 3650 - 4750 |
| Сахарная<br>свекла    | С                  |  | 50 | 2000 - 2300 | 2100 - 2400 |
| Картофель             | Р - Ср             |  |    | 1200 - 1800 | 1400 - 2000 |

## Оценка теплового состояния периода вегетации

| Тип периода вегетации | Температура наиболее теплого месяца, °С | Подтип периода вегетации                                   | Температура наиболее теплого месяца, °С |
|-----------------------|---|--|---|
| Холодный              | < 10,0                                  | Очень холодный, Х <sup>1</sup><br>Холодный, Х <sup>2</sup> | < 7,5<br>7,5 – 10,0                     |
| Прохладный            | 10,0 – 17,5                             | Очень прохладный, П <sup>1</sup>                           | 10,0 – 12,5                             |
|                       |   | Прохладный, П <sup>2</sup>                                 | 12,5 – 15,0                             |
|                       |   | Умеренно прохладный, П <sup>3</sup>                        | 15,0 – 17,5                             |
| Теплый                | 17,5 – 25,0                             | Умеренно теплый, Т <sup>1</sup>                            | 17,5 – 20,0                             |
|                       |   | Теплый, Т <sup>2</sup>                                     | 20,0 – 22,5                             |
|                       |   | Очень теплый, Т <sup>3</sup>                               | 22,5 – 25,0                             |
| Жаркий                | 25,0 – 32,5                             | Умеренно жаркий, Ж <sup>1</sup>                            | 25,0 – 27,5                             |
|                       |   | Жаркий, Ж <sup>2</sup>                                     | 27,5 – 30,0                             |
|                       |   | Очень жаркий, Ж <sup>3</sup>                               | 30,0 – 32,5                             |
| Знойный               | > 32,5                                  | Знойный, З <sup>1</sup>                                    | 32,5 – 35,0                             |
|                       |   | Очень знойный, З <sup>2</sup>                              | > 35,0                                  |

## Приложение 5

## Шкала классификации климата по теплообеспеченности растений

| Подтип                            | Температурные пояса   | Температура наиболее теплого месяца, °С | Экологические типы возделываемых культур                    |
|-----------------------------------|---|---|---|
| Очень холодный, < 400 °С          | Холодный пояс 1200 °С (1000 °С)   |   | Овощные культуры под стеклом                                |
|                                   | Культур закрытого грунта, X <sub>0</sub> <sup>1</sup>   | 0 – 400                                 | Овощные культуры под стеклом                                |
|                                   | Культур закрытого, полузакрытого грунта и скороспелой овощной зелени в грунте, X <sub>0</sub> <sup>2</sup>  | (8,5 – 11,0)                            | и скороспелая овощная зелень в грунте                       |
| Холодный, 400 – 1200 °С (1000 °С) | Ранних овощных культур с коротким вегетационным периодом и пониженными требованиями к теплу, X <sup>1</sup> | 400 – 800                               | Редис, салат, шпинат, лук на перо, картофель                |
|                                   | То же, но с большими возможностями их возделывания, X <sup>2</sup>  | (10,5 – 13,5)                           | яровизированный с неполным созревaniem                      |
|                                   |   | 800 – 1200                              | Те же культуры, но с большими возможностями их возделывания |
|                                   |   | (800 – 1000)                            | и факультативно в более тёплых местах - ранние зерновые     |
|                                   |   | (13,0 – 16,0)                           |   |

продолжение таблицы

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| Умеренно холодный 1200 (1000) – 2200 °С (2000 °С) | Умеренные пояс 1200 (1000) – 4000 °С                 |   |  |
|   | Ранних культур умеренного пояса, $У_{x^1}$           | 1200 – 1600<br>(1000 – 1400)<br>(15,0 – 18,5) | Серые хлеба, озимая пшеница и зернобобовые ранних сортов   |
| Умеренный, 2000 (2000) – 4000 °С                  | Среднеранних культур умеренного пояса, $У_{x^2}$     | 1600 – 2200<br>(1400 – 2000)                  | Средние и поздние сорта пшеницы, зернобобовых, сахарная свекла на корм и на сахар (в южной части полосы), картофель, лён |
|   | Культур средней спелости умеренного пояса, $У_{x^1}$ | 2200 – 2800<br>(2000 – 2600)<br>(18,5 – 22,5) | Кукуруза на зерно, подсолнечник на семена, соя, рис, бахчевые  |
|   | Среднесуточных культур умеренного пояса, $У^2$       | 2800 – 3400<br>(20,5 – 25,0)                  | То же, более поздние сорта   |
|   | Поздних культур умеренного пояса, $У^2$              |   |  |
|   | Тёплый пояс, 4000 – 8000 °С                          | 3400 – 4000<br>(23,0 – 27,0)                  | Поздние сорта кукурузы, риса   |

продолжение таблицы

|                         |  |                              |  |
|-------------------------|--|------------------------------|--|
| Умеренно тёплый 4000 °С | Однолетних теплолюбивых культур с длинным вегетационным периодом (северная полоса), T <sub>y1</sub>      | 4000 – 5200<br>(25,0 – 30,0) | Хлопчатник (средние сорта), для урожая за год культур умеренного пояса |
| Тёплый > 4000 °С        | То же, но с более поздним созреванием (центральная полоса), T <sub>y2</sub>                              | 5200<br>(30)                 | Хлопчатник (поздние сорта), два – три урожая за год                    |
|                         | Субтропических культур и культур умеренного пояса в холодное полугодие (северная полоса), T <sup>3</sup> | 4000 – 5200<br>(25,0 – 30,0) | Субтропические культуры и повторные посевы однолетних культур<br>»     |
|                         | То же, но с большими возможностями повторных посевов (центральная полоса), T <sup>2</sup>                | 5200 – 6400                  |  |



*продолжение таблицы*

|  |  |                                     |                             |
|--|--|-------------------------------------|-----------------------------|
|  | <p>То же, но с ещё большими возможностями повторных посевов (южная полоса), Т<sup>3</sup></p> <p>Жаркий пояс, &gt; 8000 °С</p> <p>Тропических культур, Ж</p> | <p>6600 – 8000</p> <p>&gt; 8000</p> | <p>Тропические культуры</p> |
|--|--|-------------------------------------|-----------------------------|

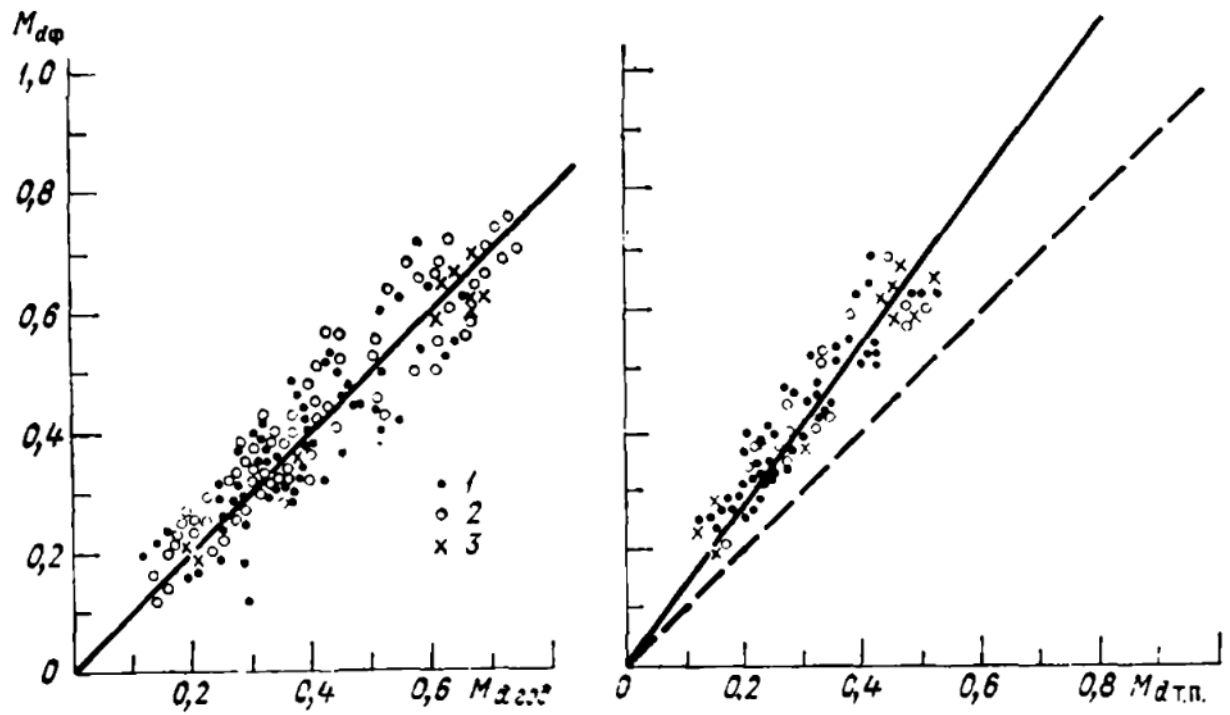
## Шкала продолжительности основного периода вегетации

| Период вегетации   | Продолжительность, дни |
|--|------------------------|
| Очень короткий   | < 90                   |
| Короткий   | 90 - 120               |
| Средней продолжительности  | 121 - 150              |
| Длинный  | 151 – 180              |
| Очень длинный  | > 180                  |
| С непрерывной вегетацией<br>(температура наиболее холодного<br>месяца выше 0 °С) | ~365                   |

## Приложение 7

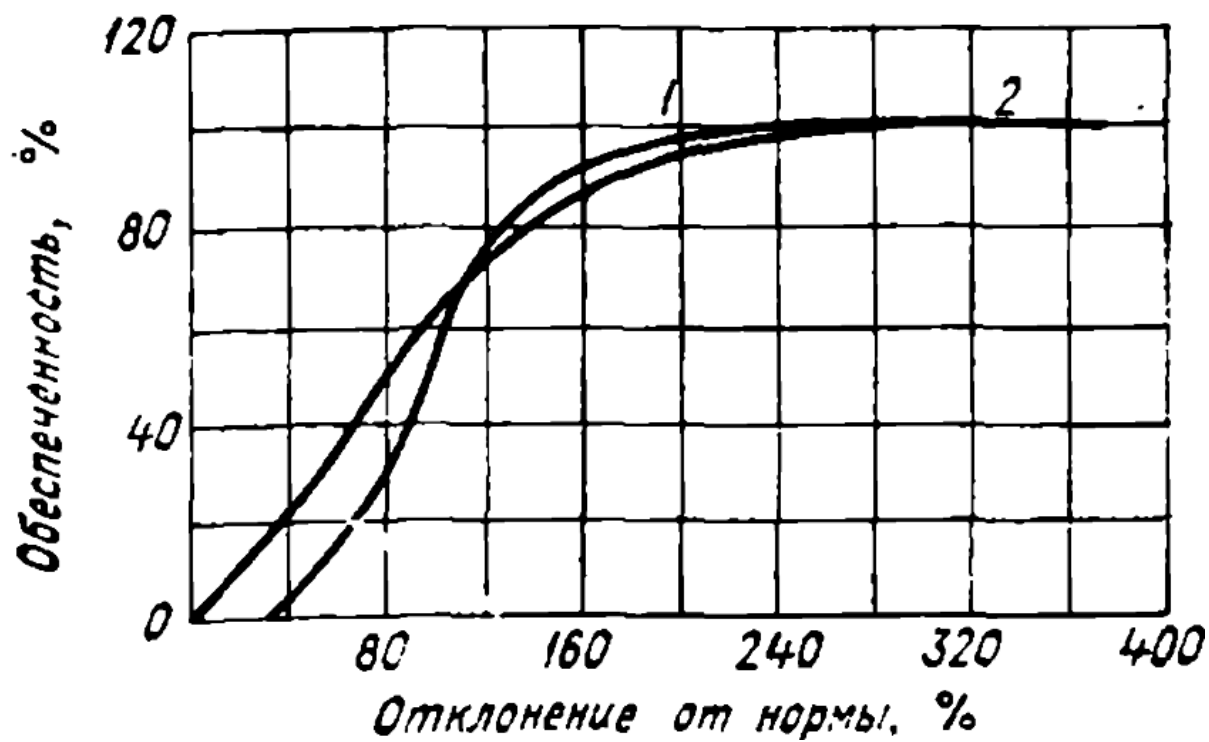
Соотношение показателей увлажнения, вычисленных по фактическому испарению  $M_{дф}$  и по осадкам теплого периода  $M_{дт.п.}$

1 – яровые, 2 – озимые культуры, 3 – травы.



Кривые обеспеченности показателя увлажнения  $M_d$  (в процентах от средней многолетней).

1 – за год, 2 – за тёплый период.



Вероятность (%) различно увлажнённых лет для разных годовых коэффициентов увлажнения  $P/f$  и  $P/\Sigma d$

| $P, f$ | $P, \Sigma d$ | Зона увлажнения                        | Год                    |             |                |             |             |                   |
|--------|---------------|--|------------------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------------|
|        |               |  | Сухой                  | засушливый  | Полузасушливый | Полувлажный | влажный     | Избыточно влажный |
|        |               |  | Коэффициент увлажнения |             |                |             |             |                   |
|        |               |  | 0,15                   | 0,15 – 0,25 | 0,25 – 0,35    | 0,35 – 0,45 | 0,45 – 0,60 | > 0,60            |
| 0,12   | 0,05          | Сухая                                  | 100                    | 0           | 0              | 0           | 0           | 0                 |
| 0,22   | 0,10          |  | 92                     | 8           |                |             |             |                   |
| 0,33   | 0,15          | Засушливая                             | 57                     | 40          | 3              | 2           | 0           | 0                 |
| 0,44   | 0,20          |  | 25                     | 54          | 19             |             |             |                   |
| 0,55   | 0,25          | Умеренно засушливая или полузасушливая | 12                     | 45          | 30             | 11          | 2           | 1                 |
| 0,66   | 0,30          |  | 7                      | 26          | 40             | 19          | 7           |                   |
| 0,77   | 0,35          |  | 3                      | 20          | 34             | 25          | 16          |                   |
| 0,88   | 0,40          | Умеренно влажная или полувлажная       | 2                      | 11          | 25             | 30          | 24          | 8                 |
| 1,00   | 0,45          |  | 1                      | 8           | 19             | 29          | 28          | 15                |
| 1,10   | 0,50          | Влажная                                | 0                      | 6           | 14             | 23          | 32          | 25                |
| 1,21   | 0,55          |  |                        | 4           | 10             | 18          | 34          | 34                |
| 1,33   | 0,60          |  |                        | 3           | 8              | 14          | 32          | 43                |
| 1,43   | 0,65          |  |                        | 2           | 6              | 12          | 27          | 53                |
| 1,54   | 0,70          |  |                        | 1           | 5              | 10          | 20          | 64                |
| 1,65   | 0,75          |  |                        | 0           | 4              | 9           | 17          | 70                |
| 1,76   | 0,80          |  |                        |             | 3              | 8           | 14          | 75                |
| 1,87   | 0,85          |  |                        |             | 2              | 7           | 12          | 80                |
| 1,98   | 0,90          |  |                        |             | 1              | 6           | 11          | 82                |
| 2,10   | 0,95          |  |                        |             | 0              | 5           | 10          | 85                |
| 2,20   | 1,00          |  |                        | 4           | 9              | 87          |             |                   |

## Приложение 9

## Агроклиматические области и подобласти увлажнения

| Область и подобласти        | Количество осадков в тёплый период больше, чем в холодный | Тип динамики увлажнения |
|-----------------------------|---|-------------------------|
| Холодный пояс               |   |                         |
| Тундровая                   | 1 – 2 раза  | 1                       |
| Таёжнолесная                |   |                         |
| Северотаёжная               | 3 - 4   | 5                       |
| Умеренный пояс              |   |                         |
| Лиственная и лесостепная    | 1 - 2   | 1                       |
| Лесостепная и степная       |   | 6                       |
| Пустынностепная и пустынная | 0,5 - 1   | 11                      |
| Тёплый пояс                 |   |                         |
| Умеренно тёплый подпояс     |   |                         |
| Пустынная                   | 0,5 - 1   | 12                      |
| Тёплый подпояс              |   |                         |
| Пустынная                   | 0,5 - 1   |                         |

**Суммы активных температур выше 10  
градусов**

| год      | Б.Фенино | Ст.Оскол | Готня | Н.Оскол | Валуйки | Белгород |      |
|----------|----------|----------|-------|---------|---------|----------|------|
| 2006     | 2663     | 2793     | 2694  | 2838    | 2911    | 2777     | 2779 |
| 2007     | 2754     | 2889     | 2832  | 2929    | 3059    | 2912     | 2896 |
| 2008     | 2703     | 2849     | 2790  | 3001    | 3064    | 2946     | 2892 |
| 2009     | 2694     | 2771     | 2698  | 2855    | 2883    | 2806     | 2785 |
| 2010     | 3066     | 3263     | 3200  | 3298    | 3371    | 3332     | 3255 |
| 2011     | 2971     | 3014     | 2989  | 3069    | 3132    | 3091     | 3044 |
| 2012     | 3157     | 3345     | 3254  | 3401    | 3566    | 3492     | 3369 |
| 2013     | 2810     | 2904     | 2844  | 2964    | 3067    | 2999     | 2931 |
| 2014     | 2905     | 3056     | 2937  | 3044    | 3133    | 3044     | 3020 |
| 2015     | 2919     | 3106     | 2943  | 3091    | 3163    | 3107     | 3055 |
| 2016     | 2890     | 2947     | 2914  | 3055    | 3166    | 3014     | 2998 |
| ср.знач. | 2867     | 2994     | 2918  | 3050    | 3138    | 3047     |      |

**Осадки за период активной вегетации**

| год       | количество осадков, мм |     |     |     |     |     |
|-----------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|           | 2006                   | 307 | 272 | 361 | 302 | 256 |
| 2007      | 389                    | 356 | 336 | 406 | 391 | 322 |
| 2008      | 319                    | 279 | 269 | 323 | 329 | 263 |
| 2009      | 193                    | 170 | 215 | 183 | 196 | 147 |
| 2010      | 327                    | 180 | 235 | 304 | 288 | 206 |
| 2011      | 350                    | 282 | 262 | 336 | 276 | 239 |
| 2012      | 423                    | 415 | 351 | 496 | 423 | 300 |
| 2013      | 361                    | 263 | 204 | 492 | 282 | 185 |
| 2014      | 248                    | 199 | 308 | 220 | 220 | 279 |
| 2015      | 232                    | 199 | 234 | 180 | 180 | 184 |
| 2016      | 408                    | 423 | 435 | 418 | 358 | 372 |
| ср. знач. | 323                    | 276 | 292 | 333 | 291 | 258 |

## Даты устойчивого перехода среднесуточных температур

| Б.Фенино  | через 5 <sup>0</sup> |        |     | через 10 <sup>0</sup> |        |     | через 0 <sup>0</sup> |           |     |
|-----------|----------------------|--------|-----|-----------------------|--------|-----|----------------------|-----------|-----|
| 2006      | 07.апр               | 31.окт | 207 | 03.май                | 11.окт | 161 | 28.мар               | 26.январь | 303 |
| 2007      | 20.мар               | 27.окт | 221 | 08.май                | 08.окт | 153 | 02.мар               | 05.ноя    | 248 |
| 2008      | 24.мар               | 04.ноя | 225 | 02.апр                | 18.окт | 199 | 22.фев               | 10.дек    | 292 |
| 2009      | 30.мар               | 26.окт | 210 | 26.апр                | 30.сен | 157 | 09.мар               | 06.дек    | 272 |
| 2010      | 31.мар               | 25.ноя | 239 | 28.апр                | 30.сен | 155 | 20.мар               | 27.ноя    | 252 |
| 2011      | 17.апр               | 14.окт | 180 | 23.апр                | 13.окт | 173 | 29.мар               | 06.ноя    | 222 |
| 2012      | 05.апр               | 07.ноя | 216 | 14.апр                | 09.окт | 178 | 18.мар               | 05.дек    | 262 |
| 2013      | 01.апр               | 14.ноя | 227 | 15.апр                | 23.сен | 161 | 31.мар               | 27.ноя    | 241 |
| 2014      | 15.апр               | 18.окт | 186 | 16.апр                | 01.окт | 168 | 02.мар               | 17.ноя    | 260 |
| 2015      | 10.апр               | 07.окт | 180 | 24.апр                | 07.окт | 166 | 27.фев               | 26.ноя    | 273 |
| 2016      | 31.мар               | 12.окт | 195 | 07.апр                | 10.окт | 186 | 23.фев               | 12.ноя    | 263 |
| ср. знач. |                      |        | 208 |                       |        | 169 |                      |           | 263 |

| Готня    | через 5 <sup>0</sup> |        |     | через 10 <sup>0</sup> |        |     | через 0 <sup>0</sup> |           |     |
|----------|----------------------|--------|-----|-----------------------|--------|-----|----------------------|-----------|-----|
| 2006     | 06.апр               | 31.окт | 208 | 02.май                | 11.окт | 162 | 26.мар               | 26.январь | 301 |
| 2007     | 20.мар               | 03.ноя | 228 | 07.май                | 08.окт | 154 | 02.мар               | 05.ноя    | 248 |
| 2008     | 23.мар               | 04.ноя | 226 | 03.апр                | 18.окт | 198 | 22.фев               | 10.дек    | 292 |
| 2009     | 30.мар               | 26.окт | 210 | 26.апр                | 30.сен | 157 | 08.мар               | 07.дек    | 274 |
| 2010     | 31.мар               | 25.ноя | 239 | 19.апр                | 30.сен | 164 | 20.мар               | 28.ноя    | 253 |
| 2011     | 17.апр               | 14.окт | 180 | 23.апр                | 13.окт | 173 | 21.мар               | 06.ноя    | 230 |
| 2012     | 05.апр               | 10.ноя | 219 | 14.апр                | 09.окт | 178 | 18.мар               | 05.дек    | 262 |
| 2013     | 11.апр               | 14.ноя | 217 | 15.апр                | 23.сен | 161 | 31.мар               | 27.ноя    | 241 |
| 2014     | 15.апр               | 23.окт | 191 | 15.апр                | 01.окт | 169 | 09.фев               | 17.ноя    | 282 |
| 2015     | 10.апр               | 07.окт | 180 | 24.апр                | 07.окт | 166 | 23.фев               | 26.ноя    | 277 |
| 2016     | 31.мар               | 13.окт | 196 | 07.апр                | 10.окт | 186 | 23.фев               | 12.ноя    | 263 |
| ср.знач. |                      |        | 209 |                       |        | 170 |                      |           | 266 |

| Н.Оскол   | через 5 <sup>0</sup> |        |     | через 10 <sup>0</sup> |        |     | через 0 <sup>0</sup> |           |     |
|-----------|----------------------|--------|-----|-----------------------|--------|-----|----------------------|-----------|-----|
| 2006      | 06.апр               | 31.окт | 208 | 03.май                | 09.окт | 159 | 27.мар               | 26.январь | 304 |
| 2007      | 20.мар               | 03.ноя | 228 | 08.май                | 09.окт | 154 | 02.мар               | 06.ноя    | 249 |
| 2008      | 23.мар               | 04.ноя | 226 | 02.апр                | 19.окт | 200 | 22.фев               | 10.дек    | 292 |
| 2009      | 30.мар               | 26.окт | 210 | 26.апр                | 01.окт | 158 | 08.мар               | 07.дек    | 274 |
| 2010      | 30.мар               | 25.ноя | 240 | 16.апр                | 30.сен | 167 | 20.мар               | 28.ноя    | 253 |
| 2011      | 04.апр               | 14.окт | 193 | 23.апр                | 12.окт | 172 | 21.мар               | 06.ноя    | 230 |
| 2012      | 05.апр               | 10.ноя | 219 | 13.апр                | 21.окт | 191 | 18.мар               | 05.дек    | 262 |
| 2013      | 01.апр               | 14.ноя | 227 | 14.апр                | 24.сен | 163 | 31.мар               | 03.дек    | 247 |
| 2014      | 07.апр               | 23.окт | 199 | 15.апр                | 01.окт | 169 | 10.фев               | 17.ноя    | 281 |
| 2015      | 10.апр               | 07.окт | 180 | 24.апр                | 07.окт | 166 | 24.фев               | 27.ноя    | 180 |
| 2016      | 31.мар               | 13.окт | 196 | 07.апр                | 10.окт | 186 | 10.фев               | 14.ноя    | 278 |
| ср. знач. |                      |        | 211 |                       |        | 171 |                      |           | 259 |



| Валуйки   | через 5 <sup>0</sup> |        |     | через 10 <sup>0</sup> |        |     | через 0 <sup>0</sup> |        |     |
|-----------|----------------------|--------|-----|-----------------------|--------|-----|----------------------|--------|-----|
| 2006      | 05.апр               | 01.ноя | 210 | 03.май                | 11.окт | 161 | 27.мар               | 26.янв | 304 |
| 2007      | 20.мар               | 03.ноя | 228 | 05.май                | 09.окт | 157 | 02.мар               | 06.ноя | 249 |
| 2008      | 23.мар               | 04.ноя | 226 | 02.апр                | 19.окт | 200 | 22.фев               | 10.дек | 292 |
| 2009      | 30.мар               | 26.окт | 210 | 26.апр                | 01.окт | 158 | 08.мар               | 07.дек | 274 |
| 2010      | 30.мар               | 25.ноя | 240 | 16.апр                | 01.окт | 168 | 20.мар               | 01.дек | 256 |
| 2011      | 03.апр               | 16.окт | 196 | 23.апр                | 12.окт | 172 | 21.мар               | 06.ноя | 230 |
| 2012      | 03.апр               | 11.ноя | 222 | 07.апр                | 21.окт | 197 | 18.мар               | 05.дек | 262 |
| 2013      | 01.апр               | 15.ноя | 228 | 14.апр                | 24.сен | 163 | 30.мар               | 03.дек | 248 |
| 2014      | 07.апр               | 23.окт | 199 | 15.апр                | 01.окт | 169 | 10.фев               | 17.ноя | 281 |
| 2015      | 10.апр               | 08.окт | 181 | 24.апр                | 07.окт | 166 | 24.фев               | 27.ноя | 181 |
| 2016      | 29.мар               | 13.окт | 198 | 07.апр                | 10.окт | 186 | 29.янв               | 15.ноя | 291 |
| ср. знач. |                      |        | 213 |                       |        | 172 |                      |        | 261 |

| Белгород  | через 5 <sup>0</sup> |        |     | через 10 <sup>0</sup> |        |     | через 0 <sup>0</sup> |        |     |
|-----------|----------------------|--------|-----|-----------------------|--------|-----|----------------------|--------|-----|
| 2006      | 06.апр               | 31.окт | 208 | 02.май                | 11.окт | 162 | 27.мар               | 26.янв | 304 |
| 2007      | 20.мар               | 03.ноя | 228 | 07.май                | 09.окт | 155 | 02.мар               | 05.ноя | 248 |
| 2008      | 23.мар               | 04.ноя | 226 | 02.апр                | 18.окт | 199 | 22.фев               | 10.дек | 292 |
| 2009      | 30.мар               | 26.окт | 210 | 26.апр                | 30.сен | 157 | 08.мар               | 07.дек | 274 |
| 2010      | 30.мар               | 25.ноя | 240 | 15.апр                | 30.сен | 168 | 20.мар               | 28.ноя | 253 |
| 2011      | 17.апр               | 14.окт | 180 | 23.апр                | 13.окт | 173 | 20.мар               | 06.ноя | 231 |
| 2012      | 05.апр               | 10.ноя | 219 | 13.апр                | 23.окт | 193 | 18.мар               | 05.дек | 262 |
| 2013      | 01.апр               | 14.ноя | 227 | 14.апр                | 23.сен | 162 | 31.мар               | 03.дек | 247 |
| 2014      | 14.апр               | 23.окт | 192 | 15.апр                | 01.окт | 169 | 10.фев               | 17.ноя | 281 |
| 2015      | 10.апр               | 07.окт | 180 | 24.апр                | 07.окт | 166 | 24.фев               | 26.ноя | 180 |
| 2016      | 31.мар               | 13.окт | 196 | 07.апр                | 10.окт | 186 | 23.фев               | 13.ноя | 264 |
| ср. знач. |                      |        | 210 |                       |        | 172 |                      |        | 258 |