



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

Кафедра метеорологии, климатологии и охраны атмосферы
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

На тему «Оценка современной динамики агрометеорологических ресурсов
и урожайности сельскохозяйственных культур»

Исполнитель Ковалева Елена Николаевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Абанников Виктор Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Сероухова Ольга Станиславовна
(фамилия, имя, отчество)

«12 февраля» 2021 г.

Санкт-Петербург
2021

Содержание

Введение	3
1 Оценка динамики урожайности сельскохозяйственных культур и анализ факторов, влияющих на их урожайность	5
1.1 Урожайность сельскохозяйственных культур в центральной части Европейской территории России (ЦЕТР)	5
1.2 Физико-географические и почвенные условия в исследуемых областях	13
1.3 Климатические особенности исследуемых областей	23
2 Климатический режим метеорологических характеристик, влияющих на продуктивность сельскохозяйственных культур	28
2.1 Приходящая солнечная радиация	28
2.2 Температурный режим (температура воздуха и почвы)	35
2.3 Условия увлажнения в центральной части Европейской территории России	44
3 Анализ агрометеорологических характеристик и оценка их влияния на урожайность зерновых культур	50
3.1 Фотосинтетическая активная радиация	50
3.2 Характеристика активных температур	53
3.3 Анализ условий увлажнения сельскохозяйственных полей в Центральной части Европейской территории России	65
Заключение	76
Список литературы	78
Приложения	80

Введение

Сельское хозяйство взаимодействует со сложной системой природных условий, где погода и климат являются самыми активными и динамичными. Формирование урожая, а также качества продукции зависит от складывающихся агрометеорологических (погодных) условий. Результатом неустойчивости погоды вегетационных периодов, смены влажных лет засушливыми, суровых зим – теплыми, проявления опасных и неблагоприятных условий являются большие колебания валовых сборов сельскохозяйственной продукции.

Даже несмотря на достижения в области агрономии, совершенствования техники возделывания культур, сельское хозяйство относится к числу наиболее зависимых отраслей хозяйственного сектора экономики от погодных условий. Доказательством такой зависимости служат значительные колебания величины и качества урожая, которые меняются от года к году.

Выбранная тема является актуальной, потому что одной из основных проблем агрометеорологии является обеспечение устойчивого развития сельского хозяйства, в условиях постоянно изменяющегося климата, а также получения максимально возможного урожая в конкретных географических районах. Главными отраслями сельского хозяйства являются растениеводство и животноводство. Именно растениеводство обеспечивает большую часть продукции, потребляемой населением страны.

Целью данной работы является оценка влияния агрометеорологических параметров на урожайность сельскохозяйственных культур в Центральной части Европейской территории России.

Для достижения поставленной цели необходимо решить такие задачи как:

1. Выявить основные особенности выбранных областей и дать физико-географическую характеристику;
2. Проанализировать климатические особенности областей;

3. Определить урожайность сельскохозяйственных культур в центральной части Европейской территории России;

4. Провести анализ влияния активных температур, условий увлажнения сельскохозяйственных полей на урожайность в выбранных областях.

5. Определить дополнительные агрометеорологические характеристики, оказывающие влияние на урожайность сельскохозяйственных культур на территориях выбранных областей.

В качестве объектов исследования были выбраны Воронежская, Курская, Липецкая, Тульская и Орловская области за период 2010-2018 гг. Данные для исследования были взяты за 2010-2018 года с официального сайта «Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», с научного прикладного справочника по климату СССР, и со справочника «Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации 2019».

В заключении приведены основные выводы, полученные в ходе проведенного исследования.

1 Оценка динамики урожайности сельскохозяйственных культур и анализ факторов, влияющих на их урожайность

1.1 Урожайность сельскохозяйственных культур в центральной части Европейской территории России (ЦЕТР)

Воронежская, Курская, Липецкая, Орловская и Тульская области расположены в центральной части Европейской территории России. Данное расположение обеспечивает исследуемым областям место в Центральном федеральном округе. Центральный федеральный округ является одним из ведущих сельскохозяйственных округов страны. (рис. 1)

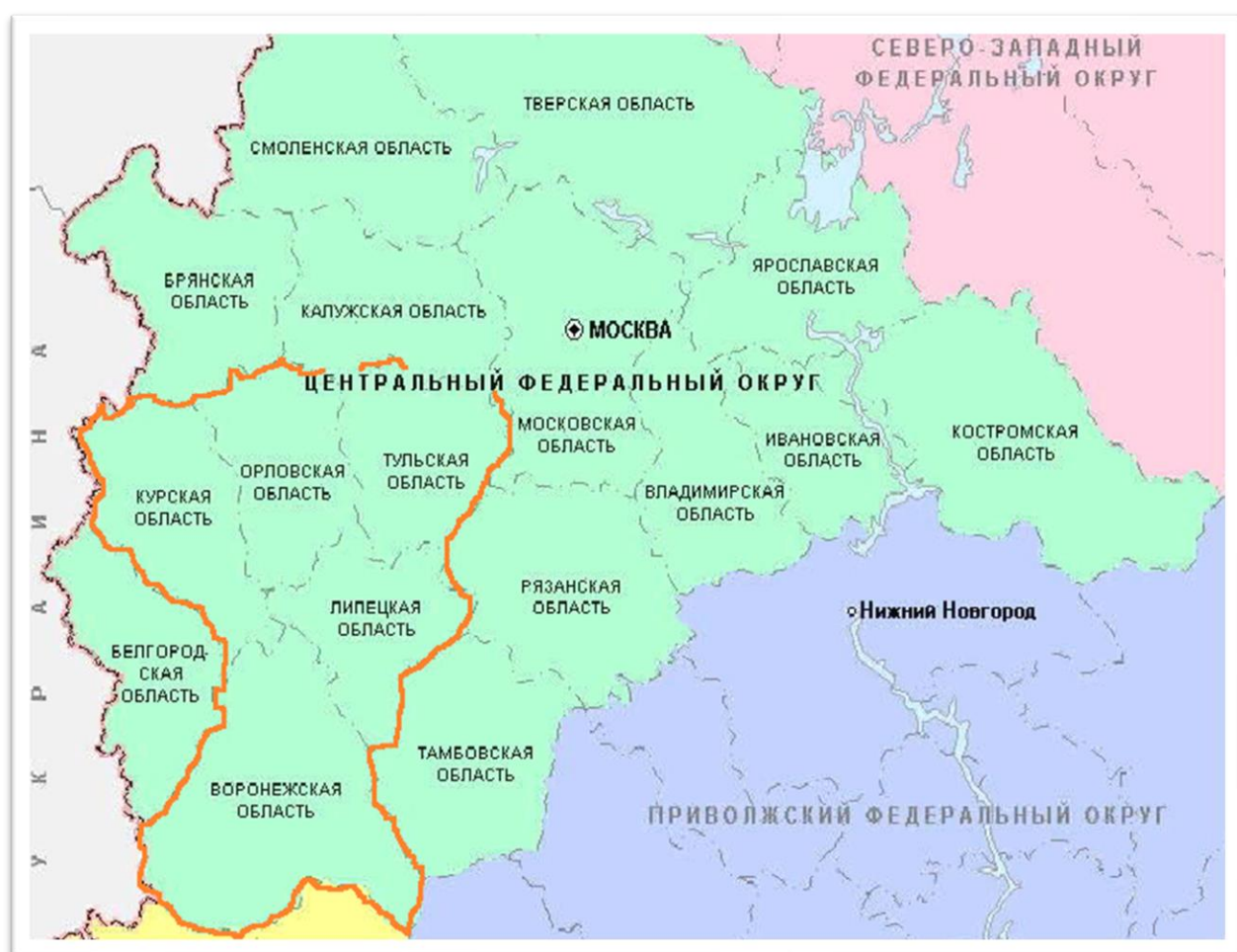


Рис. 1 – Карта Центрального федерального округа России

(http://openbudget.karelia.ru/budnord/russian/fo_center.htm)

Высокоинтенсивному развитию сельского хозяйства поспособствовали благоприятные природно-климатические условия. Крупные рынки сбыта, высокоурожайные черноземы, хорошее транспортное сообщение – это все является главными преимуществами Центрального федерального округа.

Рассматриваемые области Центрального федерального округа отличаются между собой по уровню и темпам развития сельского хозяйства. По доле вклада агропромышленного комплекса в валовый региональный продукт абсолютными лидерами являются Орловская и Курская области. При этом именно Воронежская область показывает самый высокий среднегодовой темп роста – 20%.

Таблица 1 - Развитие сельского хозяйства по рассматриваемым регионам

Регион	Доля АПК в ВРП	Среднегодовой темп роста вклада АПК в ВРП
Воронежская область	15%	20%
Курская область	19%	14%
Липецкая область	13%	16%
Орловская область	20%	15%
Тульская область	7%	12%

Для Орловской области сельское хозяйство является одним из ключевых отраслей экономики. Вклад данной области в ВРП составляет 20% - это наибольшее значение среди представленных регионов ЦФО. Орловская область входит в тройку лидеров по темпам роста АПК – за последние 8 лет среднегодовой темп роста вклада агропромышленного комплекса в валовый региональный продукт составил 15%. Кроме Орловской области, важно выделить Воронежскую и Липецкую области.

Лидеры по объемам агропроизводства имеют значительную, по сравнению с другими рассматриваемыми областями, долю агропромышленного комплекса в валовом региональном продукте, а также показывают самые высокие среднегодовые темпы роста. Основой такого результата является системный, долгосрочный подход к развитию отрасли, концентрация усилий именно в тех направлениях, где они дают наибольшую отдачу. [7]

На Орловскую, Тульскую, Липецкую, Воронежскую области приходятся основные посевы пшеницы. Наибольшие площади технических культур (льна и сахарной свеклы) приходятся на Липецкую и Курскую области. Льноводство представлено в наиболее увлажненных районах нечерноземной зоны округа, какими не являются рассматриваемые области. В Курской и Липецкой областях распространены посевы сахарной свеклы, где занимают значительные площади высокоплодородных черноземных земель. Посевы подсолнечника распространены в Воронежской области. В Липецкой области Центрального Черноземья получило развитие садоводство. Данные области также специализируются и на выращивании овощных культур и картофелеводстве. [9]

При оценке рисунка 2 и 3 можно увидеть отсутствие зависимости «чем больше площадь – тем больше урожайность». Воронежская область имеет большую посевную площадь зерновых и зернобобовых культур на протяжении всего рассматриваемого периода, но при этом урожайность в области достаточно низкая. А вот Курская область является лидером по урожайности среди рассматриваемых областей, при том, что ее посевные площади значительно меньше посевных площадей Воронежской области. Из данного несоответствия можно сделать вывод, что уже не действуют традиционные технологии «чем больше посадил - тем больше собрал урожая», на место им пришли новые технологии посева, сбора и обработки урожая, а также инновационные разработки ученых.

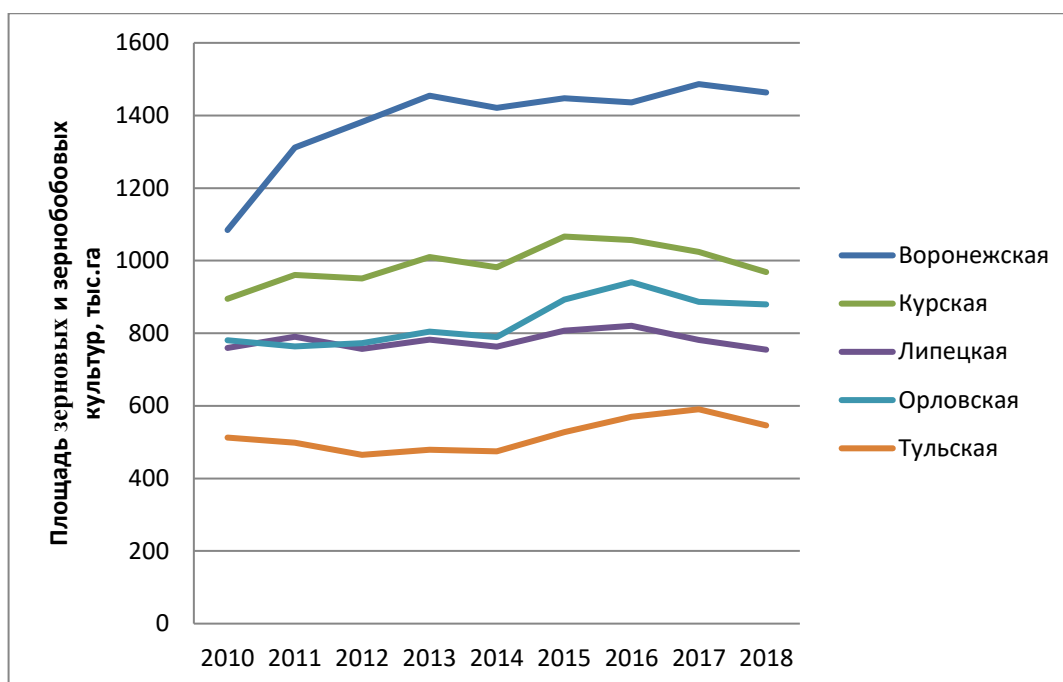


Рис.2 – Динамика площадей зерновых и зернобобовых культур по областям за 2010-2018 гг.

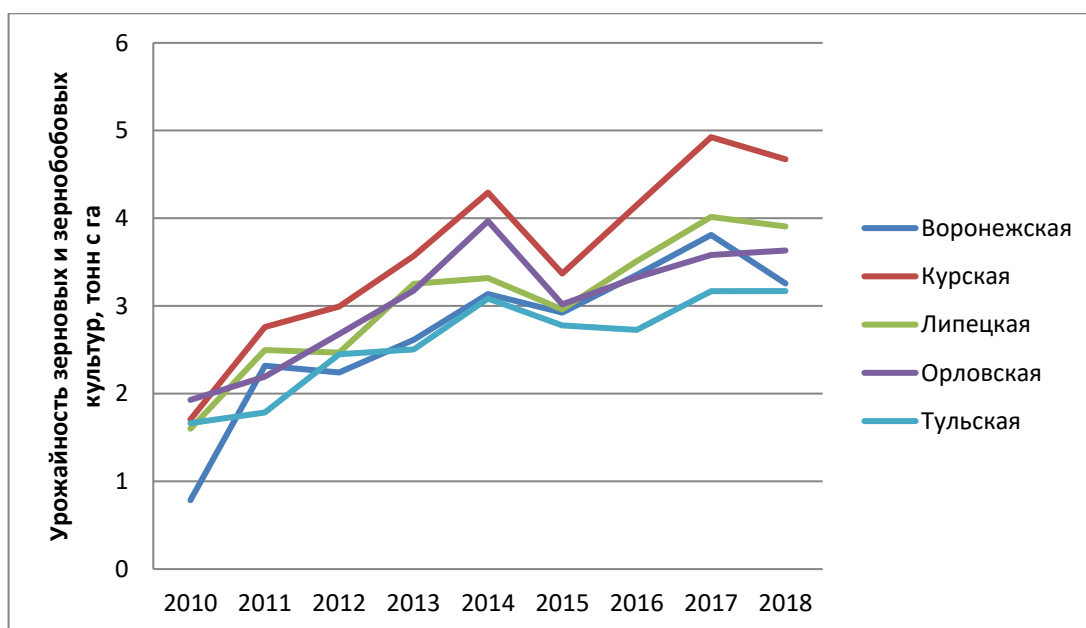


Рис.3 – Урожайность зерновых и зернобобовых культур по областям за 2010-2018 гг.

Низкие показатели урожайности Тульской области объясняются не только незначительной посевной площадью, но и тем, что данная область самая северная среди исследуемых областей. Отсюда делаем вывод, что на урожайность также оказывает большое влияние природный фактор.

Сельское хозяйство играет очень важную роль в развитии всей страны. Согласно данным на 2018 год, сельское хозяйство занимает около 40% в общем объеме ВВП. Объем производства продукции сельского хозяйства по Центральному федеральному округу в 2018 году составил 1467970 млн.руб. Сельское хозяйство находится на этапе развития и обновления имеющихся технологий, что, в условиях импорт замещения и роста спроса на сельскохозяйственную продукцию увеличивается число конкурентов в данной отрасли.[2]

Проанализировав развитие сельского хозяйства в исследуемых областях, выявили области-лидеры по уровню развития сельского хозяйства (рис.4)

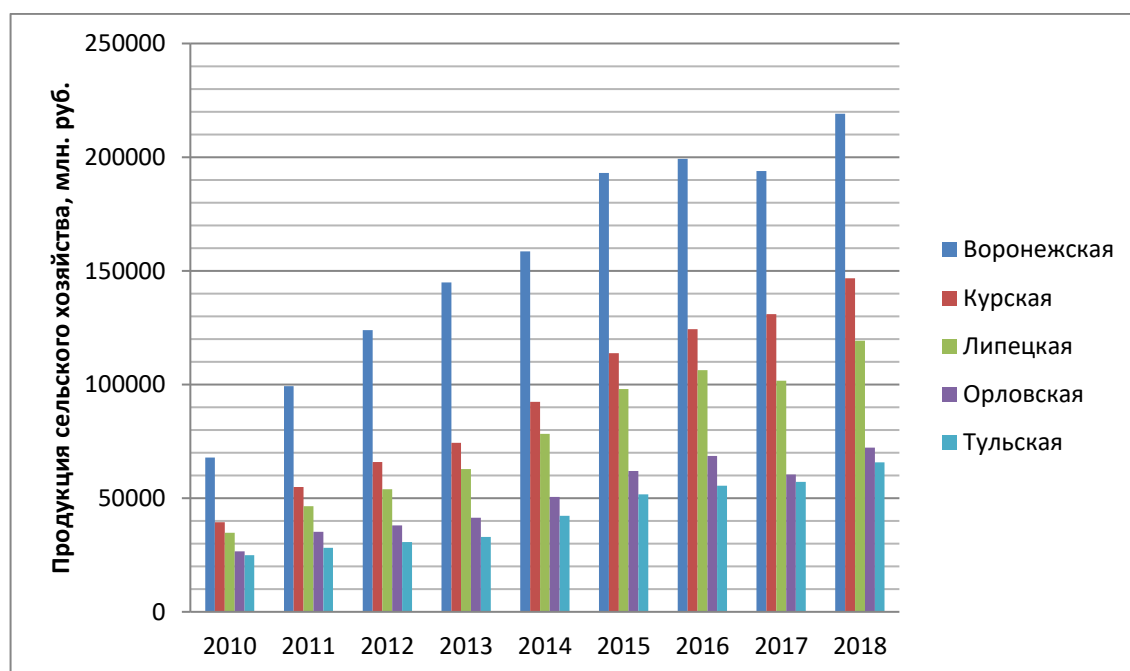


Рис.4 – Производство сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий по областям за 2010 – 2018 гг.

Согласно приведенной диаграмме, можно сделать вывод о том, что лидером по уровню развития сельского хозяйства является Воронежская область. По данным на 2018 год, Воронежская область занимает 11 место по России. В 2018 году объем произведенной продукции составил 219151 млн. руб. По сравнению с 2010 годом темп прироста объема произведенной продукции составил

69%. Среди рассматриваемых регионов Воронежская область занимает лидирующую позицию. По объемам произведенной сельскохозяйственной продукции Курская область в 2018 году занимает 30 место. Можно также отметить и Липецкую область, которая занимает 33 место среди регионов России. В Орловской и Тульской областях динамика произведенной продукции значительно ниже, чем в регионах-лидерах, из рассматриваемых областей, однако положительный фактор все же есть – наблюдается небольшое увеличение стоимости произведенной продукции по сравнению с 2010 годом. Орловская и Тульская области оказывают незначительное влияние на развитие сельского хозяйства в России. Данные области занимают 44 и 80 место соответственно.

Как уже отмечалось ранее, сельское хозяйство, в экономике страны занимает особое место. Его задача обеспечить население продуктами питания, а перерабатывающую промышленность – сырьем. Следует признать особую важность эффективности этой отрасли, от которой непосредственно зависит уровень благосостояния населения. Уровень развития сельского хозяйства определяет уровень экономической и продовольственной безопасности страны. Основой продовольственной безопасности является продовольственная самообеспеченность. Продовольственная самообеспеченность — это структурированная по функциональному, организационному, ресурсному и технологическому признакам система взаимосвязанных подсистем, главная цель которой — надежное (бесперебойное) и достаточное (по медицинским гигиеническим нормам) снабжение населения основными продуктами питания, гарантирующее избавление от опасности голода или недоедания.[1]

Следовательно, необходимо добиться такого результата, при котором, продовольственная самообеспеченность страны исходила бы из региональной самообеспеченности.

Продовольственное самообеспечение региона – это такое положение экономики региона, при котором он может обойтись собственными продовольственными ресурсами, не прибегая к потребности импорта продукции из других регионов. Однако не всегда стоит использовать продукты

исключительно регионального производства, так как это не всегда экономически выгодно – ввоз продовольственных товаров из других регионов может обойтись дешевле. [3]

Для самообеспеченности продовольственными ресурсами региона необходимо учитывать особенности региональной структуры агропроизводства и потребления продуктов питания, выявить наиболее перспективные рынки и ориентировать новые инвестиционные проекты именно туда. [2]

Крупные рынки сбыта сельскохозяйственной продукции, высокоурожайные черноземы, хорошее транспортное сообщение – это все преимущества Центрального федерального округа, которые можно максимально полно раскрыть с помощью механизмов регионализации агропромышленного комплекса.

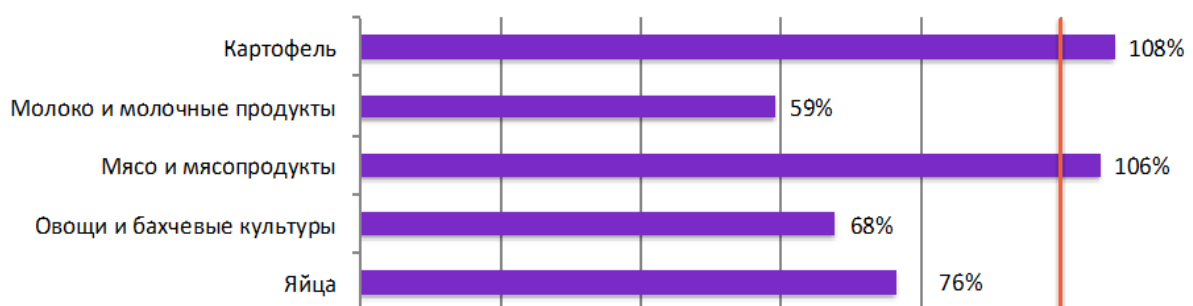


Рис.5 – Уровень самообеспеченности Центрального федерального округа по ряду ключевых продуктов питания

Центральный федеральный округ за счет собственного производства обеспечивает потребление по товарным категориям: «картофель» и «мясо и мясопродукты». При этом в дефиците – молоко и молочные продукты, овощи и бахчевые культуры, а также яйца.

Из таблицы 2 можно сделать вывод о том, что лидером по производству картофеля является Воронежская область. При этом стоит упомянуть еще Орловскую и Тульскую области, у которых объемы производства картофеля значительно выше уровня самообеспеченности. Тульская и Орловская области являются регионами – крупными производителями, поставляющие значительные объемы за пределы региона.

Таблица 2 – Производство и уровень обеспеченности картофелем в исследуемых областях

Регион	Производство, тыс.тонн	Уровень самообеспеченности, %
Воронежская область	1562,1	132
Курская область	800,9	106
Липецкая область	648,8	120
Орловская область	414,1	148
Тульская область	909,5	128

Выращивание овощей и бахчевых культур – перспективное направление развития сельского хозяйства данных областей. Собственное производство обеспечивает приблизительно 2/3 от всех потребностей населения.

Таблица 3 - Производство и уровень обеспеченности овощами в исследуемых областях

Регион	Производство, тыс.тонн	Уровень самообеспеченности, %
Воронежская область	549,7	102
Курская область	144,7	92
Липецкая область	178,6	118
Орловская область	82,7	97
Тульская область	170,9	89

Крупнейшим производителем овощей является Воронежская область. Однако область покрывает только собственные потребности и значительных излишков для поставок в другие регионы, на данный момент, не имеет.

Только Воронежская и Липецкая области имеют уровень самообеспеченности по овощам свыше 100%. Другие рассматриваемые регионы испытывают дефицит овощей. Учитывая, что это продукт сложный и дорогой в

транспортировке, развитие региональных производств овощей здесь будет иметь хорошие перспективы.

Важным преимуществом использования всех имеющихся ресурсов в регионе является возможность быстро и наглядно оценить сложившуюся ситуацию в регионе, определить наиболее перспективные направления развития. Данный инструмент обеспечивает возможность применения системного подхода к развитию сельского хозяйства, позволяет четко определять приоритеты для предпринимателей и фермеров, а также использовать возможности и преимущества агропромышленного комплекса региона по максимуму.[1]

1.2 Физико-географические и почвенные условия в исследуемых областях

Воронежская, Курская, Липецкая, Орловская, Тульская области располагаются в центральной части Европейской территории Российской Федерации. Европейская часть России включает Восточно-европейскую равнину. Восточно-Европейская равнина, еще ее называют Русской, одна из величайших равнин земного шара.

В основании Восточно-Европейской равнины располагается крупная тектоническая структура – Восточно-Европейская (Русская) платформа. Большая часть фундамента этой платформы покрыта слоем залегающих осадочных пород разного возраста, что обеспечивает преобладание равнинного рельефа. Равнинный рельеф является благоприятным для хозяйственной деятельности людей. Хотя в целом все исследуемые области обладают равнинным рельефом, в каждой из них можно выявить различные по характеру рельефа территории. [2]



Рис.6 – Восточно-Европейская равнина

Воронежская область.

Воронежская область расположена на юго-западе Европейской части России. На севере она граничит с Тамбовской и Липецкой областью, на западе - с Курской и Белгородской областью, на востоке - с Волгоградской и Саратовской областью, на юго-востоке - с Ростовской областью, на юго-западе проходит граница с Украиной. Площадь области составляет 52,2 тыс. км². Протяжённость области с запада на восток 354 км, с севера на юг 278 км, что обуславливает разнообразие природы. [10]

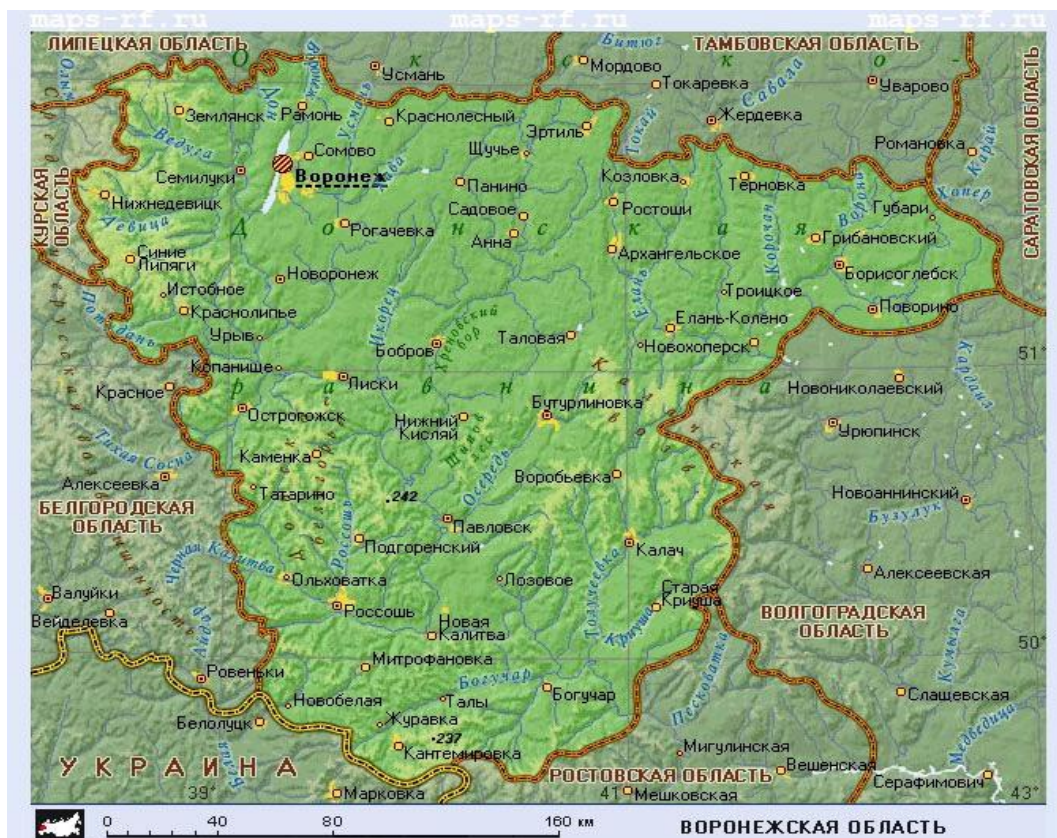


Рис.7 – Физическая карта Воронежской области

Воронежская область находится в центральной части Русской равнины. Рельеф области образован Среднерусской возвышенностью, которая, в свою очередь, представляет волнистую равнину. На территории области имеется много оврагов, речных долин, балок. Главная водная артерия – река Дон. Относительные высоты достигают 100 м. Окско-Донской равниной высота не превышает 180 м. Она хорошо выражена в рельефе в виде слегка волнистой, слабо расчлененной низменности и Калачской возвышенностью, занимающей юго-восточную часть области, с резко выраженным эрозионным рельефом. Абсолютные высоты лежат в пределах 200-234 м. [10]

Большая часть области покрыта плодородными чернозёмными почвами. По природному зонированию Воронежская область - типичная лесостепь и степь, граница между ними условно проходит по линии Россошь - Калач.

Современный рельеф формировался длительное время. Под влиянием природных процессов рельеф постоянно изменяется. В настоящее время на

рельеф оказывают влияние текущие воды (рек и ручьев), талые и подземные воды, оползни, а также хозяйственная деятельность человека.[10]

Курская область.

Курская область была выделена в самостоятельную из Центрально-Чернозёмной области в 1934 году. На севере Курская область граничит с Орловской областью, на северо-востоке - с Липецкой, на востоке - с Воронежской, на юге - с Белгородской, на юго-западе и западе - с Сумской областью Украины, на северо-западе - с Брянской областью. [3]

Курская область простирается с запада на восток на 305 км, а с севера на юг на 171 км. Площадь области 30,0 тыс. км², что составляет 17 % территории Центрально-Чернозёмного района.



Рис.7 – Физическая карта Курской области

Курская область расположена в центре Восточно-Европейской равнины, на юго-западных склонах Среднерусской возвышенности, в бассейнах рек Днепра и Дона. Расположение области на юго-западных склонах

Среднерусской возвышенности обеспечило наличие древних и современных форм линейной эрозии – густой сети речных долин, оврагов и балок. Данное расположение определяет пологоволнистый, слегка всхолмлённый равнинный рельеф. Рельеф имеет сложный характер вертикального и горизонтального расчленения, характеризуется наличием разнообразных высотных ярусов.[10]

Высота поверхности над уровнем моря, в основном, 175—225 м. Наиболее приподнята центральная часть области. Абсолютная высота территории в поймах современных рек редко поднимается выше 140—170 м (в пойме р. Сейм самая низкая отметка — 130 м). Над поймой, в междуречьях, преобладают высоты 200—220 м. Наивысшая точка — 274 м, возле села Ольховатка Поныровского района. Общий наклон местности идет с северо-востока на юго-запад. Глубина врезания речных долин до 80—100м.

Из рельефообразующих процессов на территории области ведущую роль сыграли тектонические движения земной коры. В современных же условиях главная роль в создании рельефа принадлежит деятельности текучих вод, создающих эрозионный рельеф. В области практически отсутствуют ледниковые формы рельефа.[3]

Особенность почвы Курской области состоит в том, что она включает два типа почв - черноземы, которые сформировались под влиянием степной растительности, и оподзоленных почв, образованных лесной растительностью. Преобладают в области черноземы и занимают около 70% площади. Для данных земель характерно высокое плодородие. Следовательно, наибольшая часть почв области находится в условиях постоянной распашки, поэтому на ее свойства решающее влияние оказывает хозяйственная деятельность человека и уровень применяемой агротехники.[12]

Липецкая область.

Липецкая область расположена в центральной части Европейской территории России, входит в состав Центрального федерального округа. Граничит область на севере с Рязанской областью, на западе с Тульской и Орловской

областями, на юге с Курской и Воронежской областями, на востоке - с Тамбовской областью. [3]

Территория области простирается с севера на юг на 203 км, с запада на восток на 206 км. Ее площадь составляет 24,0 тыс. км².

Липецкая область расположена в зоне соединения Среднерусской возвышенности и Окско-Донской равнины. Среднерусская возвышенность занимает большую западную часть области. Это волнистая равнина высотой до 220-260 м, сильно расчлененная овражно-балочной сетью. Восточная часть области лежит в пределах Окско-Донской равнины со слабо расчлененным рельефом высотой до 150-170 м. Минимальная отметка рельефа - около 90 м - приурочена к урезу Дона у южной границы области. [10]

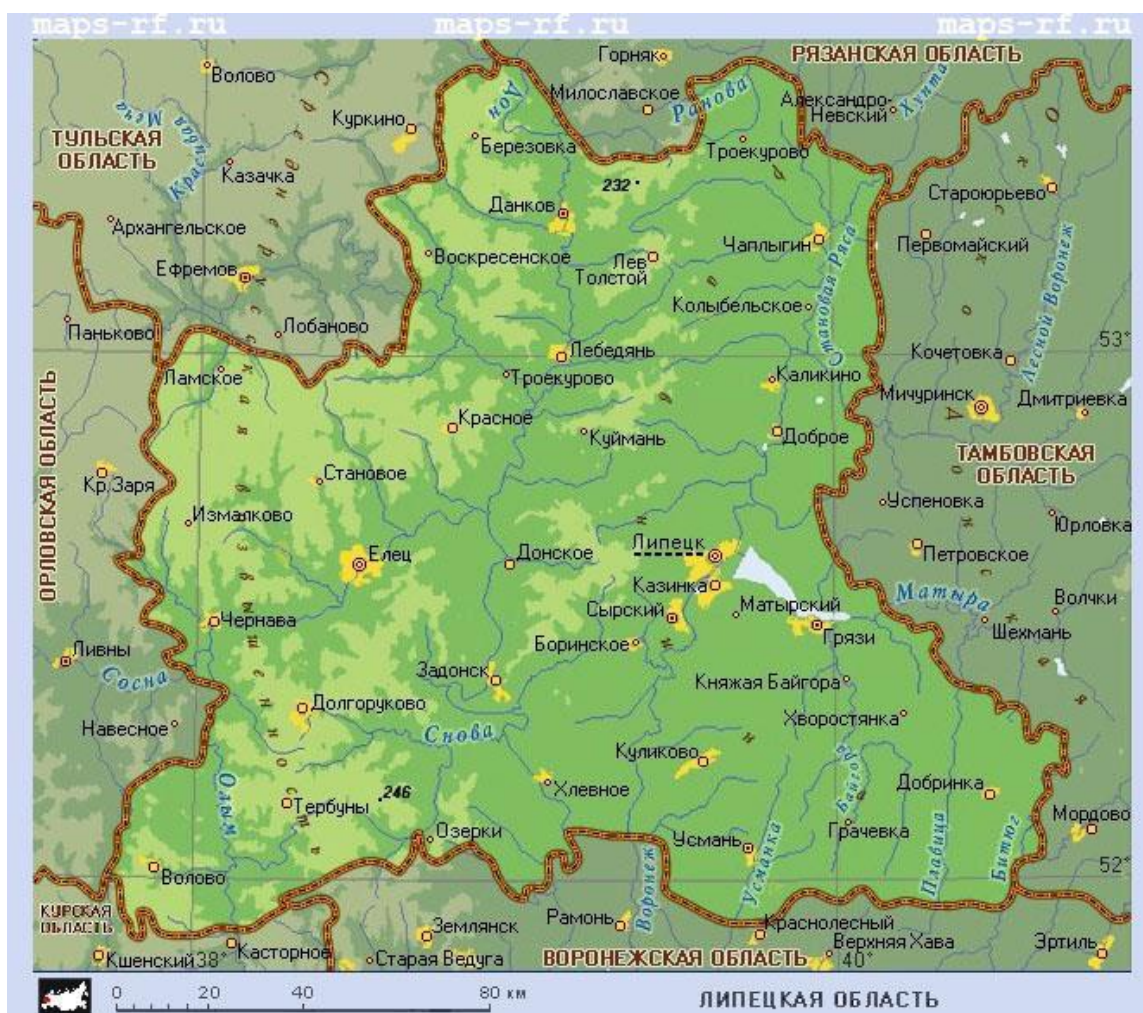


Рис.8 – Физическая карта Липецкой области

Почвенный покров области является результатом длительного и сложного развития природных условий. В Липецкой области преобладающим

типом почвы являются серые лесные почвы. Наибольшее распространение имеют выщелоченные (45%) и мощные (37%) черноземы. Среди черноземов имеют место почвы других типов - темно-серые лесные, дерново-слабоподзолистые (4%) и др. [3]

Мощные черноземы распространены на юго-востоке области и на юго-западе. Тяготеют к Окско-Донской низменности с равнинным рельефом, расположенной в полосе умеренного увлажнения. Мощные черноземы отличаются большим плодородием. Почвы пористые, хорошо удерживают воздух и влагу. Они богаты азотом, фосфором, калием, кальцием. Выщелоченные и оподзоленные черноземы в области имеют наибольшее распространение. На их долю приходится 79% площади пахотных земель. Выщелоченные черноземы по своему плодородию уступают мощным черноземам. Выщелоченные черноземы занимают главным образом западные и северные районы области.

На территории Липецкой области преобладают земли сельскохозяйственного назначения, площадь и качество которых снижается в связи с развитием таких процессов, как эрозия, окисление, засоление, подтопление, заболачивание и изъятие для других видов использования. В результате разработок полезных ископаемых, торфопромыслов и строительства на территории области образовалось 2,2 тыс. га нарушенных земель, нуждающихся в рекультивации. Потенциальное плодородие этих почв высокое. [10]

Орловская область.

Орловская область находится в самом сердце Центральной России, в центральной части Среднерусской возвышенности (средняя высота 220—250 м) в пределах степной и лесостепной зон. Область граничит на западе с Брянской областью, на севере с Тульской и Калужской областями, на востоке с Липецкой областью, на юге с Курской областью. Площадь области составляет 24,7 тыс.км². [12]

Территория области представляет собой приподнятую, сильно всхолмлённую равнину. Основная часть занимаемой площади приходится на сельскохозяйственные угодья (2051,2 тыс. га), из которых 1570,1 тыс. га (76,5 %)

составляет пашня. В области встречаются различные типы почв — от светло-серых лесных на западе до выщелоченных и типичных черноземов на востоке и юго-востоке. Всего выщелоченный и оподзоленный черноземы составляют около 43 процентов общей площади, темно-серые лесные почвы — 24 % земель, остальные относятся к серым лесным, дерново-подзолистым и светло-серым лесным почвам. А всего только на пахотных землях в области насчитывается более 240 почвенных разновидностей. [12]



Рис.9 – Физическая карта Орловской области

Особенность рельефа, характер почвенного покрова и хозяйственная деятельность человека определили повсеместное активное развитие процессов водной эрозии. Более половины пашни относится к разряду смытых и эрозионно-опасных земель, почти столько же нуждаются в известковании. Наиболее протяженными и многоводными реками области являются Ока, Зуша и Сосна. На территории области насчитывается более 2 тыс. рек и ручьев общей

протяженностью 9100 км. Орловская область располагает значительными ресурсами подземных вод, на которых базируется хозяйственно-питьевое и частично промышленное водоснабжение. [12]

Тульская область.

Тульская область расположена в центре Восточно-Европейской равнины, занимая крайнюю северную часть Среднерусской возвышенности. Граничит область на востоке с Рязанской областью, на севере и северо-востоке с Московской областью, на северо-западе и западе с Калужской областью, на юге и юго-западе с Орловской областью, на юге и на юго-востоке с Липецкой областью. Протяженность территории области с севера на юг - 200 км, с запада на восток – 190 км. Площадь области составляет 25,7 тыс. км². [12]

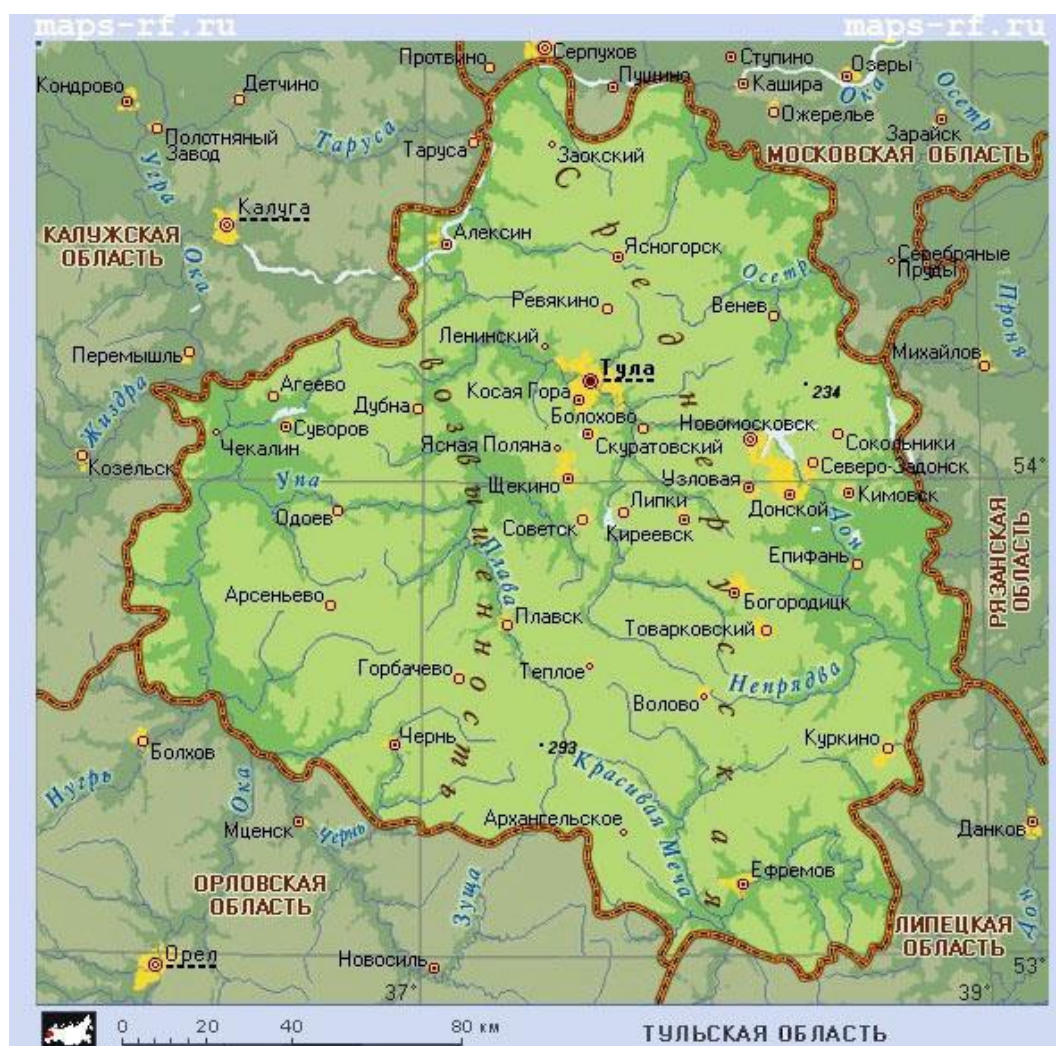


Рис.10 – Физическая карта Тульской области

Рельеф области представляет собой пологоволнистую равнину, сильно расчленённую речными долинами и овражно-балочной сетью. Главные реки области - Ока, Упа, Осетр.

Почва в Тульской области является плодородной. Занимая переходное положение от лесной зоны к степной, область характеризуется сложным почвенным покровом. На территории области основными типами почв являются дерново-подзолистые почвы, серые лесные почвы и черноземы. Основную часть области занимают черноземы – 46,4%, серые лесные почвы – 34,8% и дерново-подзолистые – 16,1%. [12]

Кроме перечисленных трех основных зональных типов почв, в области встречаются также и пойменные почвы. Они располагаются в долинах рек в пределах пойменных и надпойменных террас. Особенностью этих почв является ежегодное отложение частиц из паводковых весенних вод. Наиболее ценными являются почвы центральной поймы, в которых содержание перегноя достигает 7 %. Недостатком пойменных почв является близость грунтовых вод, но при научно разработанной агротехнике эти почвы могут давать хорошие урожаи. В поймах рек встречаются также болотные и полуболотные почвы. [10]

Следует отметить, что в распределении основных зональных почв Тульской области наблюдается почвенная асимметрия: смена почв происходит не с севера на юг (т. е. в широтном направлении), а с запада, северо-запада на восток. Причиной почвенной асимметрии является климатическая асимметрия Тульского края.

Важной особенностью области является компактность ее территории и выгодное экономико-географическое положение. Центральное положение области, близость к промышленным районам, благоприятные природные факторы создают предпосылки для развития хозяйства. [3]

1.3 Климатические особенности исследуемых областей

Погода Европейской части Российской Федерации представляет собой результат сложного взаимодействия физико-географических условий. Наиболее важными из них являются: 1) режим радиации; 2) циркуляция атмосферы; 3) условия подстилающей поверхности. [7]

Русская равнина обладает двумя важнейшими особенностями, позволяющими рассматривать ее как единое целое, это равнинность территории, нарушаемая возвышенностями, высота которых обычно не превышает 250-300 м и лишь изредка достигает 400-500 м над уровнем моря, и почти повсеместное господство континентальных условий, нарушаемых только на окраинах равнины воздействием Баренцева, Балтийского Черного и Каспийского морей. При относительной однородности рельефа особое значение для климата приобретает протяженность территории – около 4000000 км². [12]

Количество получаемой энергии землей от солнца зависит от высоты солнца и продолжительности дня. Для погоды Воронежской, Курской, Липецкой, Орловской и Тульской областей важно количество получаемой солнечной энергии у поверхности земли. Главную роль в формировании погоды играет именно та часть солнечной энергии, которая поглощается поверхностью земли. [2]

В зимнее время наибольшей отражающей способностью отличается снежный покров. Но существует разница между отражением от слежавшегося и свежеснежного покрова: слежавшийся снег способен отразить 45-70% приходящей энергии, а вот свежеснежный снег 70-90%. Наибольшая часть энергии, которая достигает земли, не нагревает ее. В обострении зимних условий значительную роль играет отражающая способность снежного покрова, что приводит к усилению морозов и к увеличению продолжительности зимнего периода. [1]

В летний период большое значение имеет испарение. Испарение с поверхности растений выше, чем испарение с поверхности воды. На испарение

затрачивается меньше половины приходящей энергии к поверхности земли, с учетом доли отражаемой. Рассеивание солнечной энергии воздухом зависит от его влажности и запыленности. [2]

В весенний период испарение ниже, чем в летний, даже несмотря на большой приход солнечной энергии. На испарение и оттаивание грунта требуется не так много энергии, большая часть энергии расходуется на нагревание земли и воздуха.

Осенний период также как и весенний и летний обеспечен теплом. Большое количество тепла расходуется на испарение.

Для Центральной части Европейской территории России влияние атмосферной циркуляции играет большую роль.[3]

Воздушные массы, принесенные с Атлантического океана – это континентальный полярный воздух, морской полярный, тропический, арктический. Одни из этих масс несут к нам тепло и влагу, другие же приносят холод. Циркуляция воздуха становится особенно интенсивной, благодаря резкому различию в тепловом балансе и температурах между средними и высокими широтами. В качестве холодной массы на заснеженную равнину приходит континентальный полярный воздух. [1]

В теплый период времени погода определяется переносом воздушных масс. Это можно объяснить тем, что в теплое время приток солнечной энергии очень велик, способен не только подчинить себе природу погоды, но и производить трансформацию воздушных масс. Вследствие уменьшения разницы в температуре между средними и высокими широтами интенсивность общей циркуляции понижена, ослаблена циклическая деятельность с ее быстрым передвижением воздушных масс и облачностью, часто в теплых массах и даже на теплых фронтах циклонов не бывает, условий для образования сплошной и большой облачности, что еще больше усиливает непосредственное воздействие солнца. [4]

В весенний и осенний периоды циркуляция атмосферы имеет свои особенности. Тот период, когда еще лежит снег, характеризуется зимними

условиями циркуляции, а осенью перенос влаги имеет большое значение. Осенью все воздушные массы попадают на поверхность с низкой температурой и, участвуя в циклонах, дают сплошную облачность и осадки. Поздней осенью, в связи с быстрым охлаждением суши, охлаждающийся воздух, содержащий еще много влаги, способен выделять ее в виде туманов. [4]

На территории Русской равнины характер подстилающей поверхности определяется растительным и снежным покровами, а также рельефом. Растительность приспособлена к основным климатическим условиям радиации и циркуляции атмосферы, а также способна сама ее усиливать до некоторого уровня. На юге преобладают легко прогреваемые и иссушаемые степи. [12]

Поля также занимают большую часть территории в лесостепной зоне. Леса в такой зоне занимают всего 15%. Также наблюдаются болота и луга, но они занимают, куда еще меньше площади, чем леса. Из-за большого количества оврагов, площадь полей значительно меньше. Площадь, занятая оврагами – 15-20%. [12]

Условия подстилающей поверхности изменяет снежный покров. Как правило, он появляется каждую зиму на всей территории областей. Снежный покров начинает распространяться еще осенью. Сход весной начинается на юго-западе и идет очень медленно. Ускоряется по мере поступления солнечной энергии. Толщина покрова достигает в среднем 10 см в высоту. Толщина и продолжительность залегания сильно колеблются в разные годы. [12]

Климат рассматриваемых областей – умеренно-континентальный, с умеренно теплым летом и умеренно холодной зимой. Климатические условия областей благоприятны для сельского хозяйства. [12]

Весна в областях ранняя, начинается она примерно с середины марта, когда происходит подтаивание снежного покрова. К концу марта сильные морозы заканчиваются, начинается период оттепели, обусловленный возрастающим солнечным нагреванием. Умеренно морозная погода продолжается еще до середины апреля. На протяжении последнего весеннего месяца мая бывают дни с морозной ночью, а иногда даже с образованием снежного покрова. Хотя

ночные морозы и прекращаются, но заморозки могут быть даже в июне. Весна на данной территории продолжительная, наблюдаются дни с температурой от 0°C до 2,4°C, а бывают даже и снегопады. Помимо снегопадов и довольно низких температур, также наблюдаются дни со сплошным туманом, особенно в марте и апреле. Полностью снежный покров сходит в конце марта – в первой половине апреля. Месячное количество осадков составляет 40-50 мм. [13]

Достаточно продолжительное лето наблюдается в областях, со второй половины мая до середины сентября. Лето характеризуется равной и спокойной погодой, но могут наблюдаться в начале июня заморозки или даже выпадение снега. В середине лета происходит значительное увеличение числа дней дождливой погоды, которые сопровождаются грозами. С августа растет количество дней со сплошным туманом. Благодаря большому запасу влаги в почве испарение в начале лета настолько значительно, что, несмотря на общий подъем температуры, относительная влажность в июне по сравнению с маем увеличивается и продолжает возрастать в июле и августе. Средняя температура июля в областях составляет около 17-22°C.. Относительная влажность днем повсюду держится в среднем около 60%. Жарких дней во внутренних районах насчитывается около 20. Максимум температуры в редких случаях может достигать 36°C. Осадков летом выпадает 80-90 мм, местами – 100 мм в месяц. [12]

И с сентября месяца вновь возвращаются дни с морозными ночами. Дни с малооблачной погодой уже не так теплы, потому что слабое дневное нагревание солнцем при более длительной ночи. Засушливая погода отсутствует. Начинают увеличиваться количество дней морозной погоды. Осенью погода бывает как теплая, так и холодная. В ноябре уже нередки дни со снегопадами. Учащается погода со сплошным туманом. После середины октября в некоторые годы отмечаются снежные бури и метели. В конце октября наблюдается переход суточной температуры к отрицательным значениям. Вскоре появляется снежный покров, с октября быстро возрастает облачность. Количество

осадков, наоборот, уменьшается: в сентябре выпадает 60 мм, в ноябре – 40 мм. Число дней с осадками растет, особенно много их в конце осени. [1]

Зима начинается примерно с 20 ноября, когда имеется постоянный снежный покров. Но до середины декабря погода достаточно мягка: бывают оттепели, наблюдаются теплые, дождливые и пасмурные дни. Морозная погода с подавляющим числом дней приходится на февраль. Иногда даже очень морозная. Зима проходит с умеренно морозной погодой в течение всего своего времени. Если же выпала теплая погода, то она сопровождается значительным ветром. Если же погода умеренно-морозная, то она пасмурная, а часто даже со снегопадами. Погода со сплошным туманом зимой бывает чаще только в декабре. В январе же, феврале и марте туманы редки. С середины зимы наблюдаются настоящие зимние холода, но бывают годы полностью с теплой или холодной зимой, резкие колебания погоды также наблюдаются в рассматриваемых областях. Благодаря циклонической деятельности число дней с сильными оттепелями, во время которых средняя суточная температура может достигать $+5^{\circ}\text{C}$., в сумме за три зимних месяца составляет около 15 дней. Снижение температуры обычно происходит в результате вытеснения атлантического воздуха более холодным континентальным. Средняя температура января составляет -5° - -10°C . Минимальные температуры могут достигать -35°C , -40°C . Осадков выпадает 30-40 мм в месяц, но они не образуют мощного снежного покрова по причине частых оттепелей и сравнительно короткого времени залегания снега – 4 месяца. Снегопады часто сопровождаются сильными ветрами, вызывающими метели.[12]

Как уже говорилось выше, климат в рассматриваемых областях умеренно-континентальный, который характеризуется незначительными перепадами температур. Зимой средняя температура здесь составляет минус 10 градусов, а летом – плюс 20 градусов. Природные условия в областях благоприятны для ведения сельского хозяйства. На данных территориях распаханно до 80% территорий.

2 Климатический режим метеорологических характеристик, влияющих на продуктивность сельскохозяйственных культур

2.1 Приходящая солнечная радиация

Одно из важнейших условий существования растений – это поступление солнечной радиации к ним. Солнечная радиация – это источник энергии, который они используют в процессе фотосинтеза для создания органического вещества, оказывает существенное влияние на развитие (формирование органов, продолжительности вегетационного периода, образования урожая), а также косвенно влияет на ряд процессов, обуславливающих важные свойства растений – засухоустойчивость, зимостойкость и т.д. [9]

Солнечная радиация определяет форму и расположение листьев у растений, их строение и цвет, а также качественный состав плодов и семян. С ростом интенсивности солнечной радиации повышается содержание сахара в сахарной свекле, винограде, плодовых, а также возрастает содержание белка в зерновых. [6]

Основной процесс, находящийся под влиянием солнечной радиации – это фотосинтез растений.

Урожай сельскохозяйственных растений получается высоким, если в течение всего вегетационного периода потребности их удовлетворяются полностью. Питание растений включает усвоение минеральных солей из почвы, усвоение азота из воздуха, и углекислого газа, усваиваемого при фотосинтезе. В процессе фотосинтеза образуются органические вещества, составляющие 90—95% сухой массы урожая. [7]

Урожай формируется в процессе фотосинтеза в результате использования энергии солнечной радиации. К. А. Тимирязев считал, что предел плодородия почвы определяется не количеством удобрений, которые мы можем ей доставить, не количеством поданной влаги, а количеством световой энергии, посылаемой солнцем на данную поверхность. [2]

Часть солнечной энергии поступающей на земную поверхность в виде параллельных лучей от видимого диска Солнца, называется прямой солнечной радиацией S . [5]

Поток прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность, называется инсоляцией S' . Определяется по формуле:

$$S' = S * \sin h \quad (2.1)$$

Где S - прямая солнечная радиация

h – высота солнца над горизонтом.

Часть солнечной радиации, которая после рассеивания атмосферой и отражения от облаков поступает на горизонтальную поверхность, называется рассеянной радиацией D . [5]

Совокупность прямой и рассеянной солнечной радиации, поступающей в естественных условиях на горизонтальную поверхность, называется суммарной радиацией Q , которая рассчитывается по формуле:

$$Q = S' + D \text{ или } Q = S * \sin h + D \quad (2.2)$$

Отраженная радиация R - часть солнечной радиации, которая отражается от поверхности земли. [5]

Соотношение между прямой и рассеянной радиацией в составе суммарной радиации зависит от высоты Солнца, облачности и загрязненности атмосферы, высоты поверхности над уровнем моря. С увеличением высоты Солнца доля рассеянной радиации при безоблачном небе уменьшается. Чем прозрачнее атмосфера и чем выше Солнце, тем меньше доля рассеянной радиации. При сплошной плотной облачности суммарная радиация полностью состоит из рассеянной радиации. Зимой вследствие отражения радиации от снежного покрова и ее вторичного рассеяния в атмосфере доля рассеянной радиации в составе суммарной заметно увеличивается. [8]

Свет и тепло, получаемые растениями от Солнца, — результат действия суммарной солнечной радиации. Поэтому большое значение для сельского

хозяйства имеют данные о суммах радиации, получаемых поверхностью за сутки, месяц, вегетационный период, год. [9]

Суммарная радиация, дошедшая до земной поверхности, частично отражаясь от нее, создает отраженную солнечную радиацию (R), направленную от земной поверхности в атмосферу. Значение отраженной радиации в значительной степени зависит от свойств и состояния отражающей поверхности: цвета, шероховатости, влажности и др. [5]

Отражательная способность поверхности, или альбедо A_k , выражается формулой:

$$A_k = (R_k/Q) * 100\% \quad (2.3)$$

Альбедо выражается в процентах. Часть суммарной радиации, поглощенная земной поверхностью, называется поглощенной солнечной радиацией. [5]

Часть прямой и отраженной радиации участвует в процессе фотосинтеза растений, поэтому ее называют фотосинтетической активной радиацией (ФАР). ФАР – часть коротковолновой радиации, наиболее активная в отношении фотосинтеза и продукционного процесса растений, представлена как прямой, так и рассеянной радиацией. [4]

Растения способны потреблять прямую солнечную радиацию и отраженную от небесных и земных объектов в области длин волн от 380 до 710 нм. Поток фотосинтетической активной радиации составляет примерно половину солнечного потока, т.е. половину суммарной радиации, причем практически вне зависимости от метеоусловий и местоположения. Хотя, если для условий Европы характерно именно значение 0,5, то для условий Израиля оно несколько больше (около 0,52). Значение ФАР ($Q_{\text{фар}}$) приблизительно равняется 52% от всей суммарной солнечной радиации Q . [5]

Значение ФАР определяется по формуле:

$$Q_{\text{фар}} = 0,52 * Q \quad (2.4)$$

Далее приведены данные по суммарной солнечной радиации Q по Тульской, Курской и Воронежской областям.

Таблица 4 – Суммы суммарной солнечной радиации при ясном небе, МДж/м²

Месяц	Тульская область	Курская область	Воронежская область
Январь	125	164	166
Февраль	269	267	291
Март	499	500	513
Апрель	675	671	694
Май	851	834	856
Июнь	893	874	864
Июль	863	861	848
Август	715	721	728
Сентябрь	509	515	543
Октябрь	328	347	373
Ноябрь	187	195	209
Декабрь	112	127	140
Год	6026	6076	6225

Из таблицы 4 видно, что высокие значения суммарной солнечной радиации приходятся на май – июль, самое высокое значение в июне месяце во всех трех областях. А самые низкие значения в декабре месяце, при этом во всех трех областях. [11]

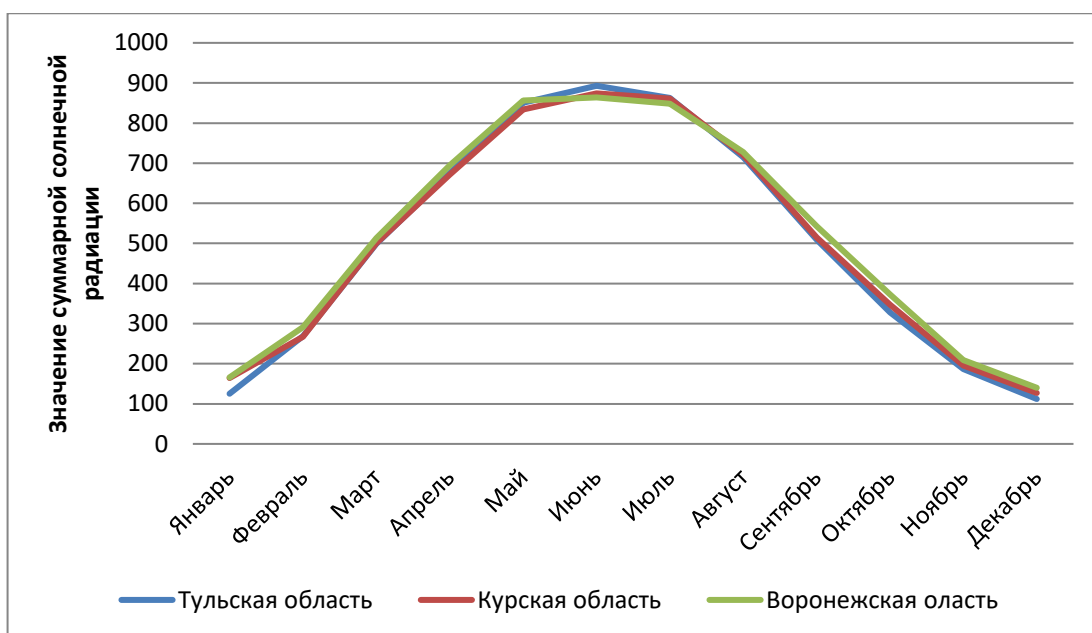


Рис. 11 – Значения суммарной солнечной радиации при ясном небе в разных областях

Таблица 5 – Сумма суммарной солнечной радиации при средних условиях облачности, МДж/м²

Месяц	Тульская область	Курская область	Воронежская область
Январь	81	98	99
Февраль	143	162	171
Март	281	295	303
Апрель	377	388	391
Май	556	548	565
Июнь	588	620	614
Июль	587	597	616
Август	483	492	486
Сентябрь	300	333	343
Октябрь	159	193	204
Ноябрь	73	76	87
Декабрь	45	54	63
Год	3673	3856	3942

Из таблицы 5 делаем вывод, что наибольшие показания наблюдаются в весенне-летнее время с мая по июль во всех областях. Наименьшие значения наблюдаются поздней осенью и зимой, в декабре месяце самые низкие значения во всех областях. [11]



Рис. 12 – Значения суммарной солнечной радиации при средних условиях облачности в разных областях

После проведенного анализа данных из таблиц 4 и 5, а также на приведенных графиках рисунков 11 и 12 значений суммарной солнечной радиации, можно сделать вывод, что значения суммарной солнечной радиации значительно выше при ясном небе, чем при средних условиях облачности и прослеживается данная тенденция во всех областях.

Температура воздуха, влажность, облачность, величина и продолжительность атмосферных осадков - основные метеорологические показатели, но есть еще один немало важный показатель, который влияет на рост и развитие сельскохозяйственных растений. И этот показатель называется продолжительностью солнечного сияния. Солнечное сияние - это освещенность земной поверхности прямыми лучами солнца, не закрытого от нас плотными облаками. Это часть потока солнечной энергии так и называется "прямой радиацией". [6]

Солнечное сияние означает наличие прямой солнечной радиации. При этом определяющим является не интенсивность, а сам факт поступления

прямых солнечных лучей. Установлен нижний порог интенсивности прямой радиации на перпендикулярную поверхность, начиная с которого отмечается солнечное сияние. Согласно решению Всемирной метеорологической организации (ВМО), он равен $0,12 \text{ кВт/м}^2$. Продолжительность солнечного сияния определяется временем, когда солнце находится над горизонтом, и облачностью. На нее влияет закрытость горизонта постройками (особенно в городах), лесом и возвышенностями.[7]

Рассмотрим продолжительность солнечного сияния за теплый сезон по областям.

Таблица 6 – Продолжительность солнечного сияния в Тульской, Курской и Воронежской областях, ч

Месяц	Тульская область	Курская область	Воронежская область
Апрель	169	164	171
Май	240	252	260
Июнь	283	274	283
Июль	271	279	283
Август	229	247	239
Сентябрь	160	180	186
Октябрь	88	102	116
Теплый период	1440	1498	1538

Из таблицы 6 видно, что самые теплые и солнечные месяцы – это июнь и июль, а вот самый холодный месяц – это октябрь, и такая тенденция прослеживается на территориях всех областей. [11]

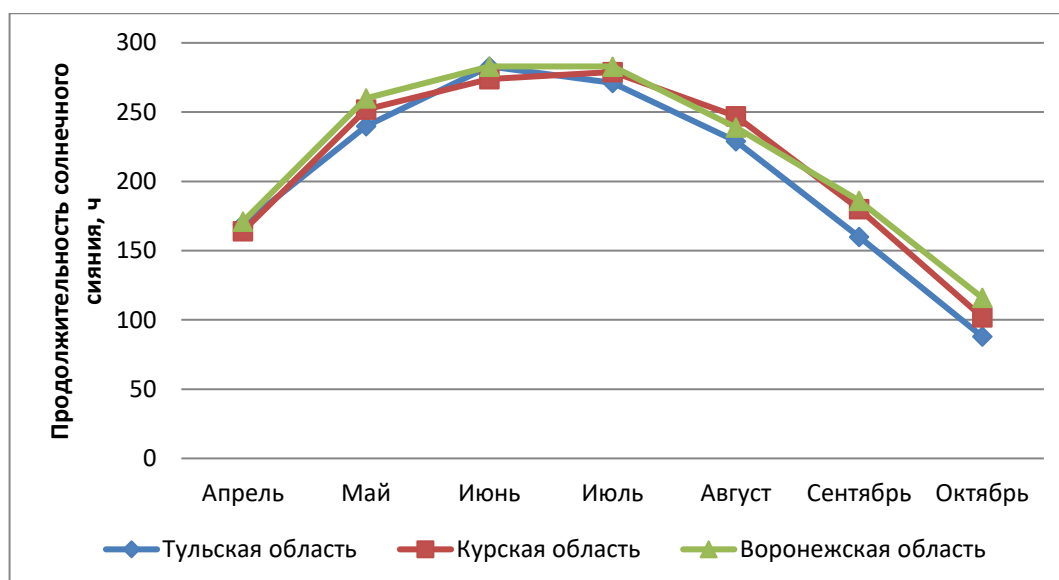


Рис.13 – Продолжительность солнечного сияния в теплый период времени в областях

Если сравнить все области по продолжительности солнечного сияния можно сделать вывод, что Воронежская область является самой теплой и солнечной. Самой несолнечной, холодной является Тульская область. Тульская область самая северная из анализируемых областей, отсюда и малое количество солнечных дней.

2.2 Температурный режим (температура воздуха и почвы)

Температура воздуха и почвы — важнейшие метеорологические показатели, влияющие на рост и развитие растений. [1]

Поверхность почвы нагревается в основном за счет поглощения солнечной радиации. Часть тепла, полученного поверхностью почвы от Солнца, затрачивается на нагревание приземного слоя воздуха, растений, а также на испарение воды. Другая часть тепла передается в нижележащие слои почвы. Температура почвы на разных глубинах — важнейший фактор, влияющий на рост и развитие растений, а также условия их перезимовки, — в немалой степени зависит от теплоемкости и теплопроводности различных типов почв, их физических характеристик. [2]

Ниже приведены данные о средней температуре почвы в исследуемых областях.

Таблица 7 – Средняя месячная и годовая температура поверхности почвы, °С

Месяц Регион	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Воронежская область	-10	-9	-4	8	18	24	24	22	14	6	-1	-5	7
Курская область	-9	-9	-4	7	17	22	23	21	14	6	-1	-5	7
Липецкая область	-10	-10	-4	8	18	23	24	22	14	6	-1	-6	7
Орловская область	-10	-10	-5	6	16	21	22	20	13	5	-1	-6	6
Тульская область	-11	-10	-4	6	15	20	21	19	12	5	-2	-6	5

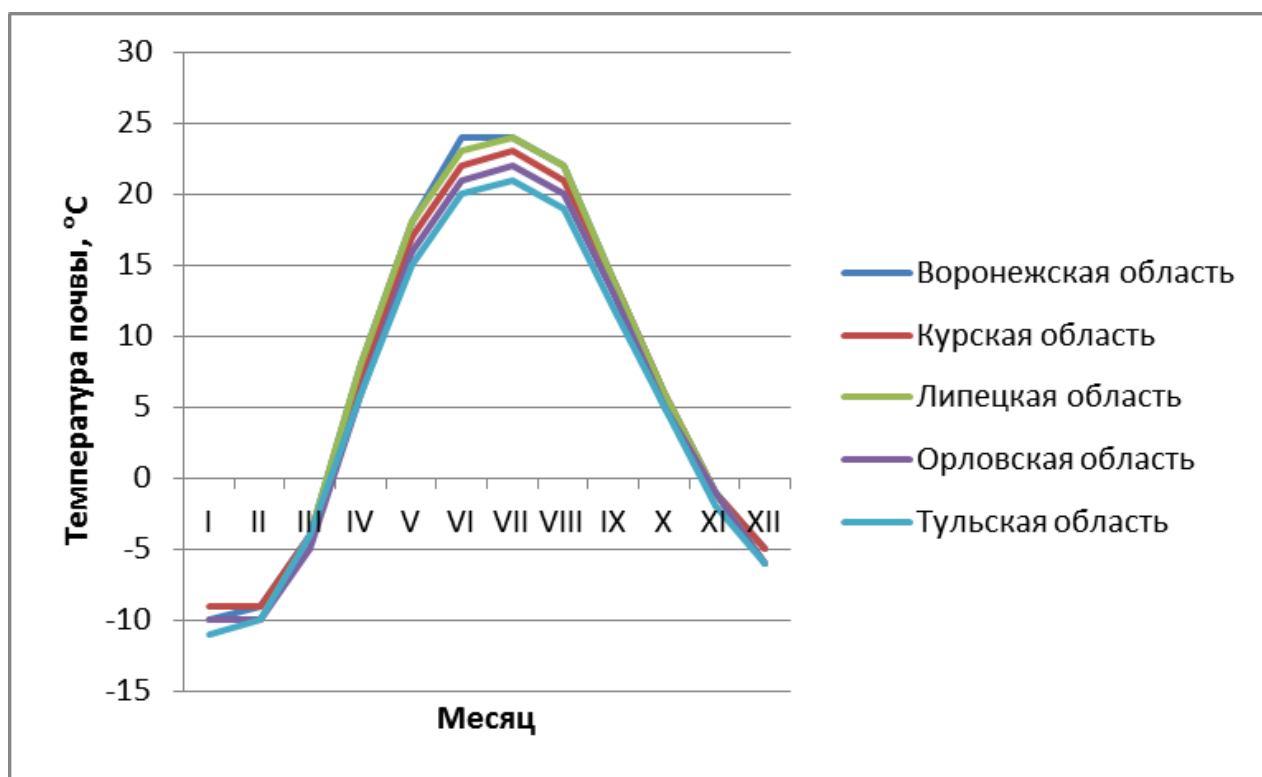


Рис.14 – Данные о средней температуре поверхности почвы в исследуемых областях

Из таблицы 7 видно, что среднемесячная температура поверхности почвы имеет отрицательные значения не только в зимние месяцы, но также ранней весной (это март месяц) и поздней осенью (это ноябрь месяц). Минимальная средняя температура поверхности почвы зафиксирована в январе и феврале месяце во всех исследуемых регионах. Максимальная средняя температура поверхности почвы прослеживается в летний период – с июня по август. [11]

Анализируя средние значения годовой температуры почвы можно сделать вывод, что Воронежская, Курская и Липецкая области являются самыми теплыми регионами из исследуемых, а вот Тульская область является самым холодным регионом.

Температура атмосферного воздуха обусловлена главным образом теплообменом с земной поверхностью. В дневные часы тепло от нагретой почвы передается воздуху, ночью охлаждающаяся в результате эффективного излучения почва, напротив, начинает снижать температуру прилегающего к ней слоя атмосферы. [7]

Далее приведены данные средней месячной и годовой температуры воздуха в рассматриваемых областях.

По данным таблицы 8 видно, что самый холодный месяц в году – это январь во всех рассматриваемых регионах. Самый теплый месяц – это июль также во всех областях. Также видно, что Воронежская область является самым теплым регионом из рассматриваемых областей. Стоит также отметить, что из-за умеренно-континентального климата, средняя годовая температура выше 0°C , что является преимуществом данных областей.

После анализа таблицы 8 и рисунка 15 делаем вывод о том, что благоприятный вегетационный период, начала посадки и обработки всей сельскохозяйственной культуры в данных областях, является промежуток с апреля по октябрь, когда уже установилась плюсовая температура и еще не опускается ниже 0°C .

Таблица 8 – Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С

Месяц Регион	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Воронежская область	-9,8	-9,6	-3,7	6,6	14,6	17,9	19,9	18,6	13,0	5,9	-0,6	-6,2	5,6
Курская область	-9,3	-7,8	-3,0	6,6	13,9	17,2	18,7	17,6	12,2	5,6	-0,4	-5,2	5,5
Липецкая область	-9,5	-9,5	-4,0	6,0	14,0	18,0	19,9	18,5	12,6	5,5	-0,9	-6,5	5,3
Орловская область	-9,7	-8,8	-4,0	5,6	13,0	16,9	18,5	17,1	11,7	5,1	-0,9	-5,6	4,9
Тульская область	-9,9	-9,5	-4,1	5,0	12,9	16,7	18,6	17,2	11,6	5,0	-1,1	-6,7	4,7

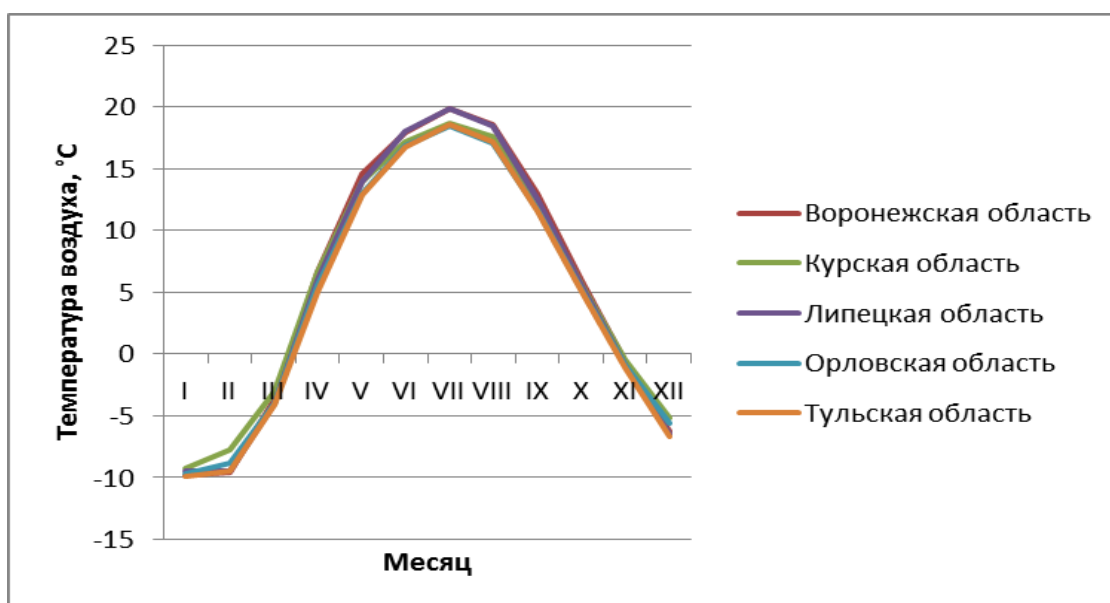


Рис.15 – Средняя месячная температура воздуха в рассматриваемых областях

К числу расчетных показателей, характеризующих температурный режим той или иной территории и определяющих возможность возделывания тех или иных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, относятся средние суточные, средние месячные, средние годовые температуры, а также суммы активных и суммы эффективных температур. Суммы активных температур складываются из средних суточных температур выше 10 °С, отсчитанных от температурного биологического минимума, при котором начинает развиваться растение данной культуры. Биологический минимум называют также

нижним порогом развития. Знание этих показателей позволяет определить оптимальные сроки сева, уборки, сроков проведения других сельскохозяйственных работ. [4]

В агрометеорологии для оценки термических ресурсов районов используется сумма активных температур (выше 10°C), так как при такой температуре и выше активно развивается большинство культурных растений. Сумма активных температур служит показателем обеспеченности теплом за вегетационный период. [3]

Расчет суммы активных температур за вегетационный период проводится по средней месячной температуре, снятой с графика. С графика снимается дата начала, и дата конца вегетационного периода с температурой воздуха выше 10°C. Затем подсчитываются сумма активных температур за каждый полный месяц. Для этого значение средней месячной температуры умножается на число дней в месяце.

$$\Sigma t = \bar{t} * n \quad 2.5$$

Где Σt – сумма температур за период;

$\bar{t}$ – средняя суточная температура воздуха за рассматриваемый период;

n - число дней в периоде.

Если месяц неполный, то в начале и конце периода, когда происходит переход температуры через 10°C, сумма температур подсчитывается по формуле:

$$\Sigma t = \frac{t_{10} + t_n}{2} * n \quad 2.6$$

Где Σt – сумма температур за неполный месяц в начале вегетационного периода;

t_{10} – температура воздуха на дату перехода температуры через 10°C;

t_n – температура на конец месяца;

n – число дней неполного месяца.

Для расчета суммы активных температур могут использоваться как суточные данные, так и многолетние (по графику годовой динамики температуры). Подсчет сумм начинается с даты периода среднесуточной даты через 10°C , значения ниже 10°C не учитываются. [5]

Температура воздуха может изменяться из-за перемещения воздушных масс в горизонтальном направлении. Они могут быть опасными для сельскохозяйственных культур, так как нередко приводят к резким понижениям температуры. [3]

Ветер характеризуется скоростью, выражаемой в метрах в секунду (м/с) и направлением (южный, юго-восточный и т.д.), а также порывистостью. [2]

Направление ветра определяется по восьми основным румбам флюгера, расположенным по странам света или в градусах, начиная от северного румба по часовой стрелке. (рис.16).



Рис.16 – Основные румбы

Ветер оказывает огромное влияние на растения. Ветер переносит влажный воздух с океанов и морей вглубь материков, обеспечивая растения влагой, перемешивает воздух, создавая благоприятный температурный режим. В то же время он может усиливать непродуктивное испарение воды с поверхности почвы, вызывая почвенную засуху. Ветер способствует опылению многих сельскохозяйственных растений, однако сильный ветер осложняет

выполнение многих сельскохозяйственных работ, может приводить к полеганию посевов, ветровой эрозии почвы, сдуванию снега с полей. [4]

Далее приведены данные о повторяемости направления ветра и преобладающей скорости ветра по регионам.

Таблица 9 – Многолетние среднегодовые данные повторяемости направления ветра по областям, %

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Воронежская область	12	11	10	14	13	11	18	11
Курская область	8	13	15	13	10	15	16	10
Липецкая область	10	11	12	13	17	10	12	15
Орловская область	12	8	9	14	16	15	15	11
Тульская область	11	6	12	16	13	11	17	14

Из приведенных значений в таблице 9 можно сделать вывод, что в Воронежской, Курской и Тульской областях преобладает западное направление ветра, а вот в Липецкой и Орловской областях – южное направление ветра. С месячными данными по преобладанию ветра в областях можно ознакомиться в Приложении 1.

Для изучения повторяемости ветров различных направлений в течение года и определения господствующего направления ветра используют специальный график, называемый розой ветров. Знание розы ветров для определенной территории позволяет правильно (т. е. в нужном направлении) высаживать лесополосы, кулисы и т.д. [9]

Роза ветров, построенная по реальным данным наблюдений, позволяет по длине лучей построенного многоугольника выявить направление преобладающего ветра, со стороны которого чаще всего приходит воздушный поток в данную местность. [8]

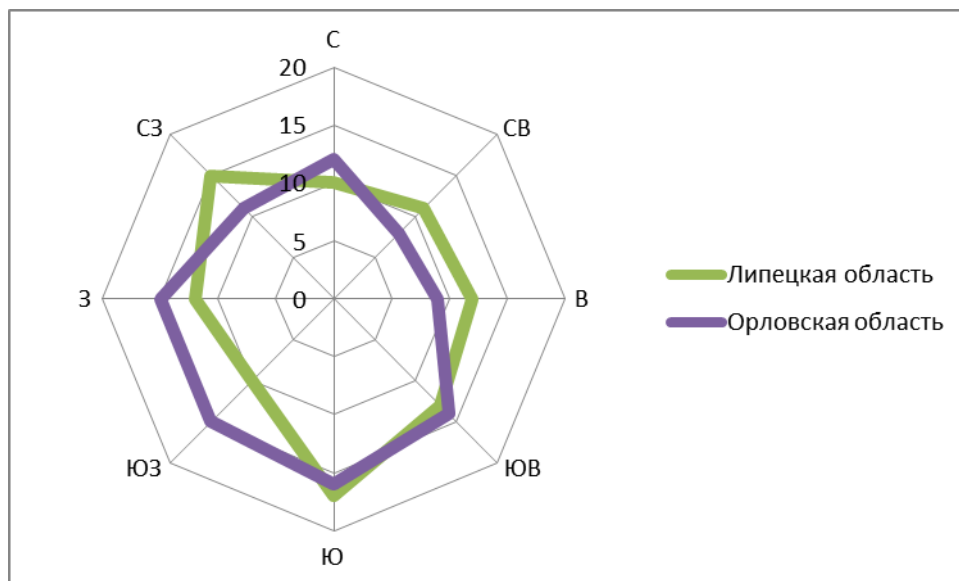


Рис. 17 – Роза ветров Липецкой и Орловской областей.

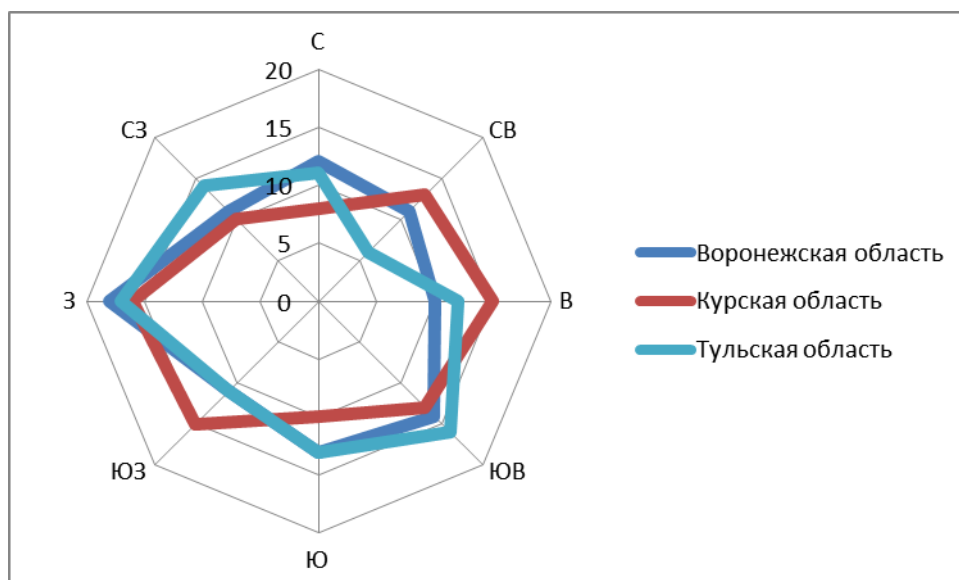


Рис.18 – Роза ветров Воронежской, Курской, Тульской областей.

По рисункам 17 и 18 можно увидеть явное преобладание того или иного направления ветра.

Также важной характеристикой ветра является его скорость. Ниже приведены многолетние данные о скорости ветра.

Таблица 10 – Средняя месячная и годовая скорость ветра по регионам, м/с

Ре- гион	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Воро- неж- ская об- ласть	4,3	4,5	4,4	4,0	3,6	3,2	3,0	2,9	3,1	3,7	4,2	4,4	3,8
Кур- ская об- ласть	4,6	4,7	4,5	4,2	3,7	3,4	3,2	3,2	3,5	4,1	4,6	4,5	4,0
Ли- пец- кая об- ласть	4,3	4,5	4,5	4,1	3,9	3,4	3,2	3,0	3,2	3,8	4,2	4,4	3,9
Ор- лов- ская об- ласть	4,9	5,2	4,9	4,3	4,1	3,6	3,4	3,4	3,7	4,3	4,9	5,1	4,3
Тул- ская об- ласть	4,1	4,2	4,1	3,6	3,3	3,0	2,9	2,6	2,9	3,6	4,1	4,4	3,6

Из таблицы 10 делаем вывод, что январь, февраль, март, ноябрь, декабрь – это месяцы, в которых наблюдается самая высокая скорость ветра во всех областях. В апреле и октябре скорость ветра немного снижается, но все же остается высокой для рассматриваемых областей. [11]

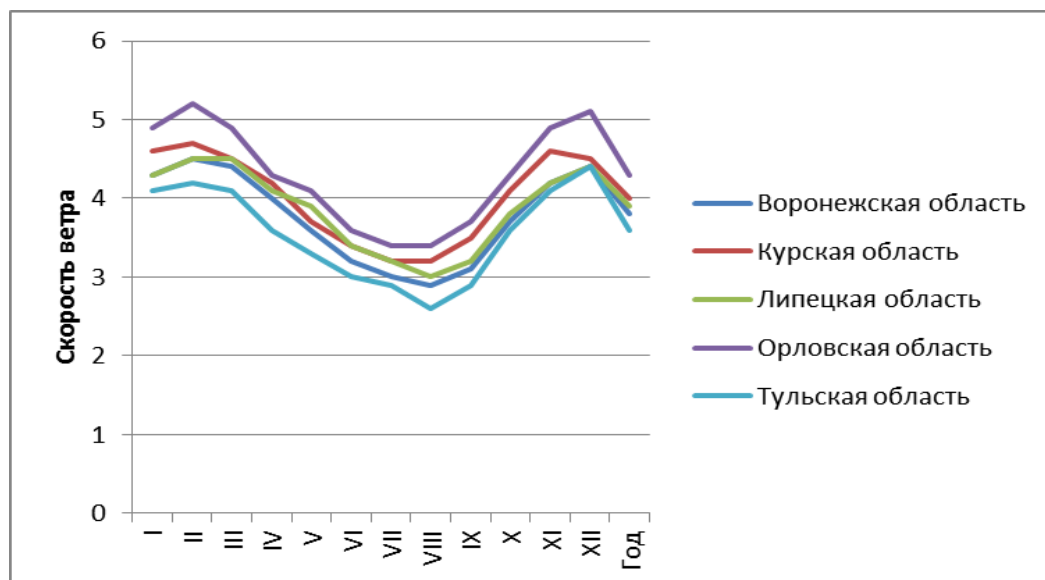


Рис. 19 - Средняя месячная и годовая скорость ветра по регионам

Таким образом, на территории Орловской области наблюдается самый высокий показатель скорости ветра, что очень хорошо видно на рисунке 19. Самый низкий показатель скорости ветра по многолетним наблюдениям прослеживается в Тульской области.

2.3 Условия увлажнения в центральной части Европейской территории России

Осадки являются основным источником влаги для сельскохозяйственных растений. Они бывают жидкими в виде дождя, твердыми в виде снега, снежной крупы, града и т.д., а также смешанными в виде мокрого снега. По характеру выпадения осадки подразделяются на обложные, ливневые и морозящие. С точки зрения сельскохозяйственного производства наиболее благоприятны обложные дожди, которые хорошо впитываются почвой, не вызывают водной эрозии почвы и полегания посевов сельскохозяйственных культур, однако обильные осадки во время уборки урожая могут привести к большим потерям и ухудшить качество сельскохозяйственной продукции. Длительное отсутствие осадков в летний период приводит к иссушению почвы, создавая неблагоприятные условия для развития растений. [9]

В Центральной части Европейской территории России за год выпадает в среднем 600 — 700 мм осадков различного типа. Знание режима выпадения

осадков необходимо для правильного размещения по территории различных сельскохозяйственных культур и организации сельскохозяйственных работ.[6]

Большое влияние на сельскохозяйственное производство оказывают твердые осадки в виде снега, выпадающие в зимний период. Снег образует снежный покров, который хорошо защищает от вымерзания озимые культуры, многолетние травы, корневую систему плодовых и ягодных культур. Например, в районах с невысоким снежным покровом и суровой зимой озимые, как правило, не высевают. Кроме того, снежный покров — это запас воды, используемый растениями весной и в первую половину лета. Для увеличения высоты снежного покрова на полях используют различные приемы снежной мелиорации: посадку полезащитных лесополос, посев на полях узкими полосами (кулисами) высокостебельных растений (кукуруза, подсолнечник и др.), уменьшающих сдувание снега с полей. [8]

Количество осадков выражают высотой слоя воды (в мм), который образовался бы на поверхности, если бы выпавшие осадки не просачивались в почву, не испарялись и не стекали. [6]

Месячное и годовое количество осадков по рассматриваемым областям приведены ниже.

Таблица 11 – Месячное и годовое количество осадков в регионах, мм

Регион	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Воронежская область	33	26	30	38	51	58	71	59	45	45	41	42	539
Курская область	38	31	37	39	53	61	73	56	50	43	52	54	587
Липецкая область	29	24	27	33	46	59	68	59	45	43	40	38	511
Орловская область	30	27	33	35	53	61	80	67	51	46	46	42	571
Тульская область	34	29	34	41	53	62	85	66	54	50	46	44	598

Из таблицы 11 видно, что самым богатым месяцем на осадки является июль во всех рассматриваемых областях. А вот самым бедным – февраль.

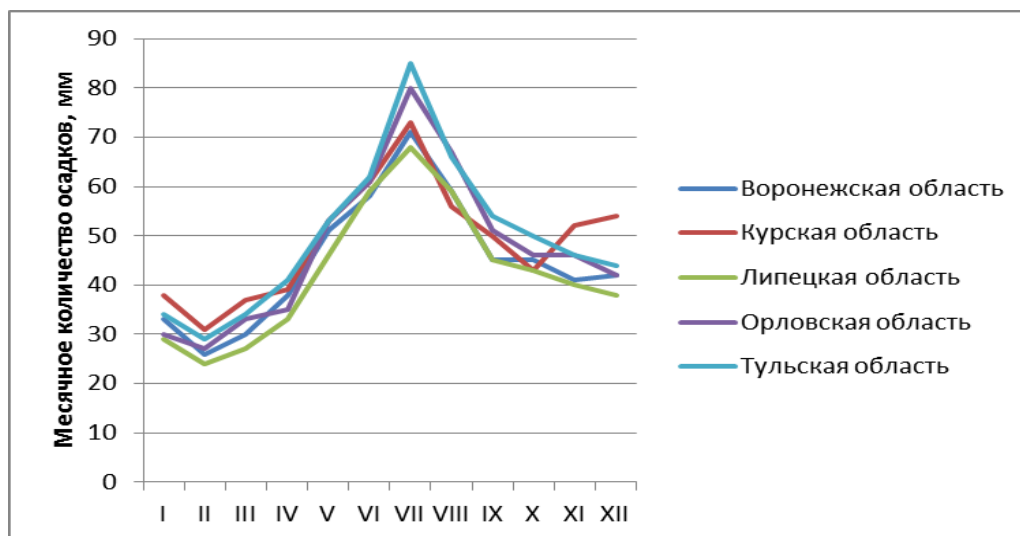


Рис. 20 – Месячное количество осадков по областям

На рисунке 20 показана динамика среднемесячных выпадений атмосферных осадков по областям. Стоит отметить, что в Тульской области наблюдается наибольшее количество выпавших осадков. Наименьшее количество выпавших осадков наблюдается в Липецкой области. [11]

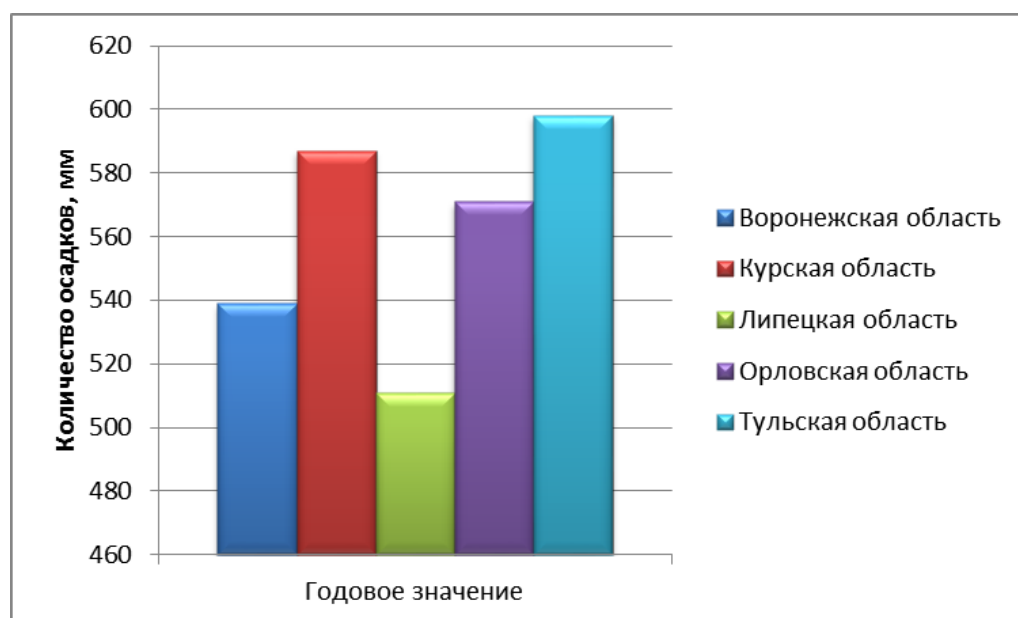


Рис.21 – Годовое количество атмосферных осадков по областям

Суммарное годовое значение выпавших атмосферных осадков представлено на рисунке 21. Наибольшее количество всех осадков за год приходится

на территории Тульской области и составил 598 мм в году, что совсем не отклоняется от нормы (около 600 мм). Наименьшее количество всех осадков за год приходится на территории Липецкой области и составил 511 мм. Стоит заметить, что минимальная величина не сильно отклоняется от годовой нормы региона (около 560 мм). [6]

На развитие растений влияет не только солнечная радиация, температурный режим воздуха и почвы, атмосферные осадки, но и влажность воздуха. При понижении влажности воздуха и высокой температуре развитие растений, как правило, ускоряется, повышается сахаристость их плодов, в зерне хлебных злаков увеличивается содержание белка. Однако при этом испарение воды почвой и растениями возрастает, почва быстрее иссушается, что при отсутствии достаточного количества осадков может привести к существенному недобору урожая. [8]

Одной из характеристик описывающая влажность воздуха является относительная влажность. Под относительной влажностью принято считать отношение парциального давления водяного пара (давление водяного пара в воздухе) на давление насыщения водяного пара (максимальное значение парциального давления). Принято считать в процентах. [6]

Ниже приведены данные относительной влажности воздуха в рассматриваемых областях.

Таблица 12 – Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха, %

Регион	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Воронежская область	83	82	82	70	59	62	66	67	70	78	85	87	74
Курская область	86	85	84	73	63	64	69	69	72	80	88	89	77
Липецкая область	83	82	84	72	60	62	67	68	71	80	86	87	75
Орловская область	86	84	85	76	66	68	71	73	77	83	87	88	79
Тульская область	83	81	81	74	64	65	70	73	76	80	85	85	76

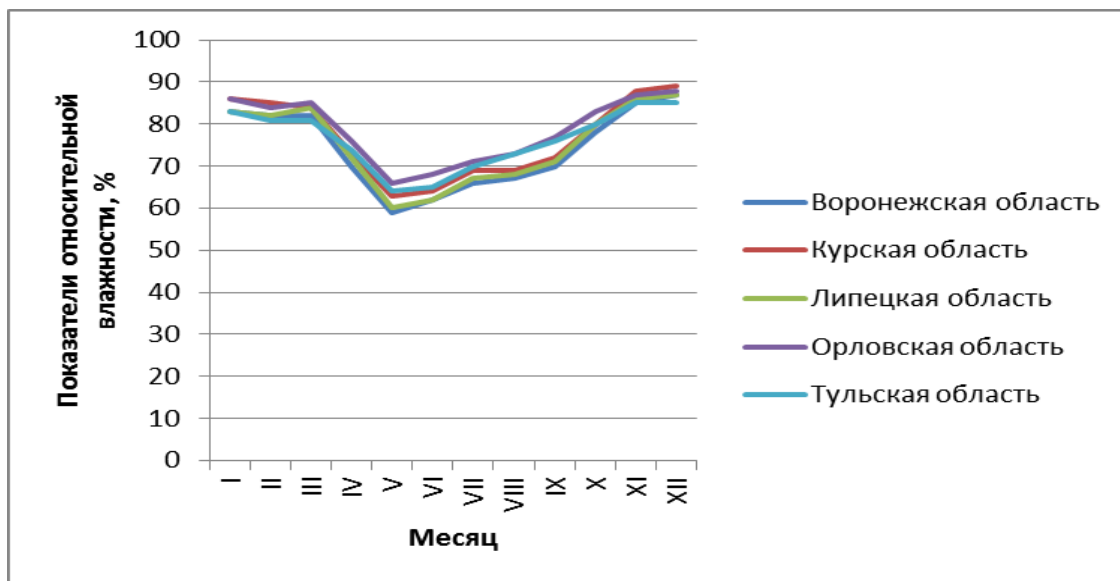


Рис. 22 – Среднемесячная динамика относительной влажности в регионах

По рисунку 22 можно отметить, что наибольшее значение относительной влажности наблюдается в декабре месяце на территории всех областей. Наименьшее значение в мае месяце также на территории всех областей.

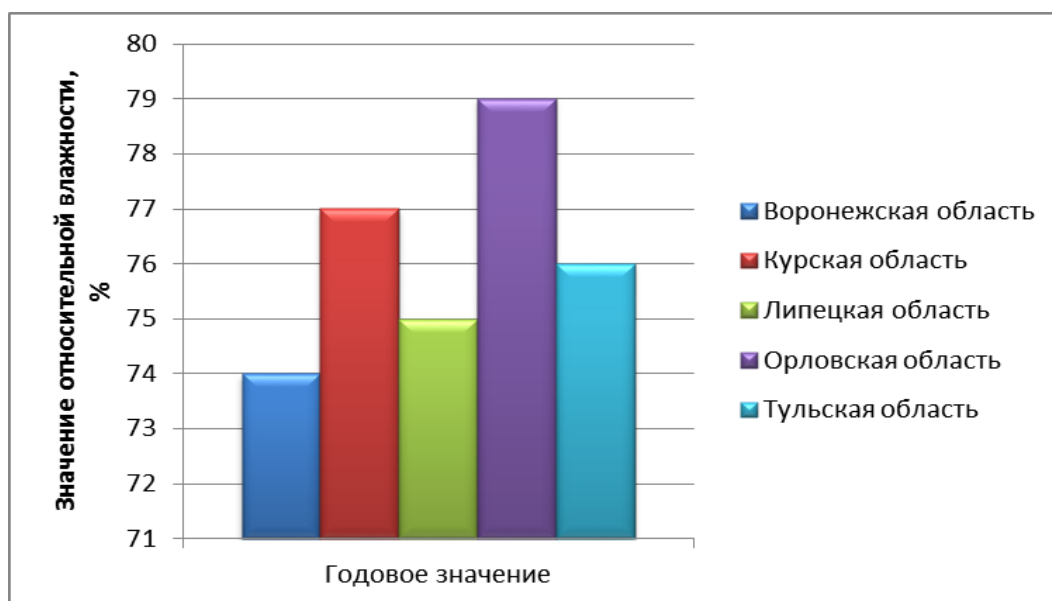


Рис. 23 – Средняя годовая относительная влажность воздуха в регионах

Если обратить внимание на годовые значения на рисунке 23, то можно сделать вывод, что наибольшее количество относительной влажности наблюдается на территории Орловской области и составило 79%, а наименьшее на территории Воронежской области – 74%. [11]

В агроклиматических исследованиях для оценки условий увлажнения сельскохозяйственных территорий используются различные показатели, представляющие собой отношение количества влаги, поступающей с осадками, или сформировавшиеся запасы продуктивной влаги в корнеобитаемых горизонтах почвы (приход), к ее расходу (испаряемости) за конкретный период времени. [6]

В качестве одного из таких показателей используют гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова. Рассчитывается данный коэффициент по следующей формуле:

$$\text{ГТК} = \frac{\sum r}{0.1 * \sum t_{\geq 10}} \quad (2.7)$$

Где $\sum r$ – сумма осадков за вегетационный период, мм

$\sum t_{\geq 10}$ – сумма температур выше 10°C за тот же период.

По показателю ГТК можно определить степень увлажнения за вегетационный период растения в регионе. Удовлетворительные условия увлажнения принято считать при $\text{ГТК} > 1$. [5]

Для определения интенсивности засухи и уровня уменьшения урожая сельскохозяйственной культуры, используют градацию ГТК от А.М. Алпатьевой и Н.Г. Грибковой.

Таблица 13 – Коэффициент ГТК

Уровень засухи	ГТК	Уменьшения урожая, %
Слабая	0,6-1,0	25
Средняя	0,5-0,6	25-50
Сильная	0,4-0,5	>50
Очень сильная	<0,4	>50

Самые сильные засухи наблюдаются в весеннее и летнее время. Именно в этот период сельскохозяйственные культуры подвержены наибольшему ущербу от засухи. [6]

При начале уменьшения уровня влагообеспеченности сельскохозяйственных культур, можно определить засушливый период и сам период засухи. Так при снижении запасов влаги, необходимой для роста и развития растения, до уровня 10 – 19 мм, то можно сказать, что начался засушливый период, но если запасы влаги меньше 10 мм, считается, что наступила засуха.

На основе учета климатических ресурсов ведется агроклиматическое районирование территории страны, которое характеризует степень благоприятности климатических условий для сельскохозяйственного производства.[9]

3 Анализ агрометеорологических характеристик и оценка их влияния на урожайность зерновых культур

3.1 Фотосинтетическая активная радиация

Необходимое условие фотосинтеза — энергия солнечной радиации. Следует создавать такие посевы, чтобы листья растений поглощали энергию солнца с возможно высоким коэффициентом полезного действия, что, в свою очередь, способствовало бы созданию наибольшей биомассы и сосредоточению ее в хозяйственно ценной части урожая — семенах, клубнях, корнеплодах и т.п. [10]

В процессе фотосинтеза принимает участие не вся солнечная энергия, а только ее видимая часть — фотосинтетическая активная радиация (ФАР). Эти лучи являются энергетической основой фотосинтеза. Эти лучи поглощаются почвой, от которой нагреваются приземный слой воздуха и сами растения, при этом усиливаются транспирация и испарение влаги с поверхности почвы. Количество ФАР, падающее на единицу поверхности почвы, в среднем по месяцам года и по декадам месяца определено для различных географических зон. [4]

Во избежание нехватки солнечной энергии, часто используют искусственное освещение для поддержания роста и развития растения. Ведь огромное количество факторов влияет на поступление энергии: метеоусловия, качество почвы и рельефа местности, время года. Поэтому для поддержания качества продукции и комфортных условий среды, кроме естественного источника, необходимо использовать и искусственные. [3]

Одним из ключевых факторов при оценке радиационного режима регионов является суммарная радиация Q , которая в свою очередь зависит от прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность S' и рассеянной радиации D . Изменения величин S' и D приводит к изменению суммарной радиации. Данные изменения могут происходить в зависимости от высоты солнца, прозрачности облаков и атмосферы. [6]

Ниже представлены данные по суммарной солнечной радиации Q и фотосинтетической активной радиации $Q_{\text{фар}}$ по исследуемым областям.

Таблица 14 – Месячные и годовые показатели суммарной солнечной радиации и фотосинтетической активной радиации при ясной погоде, МДж/м²

	Тульская область		Курская область		Воронежская область	
Месяц	Q	$Q_{\text{фар}}$	Q	$Q_{\text{фар}}$	Q	$Q_{\text{фар}}$
Январь	125	65.0	164	85.3	166	86.3
Февраль	269	139.9	267	138.8	291	151.3
Март	499	259.5	500	260.0	513	266.8
Апрель	675	351.0	671	348.9	694	360.9
Май	851	442.5	834	433.7	856	445.1
Июнь	893	464.4	874	454.5	864	449.3
Июль	863	448.8	861	447.7	848	441.0
Август	715	371.8	721	374.9	728	378.6
Сентябрь	509	264.7	515	267.8	543	282.4

Октябрь	328	170.6	347	180.4	373	194.0
Ноябрь	187	97.2	195	101.4	209	108.7
Декабрь	112	58.2	127	66.0	140	72.8
Год	6026	3133.5	6076	3159.5	6225	3237.0

Из таблицы 14 видно, что самые высокие значения фотосинтетической активной радиации ($Q_{\text{фар}}$) наблюдаются в теплое время года, а именно в июне месяце и составляют от 449,3 до 464,4 МДж/м². И это тенденция прослеживается во всех исследуемых областях. Самые низкие значения $Q_{\text{фар}}$ наблюдаются в декабре месяце и колеблются в промежутке от 58,2 до 72,8 МДж/м². Данная тенденция отмечена также во всех рассматриваемых областях.

В Воронежской области наблюдается самое высокое общее количество фотосинтетической активной радиации и составляет 3237,0 МДж/м². Самое низкое значение общего количества $Q_{\text{фар}}$ зафиксировано в Тульской области.

Таблица 15 – Месячные и годовые показатели суммарной солнечной радиации и фотосинтетической активной радиации при средних условиях облачности, МДж/м²

	Тульская область		Курская область		Воронежская область	
Месяц	Q	$Q_{\text{фар}}$	Q	$Q_{\text{фар}}$	Q	$Q_{\text{фар}}$
Январь	81	42.1	98	51.0	99	51.5
Февраль	143	74.4	162	84.2	171	88.9
Март	281	146.1	295	153.4	303	157.6
Апрель	377	196.0	388	201.8	391	203.3
Май	556	289.1	548	285.0	565	293.8
Июнь	588	305.8	620	322.4	614	319.3
Июль	587	305.2	597	310.4	616	320.3
Август	483	251.2	492	255.8	486	252.7

Сентябрь	300	156.0	333	173.2	343	178.4
Октябрь	159	82.7	193	100.4	204	106.1
Ноябрь	73	38.0	76	39.5	87	45.2
Декабрь	45	23.4	54	28.1	63	32.8
Год	3673	1910.0	3856	2005.1	3942	2049.8

Из данных приведённых в таблице 15 можно сделать вывод о том, что наибольшие значения фотосинтетической активной радиации наблюдаются в летний период времени, а именно в июне месяце, но в Воронежской области максимальное значение было достигнуто в июле месяце и составило 320,3 МДж/м². А вот наименьшее значение $Q_{\text{фар}}$ зафиксировано в декабре месяце, и это прослеживается во всех областях.

Как и при ясной погоде, так и при средних условиях облачности значение общей фотосинтетической активной радиации за год наблюдается в Воронежской области и составляет 2049,8 МДж/м². Самое низкое значение отмечается в Тульской области и составляет 1910,0 МДж/м².

Анализируя данные из таблиц 14 и 15, делаем вывод, что значения суммарной солнечной радиации и фотосинтетической активной радиации выше в летний период времени при ясном небе, чем в тот же период при средних условиях облачности.

3.2 Характеристика активных температур

Сумма активных температур может быть определена как из ежедневных наблюдений, так и по многолетним данным. Подсчет сумм ведется, начиная с даты перехода среднесуточной температуры воздуха через 10° С. При этом, если она равна 10,1° С, то в сумму активных температур включается 10,1, а температура ниже 10° С в расчет не принимается. Вычисление сумм активных температур по многолетним данным проводится с помощью графика годового хода температуры. Определив на графике даты весеннего и осеннего

переходов температуры воздуха через 10° С, суммируют температуры воздуха за период между этими датами. Вычисленные таким образом суммы активных температур, необходимые для созревания, оказываются различными для разных сельскохозяйственных культур. [6]

Далее приведены данные по активной температуре за 2010 год во всех исследуемых областях

Таблица 16 – Сумма активных температур за 2010 год во всех рассматриваемых областях

Регион	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Сумма, °С
Тульская обл.	88	520,8	600	768,8	719,2	364	3060,8
Курская обл.	132	539,4	654	799,8	775	391,5	3291,7
Липецкая обл.	115	539,4	669	815,3	784,3	405	3328
Воронежская обл.	144	536,3	672	818,4	787,4	375	3333,1
Орловская обл.	126,5	530,1	630	790,5	734,7	377	3188,8

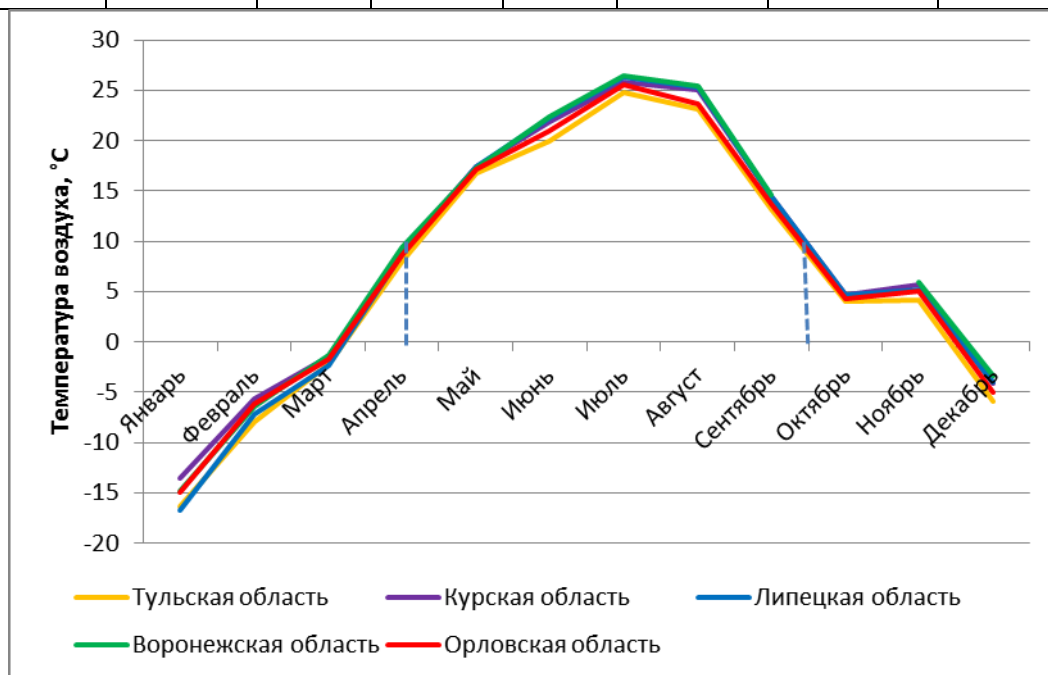


Рис. 24 – Годовой ход температуры воздуха за 2010 год по всем исследуемым областям

По рисунку 24 можно отметить, что вегетационный период в 2010 году начался во второй половине апреля, а закончился в конце сентября, и данная тенденция прослеживается на территориях всех исследуемых областей.

Максимальное значение суммы активной температуры приходится на территорию Воронежской области и составляет 3333,1 °С, а минимальное значение - на территорию Тульской области и составляет 3060,8 °С.

Таблица 17 - Сумма активных температур за 2011 год во всех рассматриваемых областях

Регион	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Сумма, °С
Тульская обл.	31,5	480,5	585	697,5	573,5	351	2719
Курская обл.	66	523,9	591	697,5	592,1	377	2847,5
Липецкая обл.	63	523,9	600	740,9	616,9	391,5	2936,2
Воронежская обл.	55	530,1	618	734,7	626,2	420	2984
Орловская обл.	42	483,6	582	685,1	564,2	338	2694,9

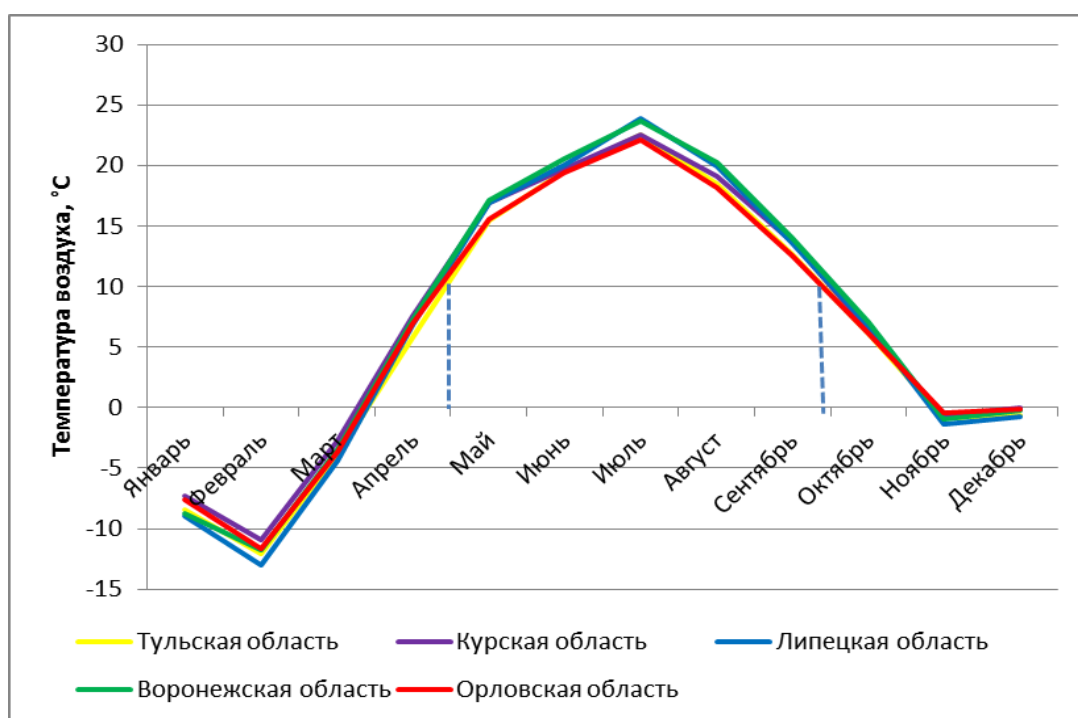


Рис. 25 – Годовой ход температуры воздуха за 2011 год по всем исследуемым областям

По рисунку 25 видно, что вегетационный период в 2011 году имеет разные даты начала и окончания во всех областях. Так, в Тульской области начало вегетационного периода пришлось на 27 апреля, а окончание на 27 сентября.

Сумма активной температуры составила 2719°C. На территории Курской области вегетационный период берет начало 24 апреля, а окончание – 29 сентября. Сумма активной температуры составила 2847,5°C. В Липецкой области вегетационный период начался 24 апреля, завершение – 29 сентября. Сумма активной температуры составила – 2936,2°C. На территории Воронежской области вегетационный период начался 25 апреля, и продлился до конца сентября. Сумма активной температуры составила 2984°C. В Орловской области вегетационный период начался 26 апреля, а завершился 26 сентября. Сумма активной температуры составила – 2694,9°C.

В сравнении рисунков 24 и 25 можно сделать вывод, что начало вегетационного периода сместилось на конец апреля в 2011 году по сравнению с 2010, где начало вегетационного периода наблюдалось со второй половины апреля. Окончание вегетационного периода изменилось незначительно.

Таблица 18 - Сумма активных температур за 2012 год во всех рассматриваемых областях

Регион	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Сумма °С
Тульская обл.	88	502,2	525	654,1	399	573,5	-	2741,8
Курская обл.	212,5	551,8	555	685,1	610,7	450	99	3164,1
Липецкая обл.	200	564,2	582	672,7	613,8	420	63	3115,7
Воронежская обл.	225	570,4	603	685,1	629,3	432	154	3298,8
Орловская обл.	156	520,8	531	663,4	579,7	414	31,5	2896,4

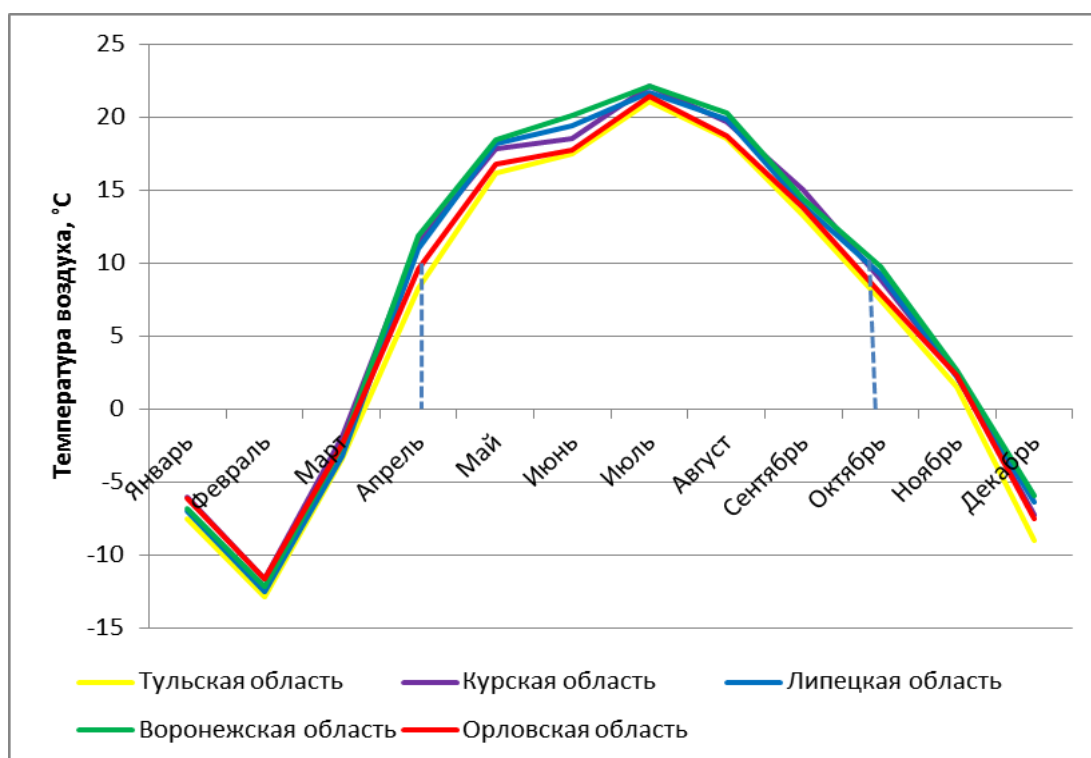


Рис. 26 – Годовой ход температуры воздуха за 2012 год по всем исследуемым областям

По рисунку 26 видно, что вегетационный период в 2012 году начался относительно в середине апреля во всех областях, а завершился почти к середине октября. В сравнении с 2011 годом, в 2012 году вегетационный период длился более продолжительное время. Похожую тенденцию можно проследить и по суммам активных температур, значения которых значительно выше, чем в 2011 году.

Таблица 19 - Сумма активных температур за 2013 год во всех рассматриваемых областях

Регион	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Сумма, °С
Тульская обл.	42	542,5	576	561,1	570,4	180	2472
Курская обл.	120	589	621	607,6	607,6	287,5	2832,7
Липецкая обл.	144	592,1	636	610,7	629,3	312	2924,1
Воронежская обл.	187,5	604,5	636	623,1	635,5	338	3024,6
Орловская обл.	88	554,9	633,6	579,7	585,9	225	2667,1

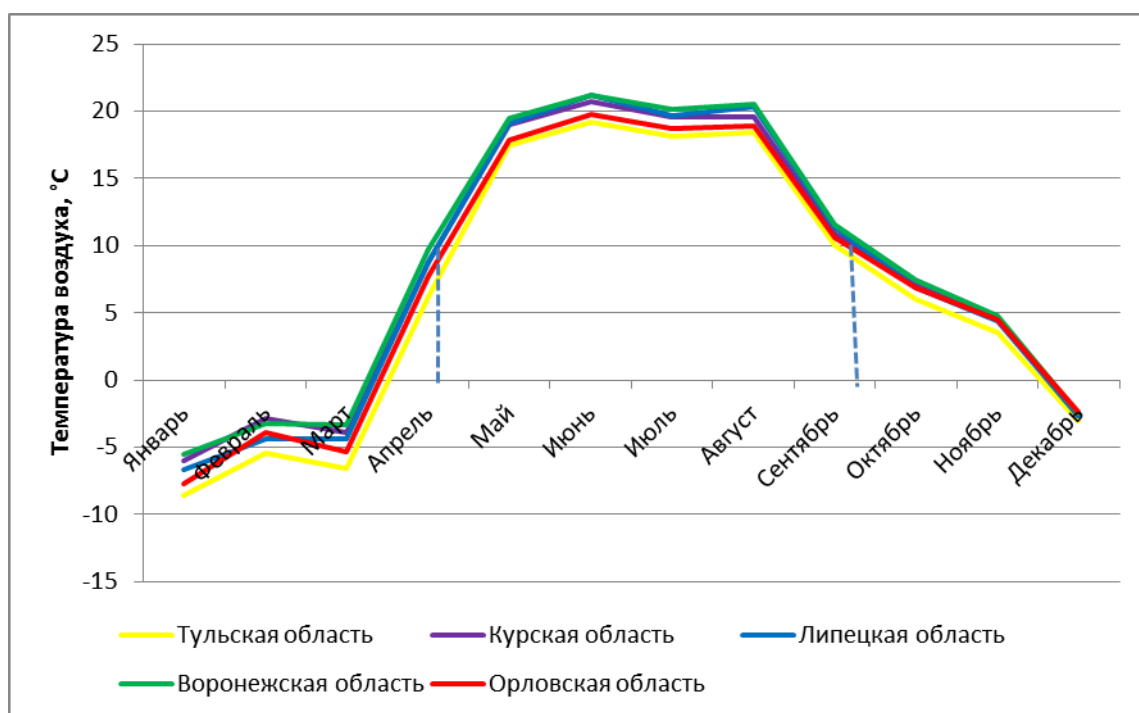


Рис. 27 – Годовой ход температуры воздуха за 2013 год по всем исследуемым областям

По годовому ходу температуры за 2013 год (рис.25) видно, что вегетационный период в 2013 году имеет разные даты начала и окончания во всех областях. В Тульской области начало вегетационного периода пришлось на 26 апреля, а окончание на 15 сентября. Сумма активной температуры составила 2472°C. На территории Курской области вегетационный период берет начало 20 апреля, а окончание – 23 сентября. Сумма активной температуры составила 2832,7°C. В Липецкой области вегетационный период начался 18 апреля, завершился – 24 сентября. Сумма активной температуры составила – 2924,1°C. На территории Воронежской области вегетационный период начался 15 апреля, и продлился 26 сентября. Сумма активной температуры составила 3024°C. В Орловской области вегетационный период начался 22 апреля, а завершился 18 сентября. Сумма активной температуры составила – 2667,1°C.

В сравнении рисунков 26 и 27 можно сделать вывод, что начало вегетационного периода не поменялось, а вот окончание заметно сместилось. Это привело к тому, что вегетация сельскохозяйственных культур закончилась раньше, чем в 2012 году.

Таблица 20 - Сумма активных температур за 2014 год во всех рассматриваемых областях

Регион	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Сумма, °С
Тульская обл.	52,5	502,2	468	629,3	598,3	299	2549,3
Курская обл.	115	545,6	504	678,9	660,3	392	2895,8
Липецкая обл.	80,5	561,1	528	682	666,5	378	2896,1
Воронежская обл.	108	573,5	537	691,3	675,8	420,5	3006,1
Орловская обл.	88	523,9	521,6	647,9	616,9	337,5	2735,8

По рисунку 28 видно, что начало вегетационного периода в 2014 году произошло во второй половине апреля, а завершился период в конце сентября. Такие даты начала и окончания вегетационного периода прослеживаются на всех исследуемых территориях. По сравнению с 2013 годом, в 2014 году вегетационный период имел более продолжительный промежуток времени. Максимальное значение суммы активных температур наблюдалось на территории Воронежской области, и составило 3006,1°С. Минимум зафиксирован в Тульской области, и составил 2549,3°С.

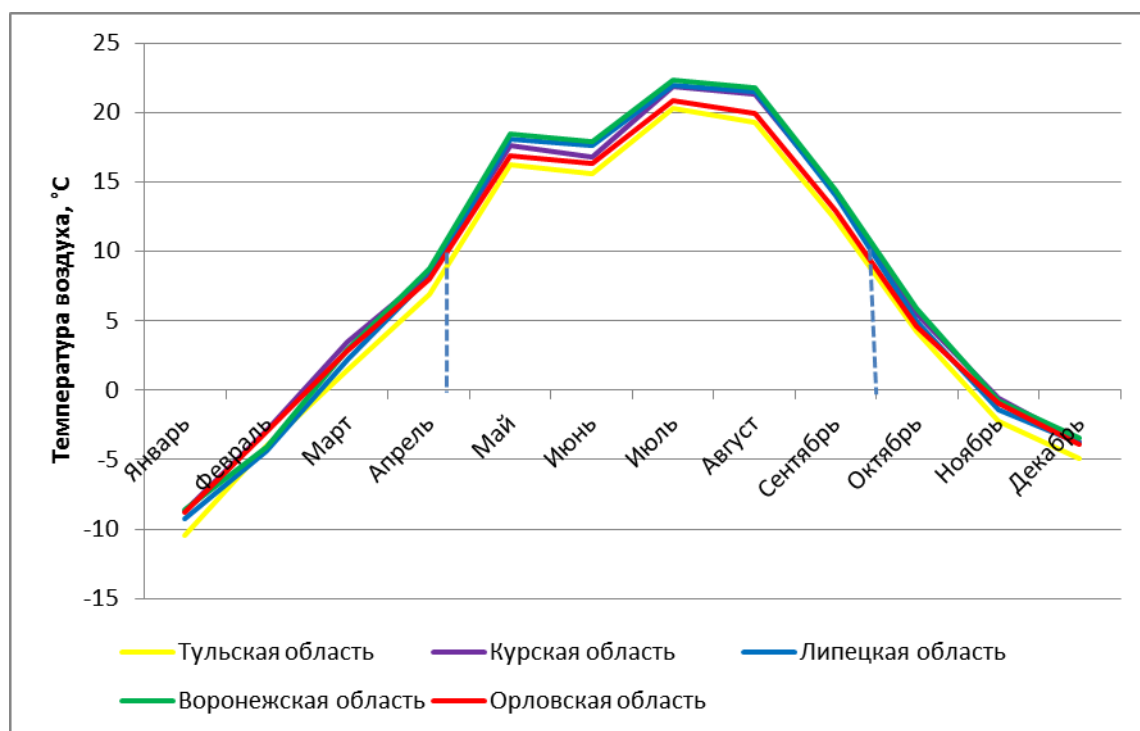


Рис. 28 – Годовой ход температуры воздуха за 2014 год по всем исследуемым областям

Таблица 21 - Сумма активных температур за 2015 год во всех рассматриваемых областях

Регион	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Сумма °С
Тульская обл.	-	449,5	531	570,4	558	364	-	2472,9
Курская обл.	52,5	486,7	582	620	629,3	501	-	2871,5
Липецкая обл.	55	502,2	609	626,2	592,1	507	-	2891,5
Воронежская обл.	55	505,3	621	651	613,8	528	31,5	3005,6
Орловская обл.	42	468,1	552	595,2	579,7	391,5	-	2628,5

Сравнивая рисунки 28 и 29 можно сделать вывод, что вегетационный период сместился на несколько дней. Такое смещение привело к тому, что вегетация сельскохозяйственных культур началась и завершилась позже, чем в 2014 году. Лидером по максимальному значению суммы активных температур является Воронежская область, и ее значение – 3005,6°С. Лидером по минимальному значению является Тульская область, и ее значение – 2472,9°С.

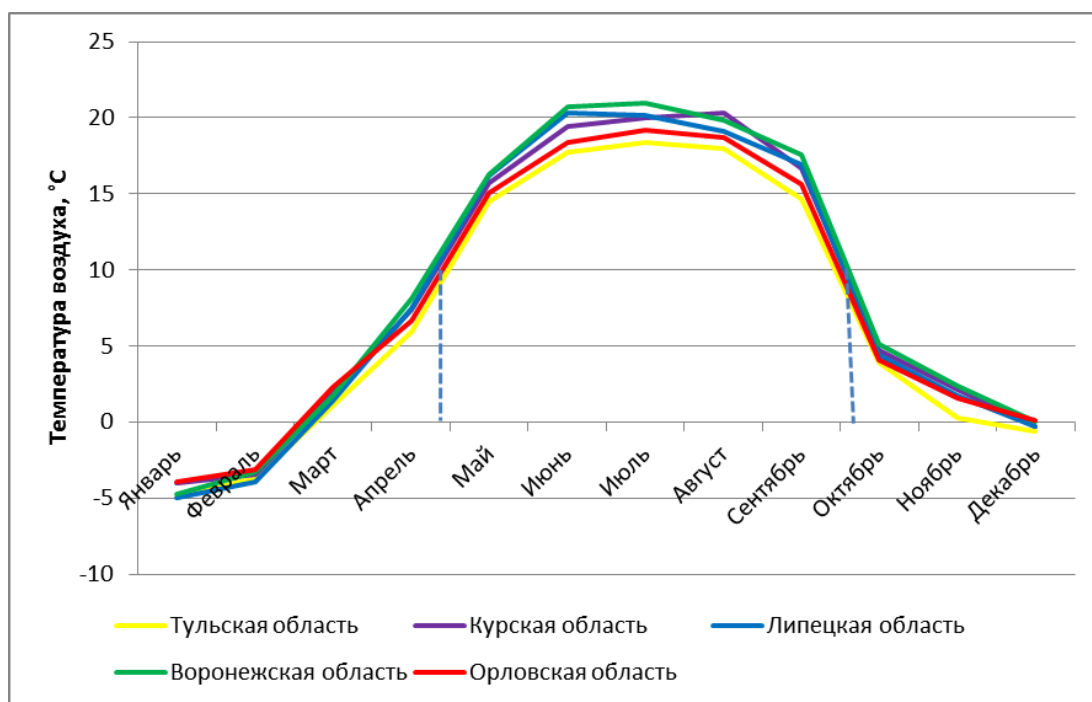


Рис. 29 – Годовой ход температуры воздуха за 2015 год по всем исследуемым областям

Таблица 22 - Сумма активных температур за 2016 год во всех рассматриваемых областях

Регион	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Сумма, °С
Тульская обл.	21	427,8	522	629,3	592,1	225	2417,2
Курская обл.	154	455,7	567	669,6	647,9	338	2832,2
Липецкая обл.	154	468,1	573	694,4	669,6	351	2910,1
Воронежская обл.	172,5	480,5	588	700,6	678,9	364	2984,5
Орловская обл.	121	443,3	543	647,9	616,9	299	2671,1

Как и в 2015 году, так и в 2016 году максимальное значение суммы активных температур зафиксировано на территории Воронежской области и составило 2984,5°С. Минимальное значение суммы активных температур, также как и в 2015 году, зафиксировано на территории Тульской области и составило 2417,2°С.

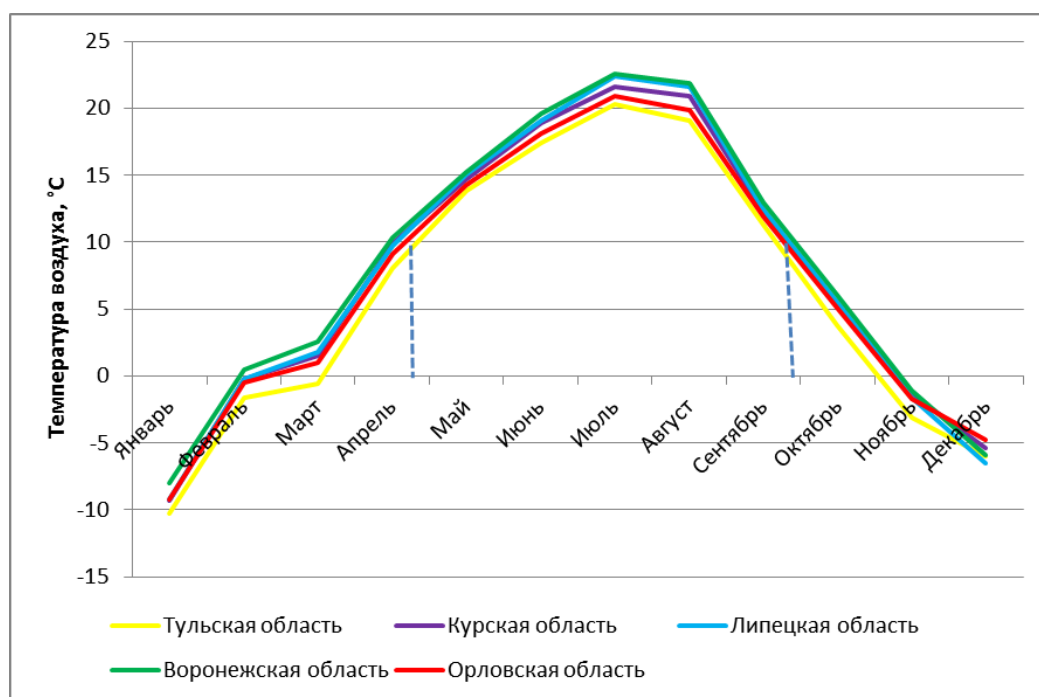


Рис. 30 – Годовой ход температуры воздуха за 2016 год по всем исследуемым областям

По рисунку 30 можно заметить, что в 2016 году вегетационный период оказался непродолжительным, начался он 20 апреля и завершился 26

сентября. И такой срок вегетации сельскохозяйственных культур зафиксирован на территориях всех исследуемых областей.

Таблица 23 - Сумма активных температур за 2017 год во всех рассматриваемых областях

Регион	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Сумма °С
Тульская обл.	-	299	441	539,4	582,8	325	-	2187,2
Курская обл.	21	412,3	507	589	654,1	435	-	2618,4
Липецкая обл.	21	421,6	501	620	660,3	435	-	2658,9
Воронежская обл.	42	434	516	629,3	669,6	453	21	2764,9
Орловская обл.	-	393,7	474	564,2	613,8	378	-	2423,7

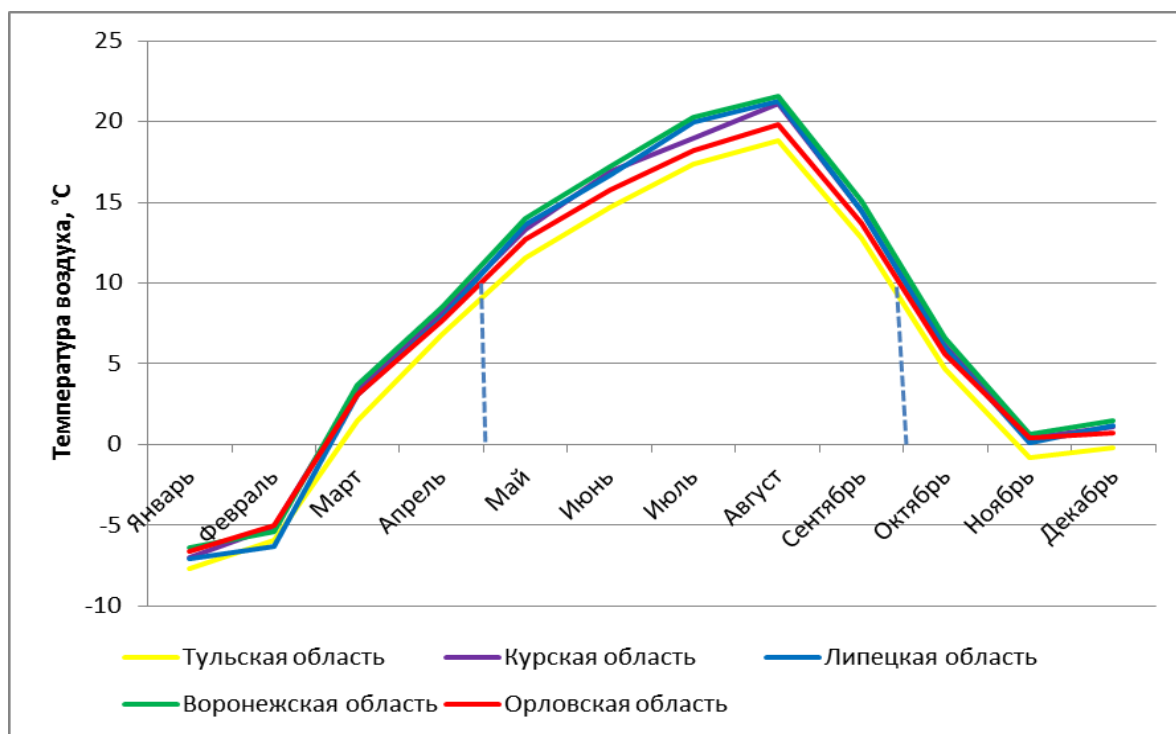


Рис. 31 – Годовой ход температуры воздуха за 2017 год по всем исследуемым областям

По годовому ходу температуры за 2017 год (рис.31) видно, что вегетационный период в 2017 году имеет разные даты начала и окончания во всех областях. В Тульской области срок вегетационного периода был коротким, начало пришлось на 4 мая, а окончание на 25 сентября. Сумма активной температуры составила 2187,2°С. На территории Курской области вегетационный

период берет начало 28 апреля, а окончание – 30 сентября. Сумма активной температуры составила 2618,4°C. В Липецкой области вегетационный период начался 28 апреля, завершился – 30 сентября. Сумма активной температуры составила – 2658,9°C. На территории Воронежской области вегетационный период начался 26 апреля, и продлился до 2 октября. Сумма активной температуры составила 2764,9°C. В Орловской области вегетационный период начался 1 мая, а завершился 28 сентября. Сумма активной температуры составила – 2423,7°C.

Таблица 24 - Сумма активных температур за 2018 год во всех рассматриваемых областях

Регион	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Сумма °С
Тульская обл.	66	499,1	510	607,6	604,5	453	21	2761,2
Курская обл.	144	551,8	558	632,4	666,5	498	126,5	3177,2
Липецкая обл.	115	551,8	558	675,8	657,2	516	99	3172,8
Воронежская обл.	156	564,2	570	682	663,4	528	144	3307,6
Орловская обл.	115	527	540	635,5	613,8	480	42	2953,3

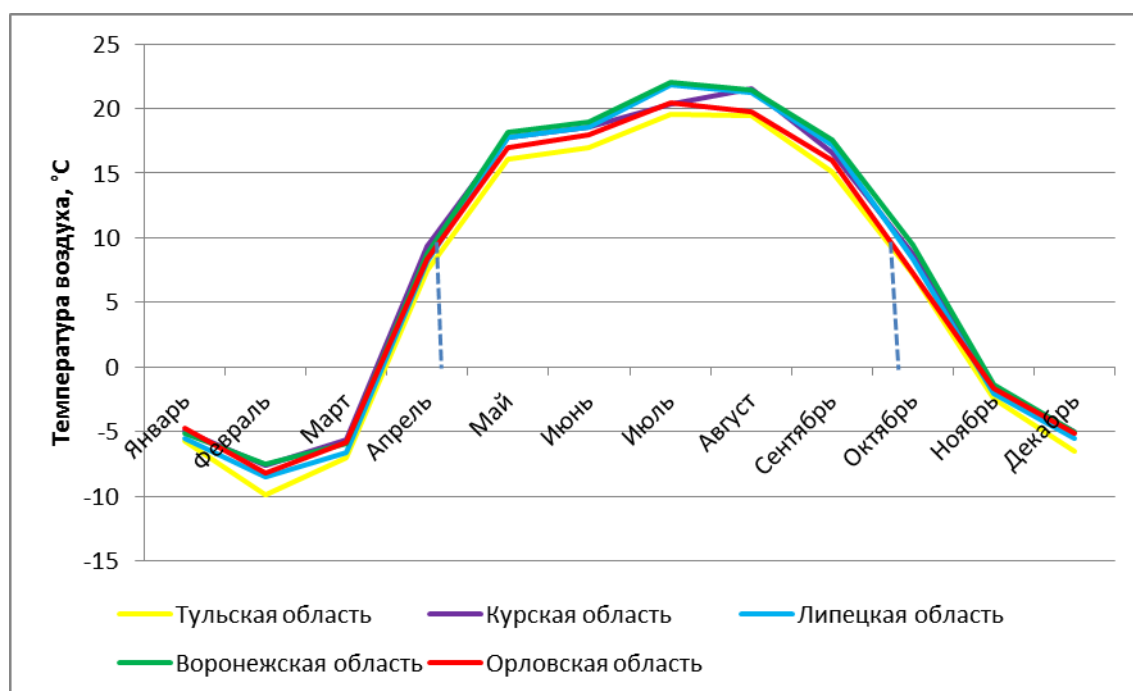


Рис. 32– Годовой ход температуры воздуха за 2018 год по всем исследуемым областям

Из рисунка 32 видно, что вегетационный период в 2018 году начался во второй половине апреля и закончился в первой половине октября. И это прослеживается на территориях всех исследуемых областей. В сравнении с 2017 годом, то в 2018 году вегетация сельскохозяйственных культур продлилась дольше.

Максимальное значение суммы активных температур в 2018 году зафиксировано на территории Воронежской области, и составило 3307,6°C. А самое минимальное значение на территории Тульской области, и составляет 2761,2°C.

По приведенным данным в таблицах 16-24 и по рисункам 24-32, можно сделать вывод о том, что самым благоприятным регионом для выращивания сельскохозяйственных культур из исследуемых областей является Воронежская область. Данная область обладает более продолжительным вегетационным периодом с 2010 по 2018 год по сравнению с вегетационным периодом других рассматриваемых областей в том же календарном сроке. При этом,

сумма активных температур не является тем агрометеорологическим показателем, который объяснил бы рост урожайности в исследуемом регионе.

В Приложении приведены (рис. А и Б) графики ежегодной динамики суммы активных температур и урожайности зерновых культур по областям. По сочетанию кривых можно судить об отсутствии связи между исследуемыми характеристиками, поэтому возникла необходимость анализа дополнительных агрометеорологических характеристик.

В качестве дополнительного параметра рассмотрим даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ (начало вегетационного периода), через $+10^{\circ}\text{C}$ и через $+15^{\circ}\text{C}$ (Прилож. табл.А). В результате анализа можно установить, что прирост урожайности наблюдается в те годы, когда наблюдается раннее наступление вегетационного периода (переход через $+5^{\circ}\text{C}$). Во всех исследуемых районах раннее наступление вегетационного периода наблюдалось в 2014, 2016 и 2017 годах и в эти же годы значительный прирост урожайности.

Таким образом, можно утверждать, что раннее наступление весны означает ранее начало вегетации озимых зерновых культур и начало посевных для яровых культур, т.е. будущий урожай закладывается весной. Весеннее запаздывание посевных работ может привести к потере урожая.

3.3 Анализ условий увлажнения сельскохозяйственных полей в Центральной части Европейской территории России

В сельском хозяйстве есть и неблагоприятные метеорологические явления, которые наносят ущерб сельскохозяйственным растениям. К ним относят засухи, пыльные бури, заморозки, град, сильные ливневые осадки, а также переувлажнение почвы. При неблагоприятных гидрометеорологических условиях значительно падают показатели урожайности сельскохозяйственных культур. [8]

Все необходимые процессы для роста и развития сельскохозяйственной культуры происходят при участии воды. Недостаток или отсутствие влаги приводит ухудшению жизнедеятельности или даже к гибели растения.

Огромный ущерб (около 70 %) всему сельскому хозяйству по стране наносят засухи. Это связано тем, что многие территории с сельскохозяйственными культурами находятся в зонах недостаточной и неравномерной влажности. [3]

При значительном долгом отсутствии атмосферных осадков, высокой температуре и большими показателями испаряемости в регионе, которые приводят к уменьшению количества влаги в почве и неблагоприятным условиям роста и развития растения, а впоследствии ухудшения качества сельскохозяйственной продукции, происходит явление, которое называется засухой. [9]

Для определения уровня засушливости региона, используют разные показатели, связанные с количеством осадков, температуры воздуха, уровнем запасов влаги в почве. За основу оценки засушливости региона используют показатель, при котором уменьшилось количество урожая главной сельскохозяйственной культуры в регионе при засухе. [6]

Самым известным и широко используемым показателем оценки влагообеспеченности территории является гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК). [5]

Далее приведены данные за вегетационный период с 2010 по 2018 год в Курской области, Тульской области, Воронежской области, Орловской области и Липецкой области.

Проведем расчеты ГТК для Курской области (табл.25 и 26).

Таблица 25 – Количество осадков и их сумма за вегетационный период, сумма активной температуры с 2010 по 2018 год в Курской области

	Ап- рель	Май	Июнь	Июль	Ав- густ	Сен- тябрь	Ок- тябрь	Σ осад- ков, мм	Сумма акт.Т, °С
2010	23.2	19.2	25.2	41.7	17.8	75.3	-	202.4	3291.7

2011	28.8	38.5	83.6	61.8	85.4	12.6	-	310.7	2847.5
2012	33.3	66.8	120.5	27.9	88.4	14.3	102	453.2	3164.1
2013	19.5	49	42.3	42.1	76	102.3	-	331.2	2832.7
2014	30.8	69.2	76.2	35.3	6.9	68.3	-	286.7	2895.8
2015	53.8	31	126.5	31.3	3	86.7	-	332.3	2871.5
2016	87.3	79.5	90.1	101	152	13.7	-	523.6	2832.2
2017	22.5	29.7	84.6	94.8	27	20.6	-	279.2	2618.4
2018	13.2	44.9	24.1	178	3.3	35.6	28.7	327.8	3177.2

Таблица 26 – ГТК, уровень засушливости и урожайность зерновых и зернобобовых культур в период с 2010 по 2018 год в Курской области

Год	ГТК	Уровень засушливости	Урожайность, тонн с га
2010	0.6	слабая	1.7
2011	1.1	слабая	2.8
2012	1.4	слабая	3.0
2013	1.2	слабая	3.6
2014	1.0	слабая	4.3
2015	1.2	слабая	3.4
2016	1.8	слабая	4.2
2017	1.1	слабая	4.9
2018	1.0	слабая	4.7

Для определения наличия связи между ГТК и урожайности приводим рисунок 33, где можно заметить отсутствие связи между этими величинами.

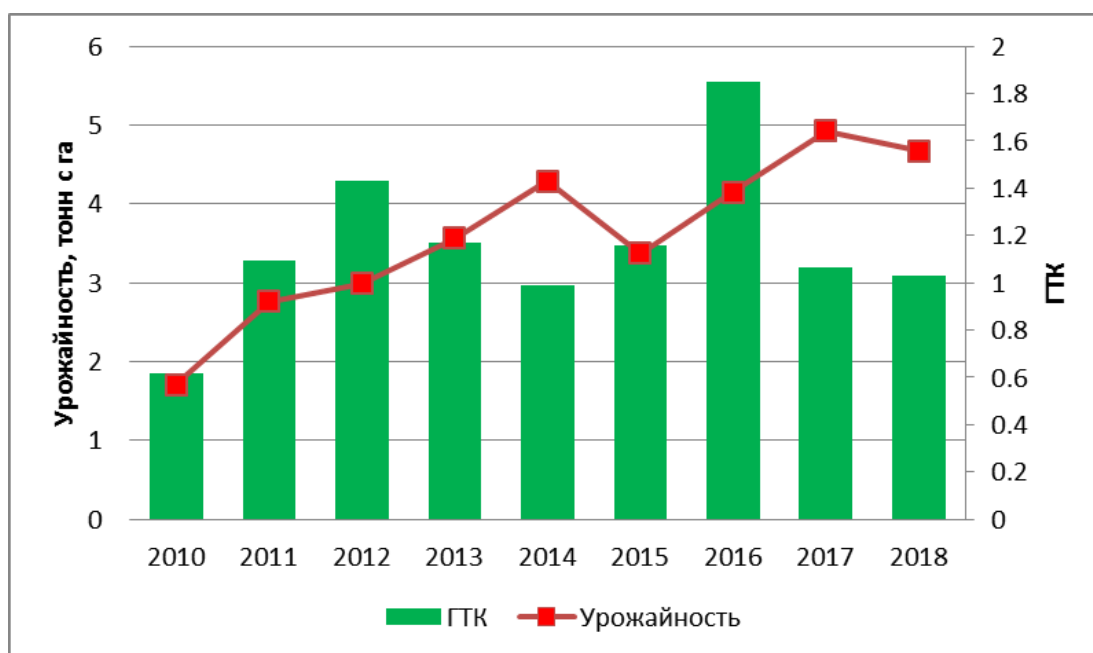


Рис. 33 – Зависимость урожайности зерновых и зернобобовых культур от гидротермических условий вегетационного периода в Курской области (2010-2018 годы)

Условия увлажнения вегетационного периода в отдельные годы могут отличаться друг от друга. Самым засушливым за исследуемый период был 2010 год, когда значение ГТК составляло 0,6. Хорошо увлажненным был 2016 год, когда значение составляло 1,8.

В последующих материалах определяем ГТК на территории других областей (табл.27 – 34) и определяем возможную связь значений ГТК с урожайностью зерновых культур (рис.34 – 37).

Таблица 27 – Количество осадков и их сумма за вегетационный период, сумма активной температуры с 2010 по 2018 год в Тульской области

	Ап- рель	Май	Июнь	Июль	Август	Сен- тябрь	Ок- тябрь	Σ осад- ков, мм	Сумма акт.Т, °С
2010	13.2	98.7	25.8	45.2	34.8	59.2	-	276.9	3060.8
2011	22.1	66.8	35.9	59.3	130.5	52	-	366.6	2719
2012	74.3	10.3	69.6	22.2	118.2	37.1	-	331.7	2741.8
2013	26.9	101.1	16.7	69.7	71.1	118.6	-	404.1	2472
2014	23.5	31.8	66.5	17.8	29.3	19.2	-	188.1	2549.3
2015	-	46.6	131.3	76.7	4.5	32.5	-	291.6	2472.9
2016	42.1	101.2	90.7	126.1	155.3	21.9	-	537.3	2417.2
2017	-	57.5	73.6	66.5	74.2	39.1	-	310.9	2187.2
2018	32.2	36.2	23.2	79.5	23.6	41.4	42.8	278.9	2761.2

Таблица 28 – ГТК, уровень засушливости и урожайность зерновых и зернобобовых культур в период с 2010 по 2018 год в Тульской области

Год	ГТК	Уровень засуш- ливости	Урожайность, тонн с га
2010	0.9	слабая	1.7
2011	1.3	слабая	1.8
2012	1.2	слабая	2.5
2013	1.6	слабая	2.5
2014	0.7	слабая	3.1
2015	1.2	слабая	2.8
2016	2.2	слабая	2.7
2017	1.4	слабая	3.2
2018	1.0	слабая	3.2

Из таблицы 28 и рисунка 34 можно сделать вывод, что самым засушливым за исследуемый период в Тульской области был 2014 год, когда значение ГТК составляло 0,7. Хорошо увлажненным был 2016 год, когда значение составляло 2,2.

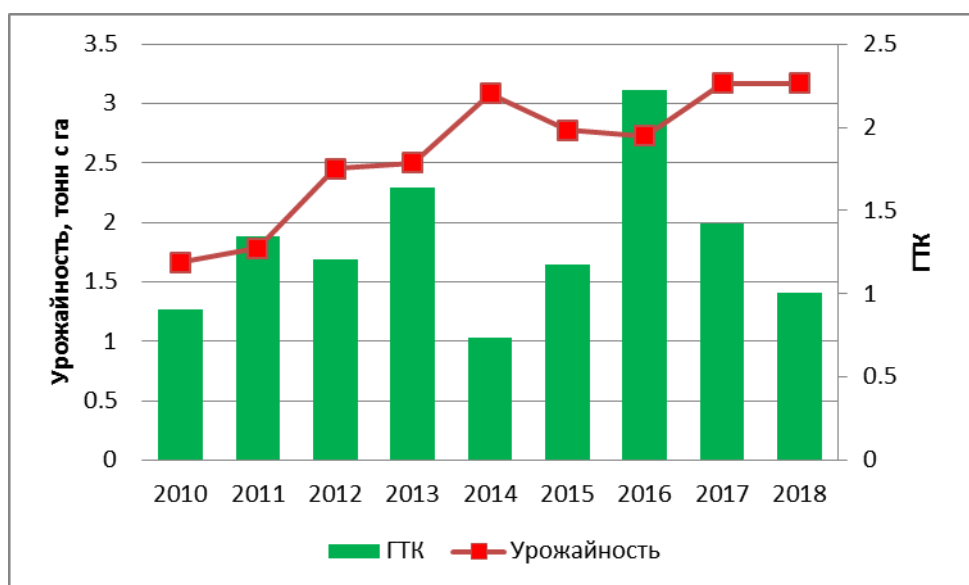


Рис. 34 – Зависимость урожайности зерновых и зернобобовых культур от гидротермических условий вегетационного периода в Тульской области (2010-2018 годы)

Таблица 29 – Количество осадков и их сумма за вегетационный период, сумма активной температуры с 2010 по 2018 год в Воронежской области

	Ап- рель	Май	Июнь	Июль	Август	Сен- тябрь	Ок- тябрь	Σ осад- ков, мм	Сумма акт.Т, °С
2010	39.1	55.3	36.2	33.5	27.6	41.9	-	233.6	3333.1
2011	26.6	26.2	65.8	47.5	97.6	17.8	-	281.5	2984
2012	72	21.6	117.1	64.9	186.5	38.2	139	639.3	3298.8
2013	12.7	64.1	18.9	77.1	88.7	129	-	390.5	3024.6
2014	33.3	31.5	100.4	2.9	47.3	5.5	-	220.9	3006.1
2015	62.2	22.8	72.1	50.3	30.8	16.2	20.9	275.3	3005.6
2016	164	75.2	45.3	38.5	64.6	33.3	-	420.9	2984.5
2017	46.8	26.5	62.5	62.7	46.9	47.9	58.8	352.1	2764.9
2018	71.9	51.5	35.3	79.4	19.4	45.1	38.2	340.8	3307.6

Таблица 30 – ГТК, уровень засушливости и урожайность зерновых и зернобобовых культур в период с 2010 по 2018 год в Воронежской области

Год	ГТК	Уровень засушливости	Урожайность, тонн с га
2010	0.7	слабая	0.8
2011	0.9	слабая	2.3
2012	1.9	слабая	2.2
2013	1.3	слабая	2.6
2014	0.7	слабая	3.1
2015	0.9	слабая	2.9
2016	1.4	слабая	3.4
2017	1.3	слабая	3.8
2018	1.0	слабая	3.3

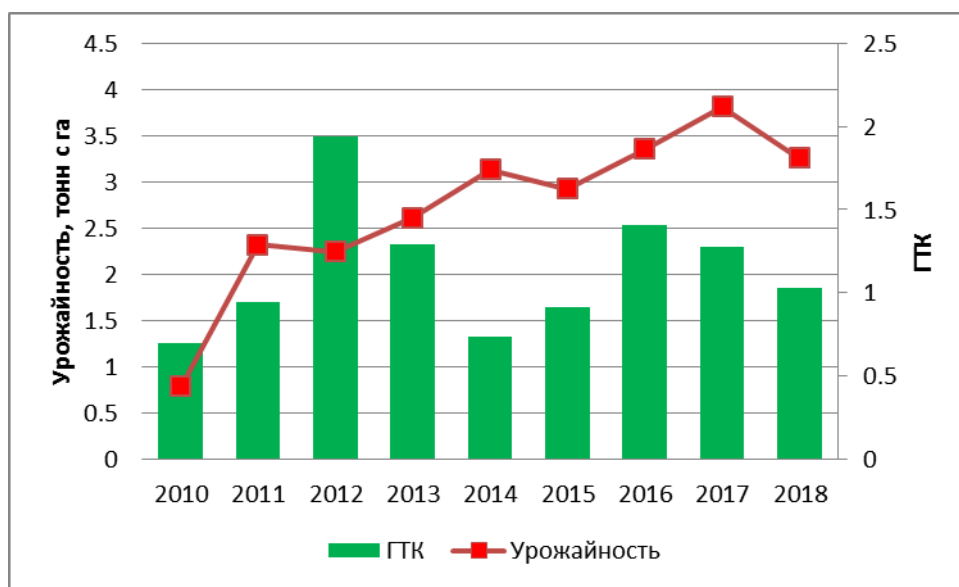


Рис. 35 – Зависимость урожайности зерновых и зернобобовых культур от гидротермических условий вегетационного периода в Воронежской области (2010-2018 годы)

По данным из таблицы 30 и рисунка 35 можно сделать вывод, что самыми засушливыми за исследуемый период в Воронежской области были 2010 и 2014 года, когда значение ГТК составляло 0,7 и 0,7 соответственно. Хорошо увлажненным был 2012 год, когда значение составляло 1,9.

Таблица 31 – Количество осадков и их сумма за вегетационный период, сумма активной температуры с 2010 по 2018 год в Орловской области

	Ап- рель	Май	Июнь	Июль	Август	Сен- тябрь	Ок- тябрь	Σ осад- ков, мм	Сумма акт.Т, °С
2010	25.2	43.4	32.3	20.2	25.2	62.6	-	208.9	3188.8
2011	26.2	28.2	65.6	143.1	130.2	43.4	-	436.7	2694.9
2012	56.5	16.1	94.9	59.5	71.7	28.2	96.9	423.8	2896.4
2013	27.7	64.6	68.8	50.5	30.4	111	-	353	2667.1
2014	33.3	95.9	53.5	20.2	15.6	41.4	-	259.9	2735.8
2015	54.5	74.7	36.6	70.7	8.8	68.6	-	313.9	2628.5
2016	76.7	64.6	67.6	129	105.1	21.2	-	464.2	2671.1
2017	-	56.5	61.6	145.2	88.5	17.7	-	369.5	2423.7
2018	32.2	32.3	16.8	111.2	16.3	41.4	49.7	299.9	2953.3

Таблица 32 – ГТК, уровень засушливости и урожайность зерновых и зернобобовых культур в период с 2010 по 2018 год в Орловской области

Год	ГТК	Уровень засуш- ливости	Урожайность, тонн с га
2010	0.7	слабая	1.9
2011	1.6	слабая	2.2
2012	1.5	слабая	2.7
2013	1.3	слабая	3.2
2014	0.9	слабая	4.0
2015	1.2	слабая	3.0
2016	1.7	слабая	3.3
2017	1.5	слабая	3.6
2018	1.0	слабая	3.6

По данным из таблицы 32 и рисунка 36 можно сделать вывод, что самым засушливым за исследуемый период в Орловской области был 2010 год, когда значение ГТК составляло 0,7. Хорошо увлажненным был 2016 год, когда значение составляло 1,7.

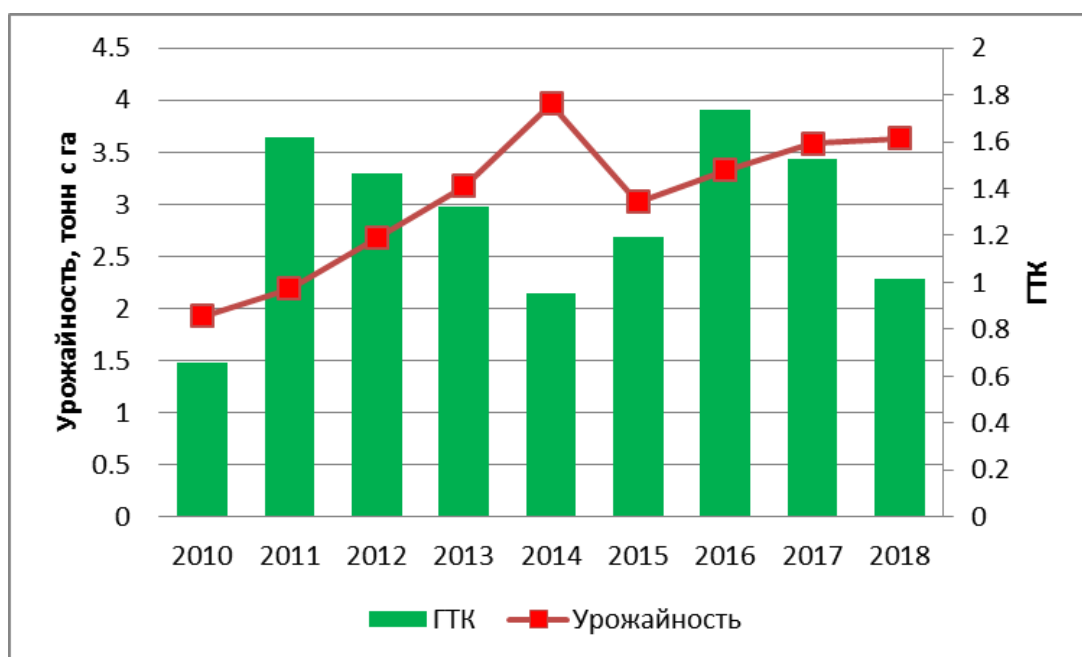


Рис. 36 – Зависимость урожайности зерновых и зернобобовых культур от гидротермических условий вегетационного периода в Орловской области (2010-2018 годы)

Таблица 33 – Количество осадков и их сумма за вегетационный период, сумма активной температуры с 2010 по 2018 год в Липецкой области

	Ап- рель	Май	Июнь	Июль	Ав- густ	Сен- тябрь	Ок- тябрь	Σ осад- ков, мм	Сумма акт.Т, °С
2010	29.2	45.4	9.9	54.6	36.3	42.7	-	218.1	3328
2011	31.3	18.2	8.5	30.8	38.5	58.6	-	185.9	2936.2
2012	33.8	37	57.2	63.6	26.2	131.3	55.7	404.8	3115.7
2013	36	11.2	52.5	13.1	53.6	11.4	-	177.8	2924.1
2014	54.8	17.2	18.8	23.2	68.8	69.4	-	252.2	2896.1
2015	21.5	46.5	2.9	51.9	12.3	108.6	-	243.7	2891.5
2016	74.8	41.4	54.5	124.1	72.7	60.7	-	428.2	2910.1
2017	41.4	20.2	36.3	29.2	21.2	33.3	-	181.6	2658.9
2018	51.5	28.2	60.6	47.4	47.7	25.2	70	330.6	3172.8

Таблица 34 – ГТК, уровень засушливости и урожайность зерновых и зернобобовых культур в период с 2010 по 2018 год в Липецкой области

Год	ГТК	Уровень засушливости	Урожайность, тонн с га
2010	0.7	слабая	1.6
2011	0.6	слабая	2.5
2012	1.3	слабая	2.5
2013	0.6	слабая	3.3
2014	0.9	слабая	3.3
2015	0.8	слабая	3.0
2016	1.5	слабая	3.5
2017	0.7	слабая	4.0
2018	1.0	слабая	3.9

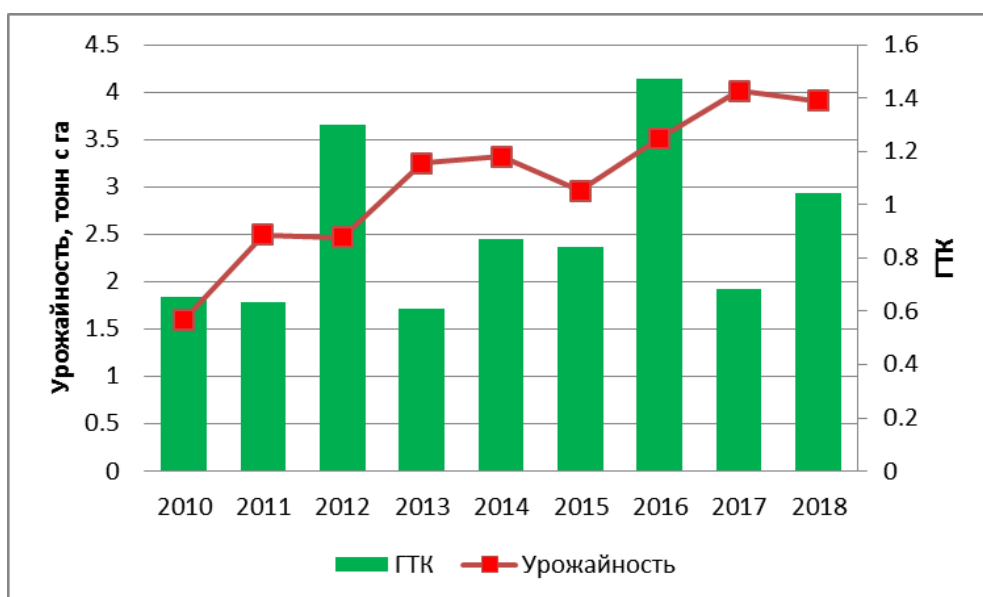


Рис. 37 – Зависимость урожайности зерновых и зернобобовых культур от гидротермических условий вегетационного периода в Липецкой области (2010-2018 годы)

По данным из таблицы 34 и рисунка 37 можно сделать вывод, что самыми засушливыми за исследуемый период в Липецкой области были 2011 и 2013 года, когда значение ГТК составляло 0,6 и 0,6 соответственно. Хорошо увлажненным был 2016 год, когда значение составляло 1,5.

В результате расчета ГТК и его анализа связи с урожайностью зерновых культур удалось установить факт отсутствия влияния ГТК на урожайность.

Возникает задача по выявлению показателей режима увлажнения, от которых может зависеть будущий урожай. Для этого воспользуемся коэффициентом увлажнения, который состоит из учета осенне-зимних запасов влаги и суммы осадков в весенний период. Результаты анализа приведены в Приложении (табл.В). Не сложно заметить в урожайные годы коэффициент увлажнения соответствует средним арифметическим значениям в многолетнем ряду и колеблется в интервале 30-35.

Но в ходе расчета коэффициента увлажнения, когда использовались значения ежемесячной суммы осадков обратили внимание на сумму осадков в августе месяце. Август месяц – это время полного созревания зерновых культур и уборки. Чем меньше осадков и количества дней с осадками, тем интенсивнее идет потеря влаги у зерен и быстрое их созревание. И в августе же месяце начинается «битва за урожай». Засушливый август – это залог сбора урожая с минимальными потерями. Согласно Приложения (табл. В) не сложно заметить, что рекордные урожаи были в те годы, когда в августе выпадало минимальное количество осадков.

Заключение

Производство зерновых культур – это основной сектор сельскохозяйственной отрасли. Зерно является не только сырьем для пищевой промышленности, но и служит сырьем для производства комбинированных кормов для животноводства.

Российская Федерация в последние годы вышла в лидеры не только по объему производства зерновых культур, но и по уровню урожайности. Наши традиционно зерновые районы в центральной черноземной зоне по уровню урожайности уже догнали Канаду, где урожайность составляет 4,5 – 5,0 тонн с гектара.

Такой прирост урожайности в центральной части Европейской территории России обусловлено влиянием многих факторов, среди которых, наверно, первую роль играет государственная поддержка агропромышленному сектору со стороны государства, ну и во вторую очередь природные факторы – почвенно-географические и погодно-климатические условия.

Проведенные в работе исследования позволили обнаружить влияние температурно-влажностного режима на урожайность зерновых культур в ряде областей в центре России. Эта задача была решена с помощью расчета агрометеорологических показателей: фотоактивная радиация, сумма активных температур, ГТК Селянинова, показатели перехода суточной температуры через значение биологического минимума температуры воздуха, коэффициент увлажнения и сумма осадков по месяцам.

В ходе исследования удалось установить, что общие агрометеорологические характеристики, такие как – ФАР, сумма активных температур и ГТК определяют только фоновые, природно-климатические условия, а в работе необходимо было установить влияние агрометеорологических факторов на динамику урожайности в исследуемом районе за последние 10 лет.

Для установления этих факторов и были использованы дополнительные агрометеорологические характеристики: коэффициент увлажнения, дата

наступления вегетационного периода и месячная сумма осадков в августе месяце. В процессе анализа этих показателей во взаимосвязи со значениями ежегодной урожайности удалось установить:

- в годы, когда наблюдались повышенные значения урожайности коэффициент увлажнения характеризовался средними значениями, т.е. это состояние не засухи и не переувлажнения;
- рост урожайности характерно для тех лет, когда наблюдается ранний устойчивый переход средней месячной температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ (дата начала вегетации), для исследуемого региона это 25-29 марта;
- осадки в августе месяце, в особенности если их количество не превышает, в целом 50 мм в месяц, так же способствуют росту урожайности. Это объясняется двумя причинами – в первом случае при отсутствии осадков в августе месяце зерновые культуры быстрее созревают и отсюда следует вторая причина, т.к. созревшее зерно можно успеть до начала осенних осадков и тем самым, минимизировать потери урожая во время уборки.

Полученные результаты имеют и практическую значимость для зерновых сельскохозяйственных предприятий. На основе прогнозов погоды о дате наступления вегетационного периода хозяйства могут заранее подготовиться к сельскохозяйственным работам и к посеву яровых культур, чтобы не терять драгоценное время. И здесь можно вспомнить поговорку – весенний день, целый год кормит. Во время уборки урожая сельхоз предприятия так же могут принимать оптимальные решения по снижению потерь зерновых в зависимости от прогнозов погоды. Если будут прогнозы об осадках в августе месяце, то предприятиям необходимо привести в порядок сушилки и места хранения с системой вентилирования воздуха.

Список литературы

1. Грингоф И.Г., Клещенко А.Д. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том I. Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011. – 808 с.
2. Грингоф И.Г., Павлова В.Н. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том III. Часть 1. Основы агроклиматологии. Часть 2. Влияние изменений климата на экосистемы, агросферу и сельскохозяйственное производство. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2013. – 384 с.
3. Журина Л.Л., Лосев А.П. Агрометеорология. Учебник. – СПб.: ООО «КВАДРО», 2012. – 368 л.
4. Лебедева В.М., Страшная А.И. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том II. Методы расчетов и прогнозов в агрометеорологии. Книга 2. Оперативное агрометеорологическое прогнозирование. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. – 216 с.
5. Лосев А.П. Сборник задач и вопросов по агрометеорологии. Учебное пособие. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 144 с.
6. Меладзе Г.Г. Вопросы агрометеорологии. М.: Гидрометеиздат, Моск. отд-ние, 1990. – 135 с.
7. Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология. Учебник для вузов. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 424 с.
8. Свисюк И.В. Агрометеорологические прогнозы, расчеты, обоснования. Монография. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 191 с.
9. Серякова Л.П. Агрометеорология. Учебное пособие. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 158 с.
10. Третьяков Н.Н., Ягодин Б.А., Туликов А.М., Дубенок Н.Н. и др. Основы агрономии. – М.: Академия, 2004. – 364 с.
11. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 28. Калужская, Тульская, Тамбовская,

Брянская, Липецкая, Орловская, Курская, Воронежская, Белгородская области. Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 366 с.

12. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. 2019: Стат. сб. / Росстат. – М., 2019. – 766 с.

13. www.meteo.ru

14. www.russia-karta.ru

15. www.pogodaiklimat.ru

Приложения

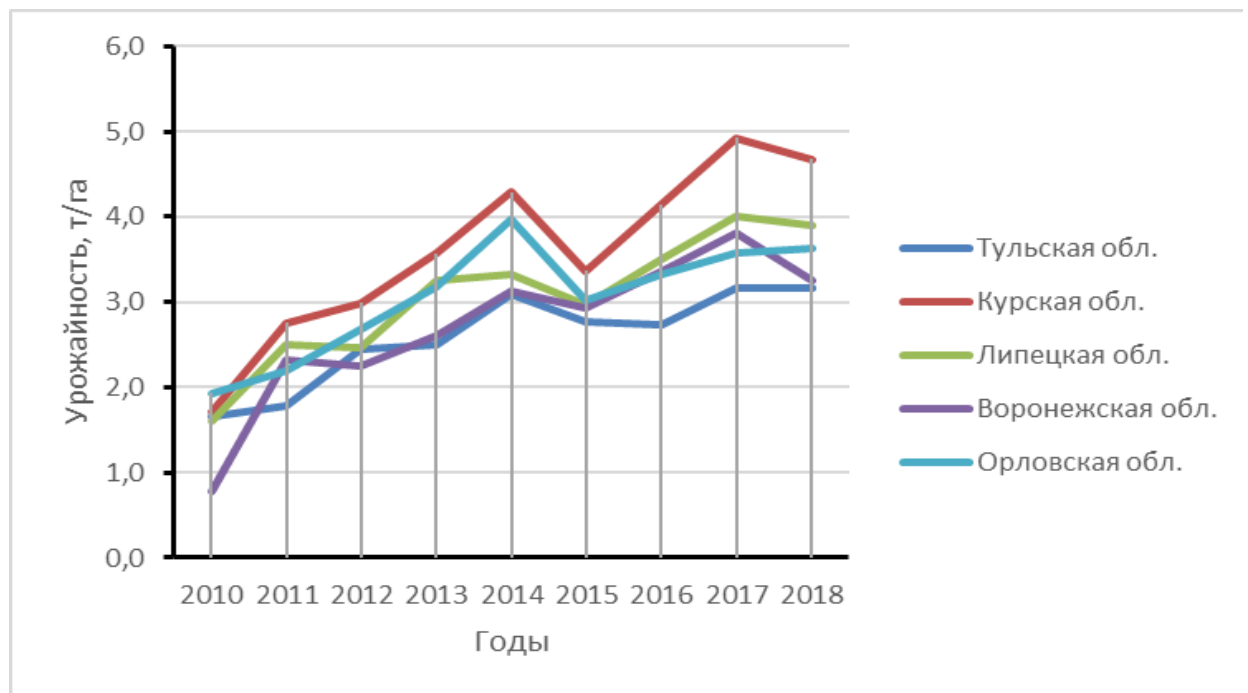


Рисунок А. Урожайность зерновых культур, т/га

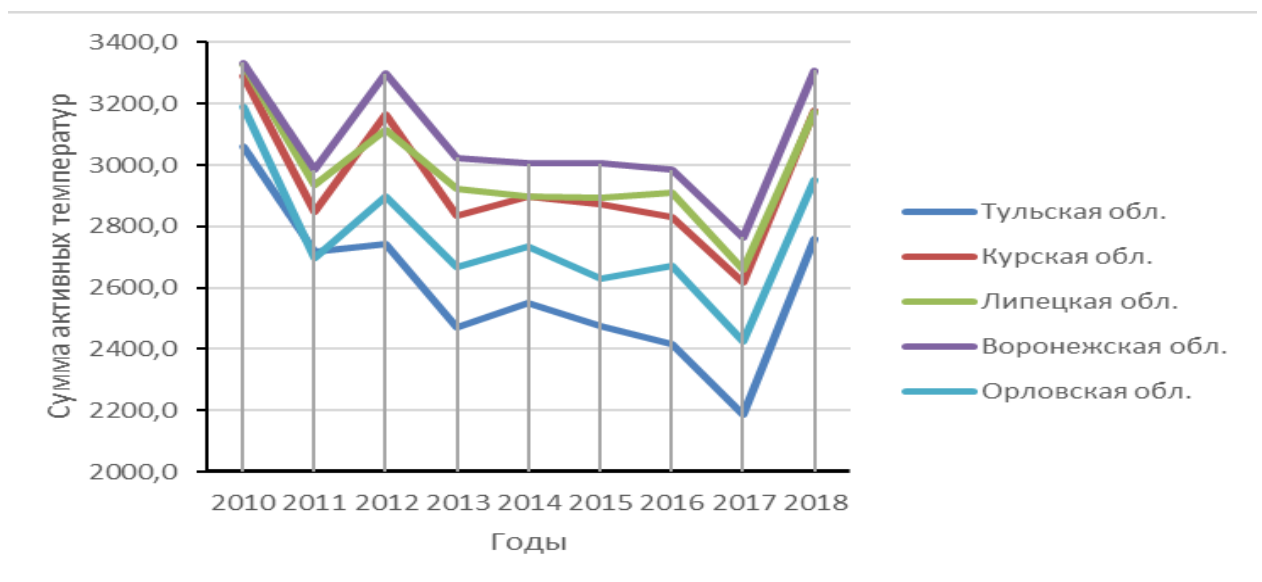


Рисунок В. Сумма активных температур

Таблица А. Даты перехода через критические значения температуры воздуха

Липецкая область				
Годы	Даты устойчивого перехода через критические значения температуры воздуха			Урожайность, т/га
	5°C	10°C	15°C	
2010	5 апреля	20 апреля	7 мая	1,6
2011	13 апреля	24 апреля	12 мая	2,5
2012	3 апреля	14 апреля	4 мая	2,5
2013	7 апреля	18 апреля	2 мая	3,3
2014	1 апреля	23 апреля	6 мая	3,3
2015	4 апреля	25 апреля	13 мая	3,0
2016	29 марта	16 апреля	14 мая	3,5
2017	29 марта	28 апреля	29 мая	4,0
2018	16 апреля	20 апреля	7 мая	3,9
Тульская область				
2010	6 апреля	22 апреля	12 мая	1,7
2011	14 апреля	27 апреля	15 мая	1,8
2012	6 апреля	22 апреля	13 мая	2,5
2013	14 апреля	26 апреля	9 мая	2,5
2014	4 апреля	25 апреля	13 мая	3,1
2015	9 апреля	0	19 мая	2,8
2016	4 апреля	28 апреля	26 мая	2,7
2017	5 апреля	0	16 июня	3,2
2018	12 апреля	24 апреля	13 мая	3,2
Воронежская область				
2010	3 апреля	18 апреля	8 мая	0,8
2011	9 апреля	25 апреля	11 мая	2,3
2012	1 апреля	12 апреля	1 мая	2,2
2013	4 апреля	15 апреля	2 мая	2,6
2014	27 марта	21 апреля	4 мая	3,1
2015	1 апреля	25 апреля	13 мая	2,9
2016	26 марта	15 апреля	15 мая	3,4
2017	26 марта	26 апреля	25 мая	3,8
2018	7 апреля	17 апреля	6 мая	3,3
Курская область				
2010	4 апреля	19 апреля	7 мая	1,7
2011	9 апреля	24 апреля	11 мая	2,8
2012	1 апреля	13 апреля	2 мая	3,0
2013	7 апреля	20 апреля	3 мая	3,6
2014	25 марта	20 апреля	7 мая	4,3
2015	2 апреля	25 апреля	14 мая	3,4
2016	29 марта	16 апреля	16 мая	4,2
2017	27 марта	28 апреля	31 мая	4,9
2018	6 апреля	18 апреля	5 мая	4,7
Орловская область				
2010	4 апреля	19 апреля	9 мая	1,9
2011	12 апреля	26 апреля	14 мая	2,2
2012	3 апреля	17 апреля	8 мая	2,7
2013	10 апреля	22 апреля	8 мая	3,2
2014	29 марта	22 апреля	10 мая	4,0
2015	3 апреля	26 апреля	15 мая	3,0
2016	31 марта	19 апреля	18 мая	3,3
2017	30 марта	0	6 июня	3,6
2018	9 апреля	20 апреля	10 мая	3,6

Таблица Б. Сумма эффективных температур

Годы	Области									
	Липецкая		Тульская		Воронежская		Курская		Орловская	
	Показатели									
	$\Sigma t_{эф.}$	Урож. т/га	$\Sigma t_{эф.}$	Урож. т/га	$\Sigma t_{эф.}$	Урож. т/га	$\Sigma t_{эф.}$	Урож. т/га	$\Sigma t_{эф.}$	Урож. т/га
2010	491,05	1,6	451,4	1,7	509,35	0,8	500,2	1,7	478,85	1,9
2011	417,85	2,5	344,65	1,8	439,2	2,3	442,25	2,8	381,25	2,2
2012	585,6	2,5	442,25	2,5	619,15	2,2	585,6	3,0	500,2	2,7
2013	545,95	3,3	417,85	2,5	585,6	2,6	542,9	3,6	475,8	3,2
2014	497,15	3,3	399,55	3,1	527,65	3,1	488	4,3	454,45	4,0
2015	417,85	3,0	317,2	2,8	439,2	2,9	399,55	3,4	359,9	3,0
2016	451,4	3,5	362,95	2,7	472,75	3,4	445,3	4,2	408,7	3,3
2017	347,7	4,0	256,2	3,2	381,25	3,8	350,75	4,9	317,2	3,6
2018	488	3,9	414,8	3,2	518,5	3,3	521,55	4,7	469,7	3,6

Таблица В. Коэффициент увлажнения (K_y) и сумма осадков в августе (мм)

Годы	Области														
	Липецкая			Тульская			Воронежская			Курская			Орловская		
	Показатели														
	Ку	мм	Урож. т/га	Ку	мм	Урож. т/га	Ку	мм	Урож. т/га	Ку	мм	Урож. т/га	Ку	мм	Урож. т/га
2010	17,6	36,3	1,6	19,3	34,8	1,7	20,8	27,6	0,8	17,5	17,8	1,7	17,9	25,2	1,9
2011	13,1	38,5	2,5	27,2	130,5	1,8	22,2	97,6	2,3	25,3	85,4	2,8	34,3	130,2	2,2
2012	22,3	26,2	2,5	30,2	118,2	2,5	37,6	186,5	2,2	31,2	88,4	3,0	31,2	71,7	2,7
2013	15,7	53,6	3,3	27,6	71,1	2,5	22,1	88,7	2,6	23,3	76	3,6	24,2	30,4	3,2
2014	16,3	68,8	3,3	17,3	29,3	3,1	19,7	47,3	3,1	19,6	6,9	4,3	20,4	15,6	4,0
2015	16,3	12,3	3,0	29,7	4,5	2,8	24,3	30,8	2,9	26,3	3	3,4	25,9	8,8	3,0
2016	32,5	72,7	3,5	48,3	155,3	2,7	34,8	64,6	3,4	47,2	152	4,2	42,9	105,1	3,3
2017	21,3	21,2	4,0	35,1	74,2	3,2	28,6	46,9	3,8	31,7	27	4,9	39,3	88,5	3,6
2018	22,9	47,7	3,9	21,3	23,6	3,2	25,9	19,4	3,3	25,8	3,3	4,7	22,9	16,3	3,6