МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра Метеорологии, климатологии и охраны атмосферы**

# ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

На тему Оценка агроклиматических условий Воронежской области

Исполнитель Рыбалкин Владислав Сергеевич
(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 ученое звание)

Сероухова Ольга Станиславовна
(фамилия, имя, )

«___»_____2020г.

Санкт–
2020

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение.....3

Глава 1. Обзор текущих агрометеорологических условий Воронежской области…….5

1.1. Географическое расположение Воронежской области…….5
1.2. Климатические условия……8
1.3. Рельеф области……12
1.4. Почва Воронежской области……..16

Глава 2. Оценка метеорологических условий онтогенеза сельскохозяйственных растений……..22

2.1. Анализ радиационного режима Воронежской области…….22
2.2. Термический режим области…….28
2.3. Режим увлажнения……...…32

Глава 3. Анализ основных агрометеорологических показателей для Воронежской области……37

3.1. Условия прихода ФАР……37
3.2. Термические и агроклиматические показатели……42
3.3. Показатели увлажненности……...50

Заключение.....58

Список литературы.....59

# ВВЕДЕНИЕ

Зависимость сельскохозяйственного производства от погодных условий довольно сложна, так как нет оптимальных условий, в равной степени благоприятных для всех отраслей сельского хозяйства, и даже для всех культур, выращиваемых в данной области.

Характеристика агроклиматических ресурсов всегда относится к воде, теплу или свету. Эти показатели могут учитываться отдельно (продолжительность светового дня, количество осадков за год) и в различных сочетаниях между ними (коэффициент смачиваемости, высота снега).

Воронежская область располагается в умеренном климатическом поясе. Территория области почти круглый год находится под господством умеренной воздушной массы и западного переноса. Климат формируется под влиянием умеренных, тропических и арктических воздушных масс. Равнинный рельеф области  не оказывает существенного влияния на климат. Небольшие различия проявляются только в несколько повышенным, относительно общего уровня, количеством осадков на наветренных склонах возвышенностей. В зимние месяцы сказывается влияние Северо-Атлантического течения.

Воронежская область сохраняет лидирующие позиции в России по производству основных видов сельскохозяйственной продукции. Растениеводство является ведущей отраслью агропромышленного комплекса, на долю которого приходится более 60% валовой продукции сельского хозяйства.

Сельское хозяйство включает в себя различные виды первичной переработки продуктов животного и растительного происхождения. Эта отрасль занимает самое передовое место в производстве продуктов питания для населения. В зависимости от специфики выращиваемых культур, растениеводство может быть сосредоточено на производстве зерновых, овощеводстве, выращивании дыни, цветении, бобовых и других видах продукций.

Актуальность исследования обосновывается необходимостью определения оптимальных условий получения высоких урожаев возделываемых

культур на территории Воронежской области. Так как глобальное потепление оказывает влияние на региональные климатические процессы, что требует пересмотра полученных ранее сведений о состоянии климата на основе данных наблюдений за последние годы. Сельское хозяйство – одна из наиболее важных отраслей экономики, но и одновременно наиболее зависимая от климатических и погодных условий.

Целью данного исследования является изучение климатических условий Воронежской области за период 2010-2015гг. с точки зрения их пригодности для выращивания основных сельскохозяйственных культур на фоне наблюдающихся в последние годы изменений климата.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

1. Выявить основные особенности Воронежской области и дать ее физико-географическую характеристику;
2. Провести анализ агроклиматических показателей, таких как приходя суммарной радиации, температурный режим воздуха и почвы;
3. Дать общую характеристику почв исследуемого региона, их температурный режим, основные физические и химические свойства;
4. Проанализировать режим увлажнения и распределение количества осадков;
5. Изучить особенности агрометеорологических условий Воронежской области;
6. Выделить наиболее благоприятные метеорологические условия для возделывания сельскохозяйственных культур в области.

Для написания этой работы были использованы агроклиматические справочники Воронежской области, атлас Воронежской области, руководство по агроклиматическим ресурсам, учебная литература.

# ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

## 1.1. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Воронежская область расположена в центральной полосе европейской части России, что практически исключает природные катаклизмы и делает территорию благоприятной для сельского хозяйства. По характеру поверхности территория области представляет собой равнину, расчлененную долинами рек (рис. 1). Максимальная высота над уровнем моря - 259 м, а наименьшая 57 м, где Дон пересекает южную границу области [1].




Рисунок 1 - Физико-географическая карта Воронежской области [18]

На западе области расположены склоны Среднерусской возвышенности, которые представляют сильно расчлененную равнину (высота до 268 м) с густой сетью оврагов и балок [1].

На северо-востоке область представляет собой плоскую равнину, которая располагается примерно на высоте 150 м над уровнем моря. Меридиональное направление речных долин и водоразделов является характерной чертой этого района. Здесь все реки являются левыми притоками реки Дон и русла протягиваются в основном с севера на юг. Здесь густота овражно-балочной сети примерно составляет 0.3-0.4 км на 1км$^2$ [1].

Правобережная часть Дона является сильно расчленённой долиной с балочной сетью плато, превратившееся из-за этого в резко волнистую возвышенную равнину. Высоты здесь достигают 80-110 м, а бывает и больше. Поверхность водоразделов находится на высотах от 200 до 220 метров над уровнем моря, а иногда достигая местами 230-260 метров [1].

Расстояние от столицы до Воронежа – 466 км. Территория области простирается с севера на юг с 52°06' до 49°36' с.ш. (на 2°30' - 277,5 км.) и с запада на восток с 38°06' до 42°06' в.д. (на 4°00' - 352 км.) и составляет 52,4 тысяч км$^2$ , что превышает территории таких европейских стран, как Бельгия, Дания, Нидерланды, Швейцария. Расстояние от областного центра до экватора - 5772 км, до Гринвичского меридиана - 2710 км. Область находится в московском часовом поясе в лесостепной природной зоне. Население - 2 270,4 тыс. человек [1].

Воронежская область входит в Центральный федеральный округ и Центрально-Черноземный экономический район. Воронежская область была образована 13 июня 1934 года. В составе области с 2006 года разделяют 534 муниципальных образования, в том числе 3 городских округа, 31 район, 29 городских поселений, 471 сельское поселение (рис.2). Административный центр области - город Воронеж. Границы Воронежской области проводятся по условным рубежам с соседними областями. На западе граничит – с Курской и Белгородской областью, на севере с Тамбовской и Липецкой областью, на юго-востоке – с Ростовской областью, на юго-западе проходит граница с Украиной, на востоке – с Волгоградской и Саратовской областью. Среди регионов Российской Федерации занимает 54 место, уступая

территории Красноярского края в 45 раз, Архангельской – в 11 раз, Магаданской в 9 раз [1].




Рисунок 2 - Административно - территориальное деление Воронежской области [19]

Поверхностные воды области – озёра, пруды, реки и водоёмы, являющимися мощными природными ресурсами. Речные долины в основном имеют направление с запада на восток [1].

Река Дон является главной артерией области и прорезает её с северо-запада на юго-восток на протяжении 500 км. Количество рек области, имеющих длину более 10 км, составляет 588, и их длина 4880 км. Это типичные равнинные реки с медленным течением. Долины рек - широкие, слабоизвилистые. Правобережные склоны в своей большей части крутые, а левобережные – низкие, преимущественно пологие [1].

По своему режиму реки области относятся к типу равнинных. Питание, смешанное с преобладанием снегового, поэтому выражено весеннее

половодье. Режим характеризуется резко выраженным и высоким весенним половодьем, пойменными разливами и низкой летней меженью с отдельными подъёмами от ливневых дождей. Крупные реки области: Дон, Тихая Сосна, Хопер, Битюг, Савала, Воронеж, Усмань [1].

На территории области встречаются озёра в большом количестве, располагающихся в поймах рек. Насчитывается много искусственных прудов, которые сооружаются на балках и мелких речках, используемых для бытовых и ирригационных целей [1].

В области насчитывается около 2220 озер общей площадью 76 км$^2$, которые располагаются в долинах крупных рек. Наиболее крупные расположены в пойме реки Дон: Погоново, Жировское, Кременчуг. Особенно крупные озера расположены в пойме Хопра – озеро Ильмень (глубина -3 км, ширина 2 км.), Юрмище [1].

На водоразделах встречаются небольшие озера карстового и суффозионного происхождения: озеро Лебяжье (левобережье Битюга), озеро Тахтарка (левобережье) [1].

Один процент территории области занимают болота. Луга и болота расположены по поймам рек. Низинных болот много в поймах рек Воронеж, Тихая Сосна, Битюг. Многие болота осушены и используются как сенокосные угодья [1].

## 1.2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Из-за значительной удаленности от морей климат Воронежской области характеризуется значительной континентальностью: сухим и жарким летом, холодной зимой и хорошо выраженными переходными сезонами (рис. 3).

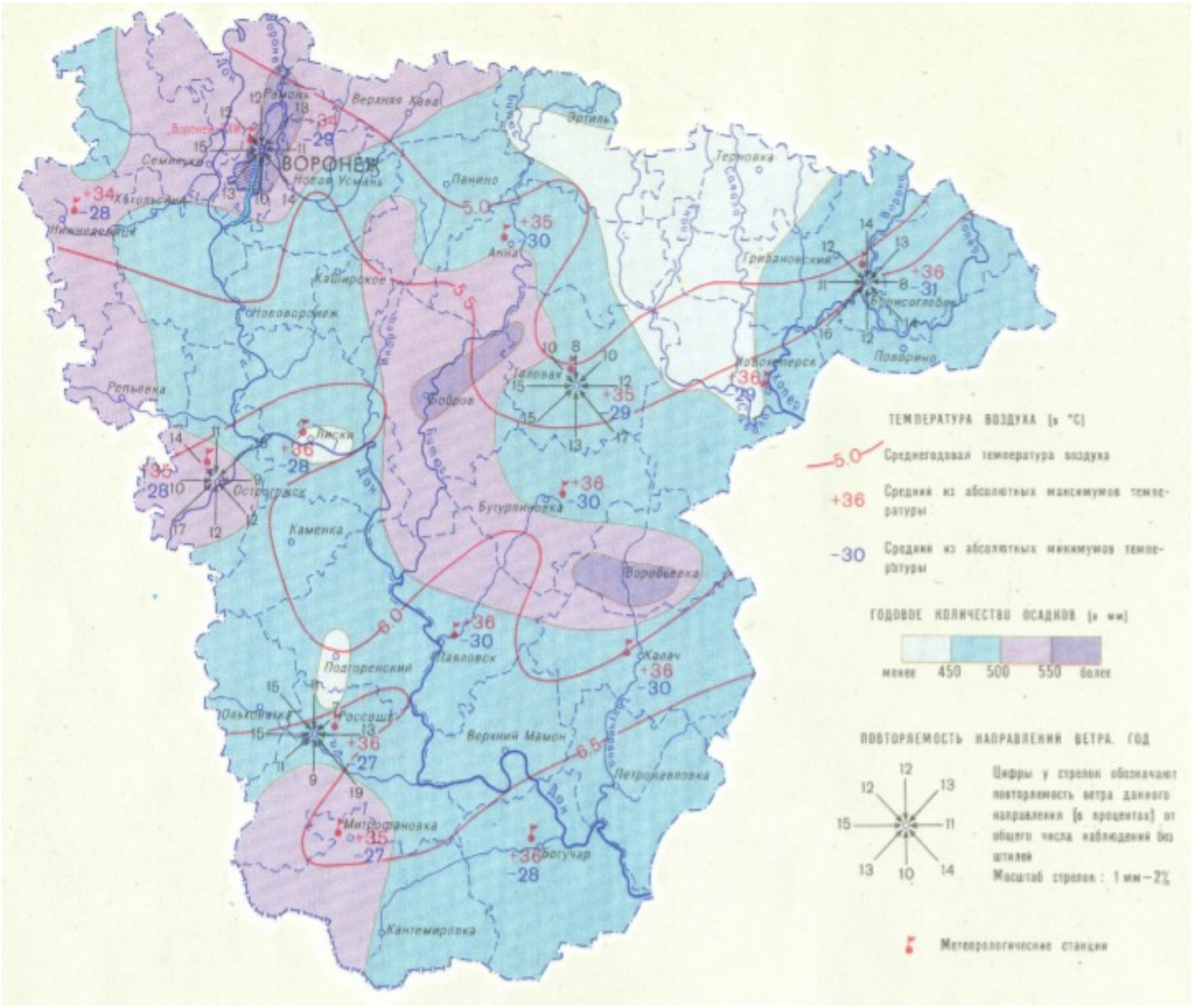


Рисунок 3 - Климатическая карта Воронежской области [20]

Антициклонической деятельность главным образом обусловлен характер циркуляционных процессов области. В летний период на территорию приходят воздушные континентально-тропические массы, происходящие из районов Казахстана и Средней Азии. Арктический воздух и морские воздушные массы, которые проникают с севера и северо-запада, прибывают на территорию уже в трансформированном виде [2].

Количество облачности тесно связано с циркуляцией атмосферы. Средний многолетний режим облачности формируется под влиянием

циркуляционных процессов и подстилающей поверхности. В зимний период преобладают пасмурные дни с частой повторяемостью 74-78% [2].

За вегетационный период термические ресурсы данной области характеризуются 2700°С для севера и 3200°С для юга. В дополнение к этому, одним из важных показателей климата является относительная влажность воздуха, которая на территории лесостепной части колеблется в достаточно широких пределах. Показатель относительной влажности воздуха в мае низок и в 13 часов оценивается на 40-50%. В декабре, а также в январе наблюдается наибольшая влажность [2].

Июль является самым теплым месяцем в году в пределах области, январь – самым холодным, что говорит о внушительной однородности годового хода температуры воздуха. В июле средняя температура колеблется от 19,6 (север) до 21,8 (крайний юг), а в январе от -10,7 (северо-восток) до 8,4 (юг) [2].

Изменения среднегодовой температуры воздуха происходят в пределах от 4,5 до 6,5 северных и южных районов области соответственно. Значение абсолютного минимума способно достигать 35-40°С, максимума 38-40°С , а годовой амплитуды в свою очередь 74-80 °С [2].

Дата отклонения средней суточной температуры в положительную сторону и схода устойчивого снежного покрова принята за начало весны. Приблизительно начало весны приходится на конец марта (юг) и начало апреля (север). Данный период по продолжительности является достаточно коротким. Приблизительно в середине мая происходит окончание заморозков, что условно принимается за окончание весны. Также весеннее время обусловлено быстрым сходом снежного покрова [2].

Еще одной характерной чертой весеннего периода является достаточно быстрый подъем температуры. В силу того, что малооблачная погода преобладает в весеннем периоде, количество выпадающих осадков незначительно. Количество осадков может изменяться в значительной степени, но лишь в отдельные года. В апреле, как в одном из самых дождливых месяцев

весны, количество осадков примерно составляет 80-90 мм; в мае этот показатель достигает 120-160 мм. В эти же месяца, но в сухие года сумма осадков составляет не больше 10 мм [2].

С окончанием ночных заморозков и формированием достаточно теплой погоды наступает летний период. Одновременно с этим среднесуточные температуры воздуха доходят до отметки 15°С. В летнем сезоне погодные параметры изменяются, но в незначительной степени; в дневные часы температура составляет 20 – 25°С  и превалирует погода с переменной облачностью [2].

Частые заморозки, ветреная погода с низкими температурами, сырость – все это в точности описывает осенний период. Его наступление происходит одновременно с увеличением облачности и числа дождливых дней, а также с понижением температуры, как воздуха, так и почвы [2].

Неустойчивая погода, характеризующаяся частой сменой морозных дней временным сходом снежного покрова и оттепелями, наиболее свойственен зиме.  Для данного периода наиболее характерна пасмурная погода с юго-западными и южными ветрами, выпадение осадков происходит довольно часто. Но устойчивая зима начинается уже именно с формирования устойчивого снежного покрова и замерзания почвы. Тот самый снежный покров образуется в основном в первой половине декабря, но он также может устанавливаться в конце октября и даже начале января [2].

Наиболее суровая зима с отсутствием оттепелей приходится на январь и февраль. Но оттепели случаются в течении всей остальной зимы, поэтому она не однородно морозная. Из-за регулярно повторяющихся оттепелей снежному покрову приходится испытывать многократные уплотнения, в результате чего в феврале (т.е. в конце зимы) он достигает на севере 30-40 см, а на юге 20-30 см [2].

Спад холодов приходится на середину марта. Выше -5°С температура поднимается примерно 3-15 марта. После этого снег начинает уплотняться, так как высота снежного покрова быстрыми темпами уменьшается.

Разрушение устойчивого покрова приходится на 23 марта-2 апреля. А уже с 26 марта по 4 апреля происходит окончательный сход снежного покрова. Однако, в том случае если весны холодные и затяжные, то снежный покров может сохраниться и до середины апреля. Может образовываться временный снежный покров, сохраняющийся на протяжении нескольких дней, который образуется в результате снегопадов после схода снежного покрова [2].

Когда среднесуточная температура поднимается выше 0°С в период с конца марта по начало апреля, температура начинает стремительно повышаться. Подъем температуры выше 5°С на юге области происходит в первой декаде апреля, а на севере - во второй декаде. Именно этот подъем и приходится на начало устойчивой вегетации растений, однако их дневная вегетация может наблюдаться и в ранние периоды в зависимости от степени повышения дневных температур [2].

Ветровой режим можно охарактеризовать преобладанием в теплый период ветров таких направлений, как северо-восточные, северо-западные, юго-восточные, и холодный период юго-восточных и юго-западных. Летним месяцам характерна более низкая устойчивость к преобладающим направлениям ветра [2].

В теплое время года, особенно в южной части области, часто наблюдаются суховеи, которые в свою очередь сопровождаются запахом гари и мглой, то есть речь идет в частности о ветрах юго-восточной четверти, способные приносить нагретые массы воздуха, обладающие низкой влажностью. Максимальная повторяемость суховеев приходится на май [2].

## 2.3. РЕЛЬЕФ ОБЛАСТИ

К объектам, образующим рельеф Воронежской области, относят такие крупные структуры, как: Окско-Донская низменная равнина, для которой превалируют процессы опускания, и Среднерусская и Калачская

возвышенности, которые в свою очередь испытывают поднятия (рис. 4). Одну из возвышенностей, а точнее Среднерусскую, покрывает достаточно сильно выраженная овражно-балочная сеть; также ее южная часть занимает запад области. В непосредственной близи этого образования находится город Россошь. Эти земли можно считать  достаточно пригодными для плодовых культур, потому что в большинстве своем земли здесь – это плодородные черноземы [2].

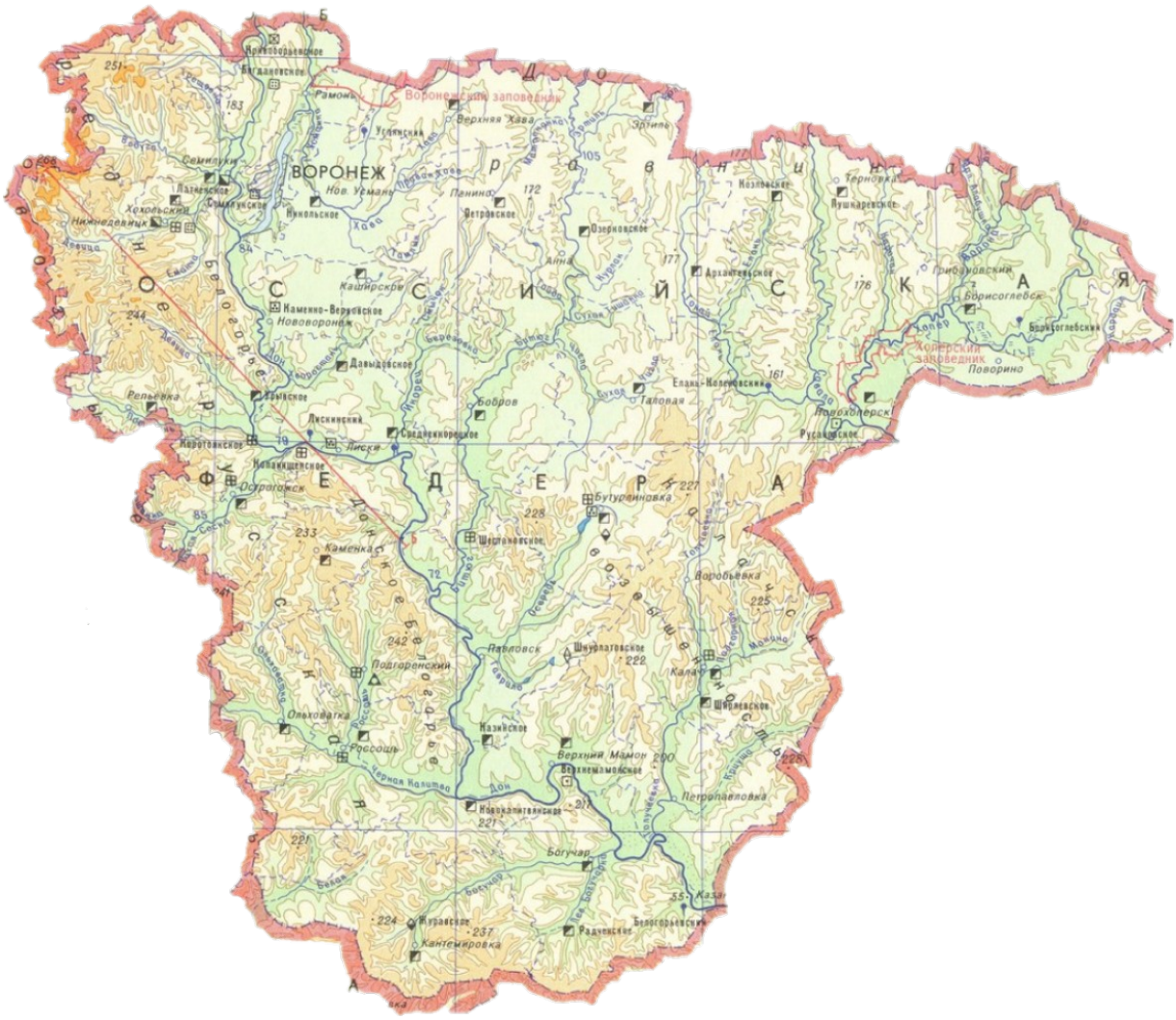


Рисунок 4 - Географическая карта Воронежской области [21]

Основываясь на рельефе, в изучаемой области можно выделить как возвышенную, так и низменную части. Говоря о первой, предполагается следующее: находящаяся на юго-востоке (между Доном и Хопрой) Калачская возвышенность и правый берег Дона, включающий восточную часть Средне-Русской возвышенности. Вторая же часть подразумевает под собой Окско-

Донскую низменность (ее южную часть), которая разделяет собой Приволжскую и Средне-Русскую возвышенности, а также это лежащие северней Калачской возвышенности и восточнее рек Воронежа и Дона северо-восточные районы [2].

В районе Нижнедвинска вблизи Курской области находятся наиболее высокие точки поверхности, а именно 260 м над уровнем моря. А вот наиболее низкие соответствуют уровню Дона на самом юго-востоке, составляя 60 м абсолютной высоты. По итогу, в Воронежской области колебания высот составляют 200 м [2].

Балки и овраги, речные долины и водоразделы являются базовыми формами рельефа, который встречаются в данной области. Но иногда здесь можно встретить и склоны с оползнями, и плоские западины на водоразделах. Речные долины, а именно их склоны, обладают террасами. В большинстве случаев это левобережные речные долины [3].

Основные крупные рельефы, которые встречаются на территории Воронежской области, это Окско-Донская низменность, Среднерусская и Калачская возвышенности [2,3].

Окско-Донская низменность простирается на северо-востоке Воронежской области. Рельеф данного объекта достаточно плоский и его большая часть размещается в находящейся по соседству Тамбовской области. Максимальная высота здесь не превышает значения в 180 м над уровнем моря, а в большей степени распространены достаточно обширные плоские участки [3].

Значительная часть Окско-Донской низменности содержит глину и пески. Поверх них лежат ледниковые суглинки, что служит основой для черноземов [3].

От северных границ Воронежской области до южных и к западу от Дона простирается Среднерусская возвышенность. Ближе к Дону она прерывается крутыми склонами, местами обрывистыми. Большая часть данной

возвышенности выстлана мощными пластами мела. Эти меловые обрывы, которые идут вдоль правого берега Дона зовутся Донским Белогорьем [3].

Мел считается достаточно твердой породой, но не прочной и легко разрушаемой, поэтому в Донском Белогорье встречаются интересные формы рельефа: меловые скалы поблизости села Сторожевое или меловые дивы, находящиеся рядом с хутором Дивногорье [3].

Исследуемая область занимает 4 место по количеству искусственных пещер в мире, которые очень легко рыть в мелу. Их число составляет около 50, и раньше в них располагались пещерные храмы. Некоторые из храмов восстановлены, но в данный момент большинство из них заброшено [3].

Однако в Рамонском и Семилукском районах, которые находятся на севере Воронежской области, мел не встречается, и возвышенность образована известняками и глинами [3].

На юго-востоке исследуемой области располагается вторая возвышенность, Калачская, которая ограничена Доном на западе и уходит в Волгоградскую область на востоке. Эта возвышенность очень схожа со Среднерусской, и она тоже в достаточной степени изрезана балками и оврагами. Но отличие ее в том, что толщи мела здесь покрыты глиной и песками неогенового периода, в результате чего рельеф кажется несколько другим, и мел обнаруживается лишь около речных долин [2].

К северу данная возвышенность спускается к долине реки Битюг. В свою очередь здесь очень распространены оползни – явление, при котором глина за счет набухания во время начинает скользить вниз по склону [3].

Подводя итог, можно сказать, что исследуемая Воронежская область расположена на холмистой равнине. Ее крупными орографическими единицами являются Среднерусская возвышенность с «дивами» и множеством оврагов и холмов, Калачская возвышенность с «калачами» (особые формы рельефа) и Окско-Донская равнина с обширными пойменными долинами.

## 2.4. ПОЧВА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

В жизни человека, в развитие лесного, а также сельского хозяйства, в экологии мира одно из наиболее значимых мест занимает почва. В Воронежской области большая часть территории (80%) покрыта черноземами, которые являются самыми плодородными на нашей планете. Земельный фонд исследуемой области составляет 5,22 млн га, а пашни занимают здесь 88,8% (здесь также преобладают черноземные почвы – 84%). Здесь встречаются следующие виды черноземов: лугово-черноземные, типичные, солнцеватые, оподзоленные, обыкновенные, выщелоченные и южные. Такие почвы, как пойменные луговые, которые составляют 4,6%, могут в равной степени сравниться в плодородности. Небольшую часть пашен (1/10) составляют почвы оврагов и балок, песчаные почвы, солонцы, засоленные почвы и солоди, которые в свою очередь являются низкопродуктивными [4,6].

По характеру почв территорию исследуемой область можно разделить на 2 части: степную и лесостепную (рис. 5). Говоря о первой, можно заметить, что, относясь к Окско-Донской равнине, на ней распространены серые почвы лесостепи, а также оподзоленные, типичные, выщелоченные, умеренно промерзающие черноземы. Во второй же части (Южнорусская территория) наиболее часто встречаются обыкновенные и южные черноземы [5].

В почвах этого региона можно проследить зональность, которая представляет собой изменение с северо-запада на юго-восток обычных и типичных подзон чернозема. На формирование каждой из вышеупомянутых подзон земельного покрова влияют следующие местные законы: хозяйственная деятельность человека, почвообразующие породы, растительности, уровень грунтовых вод, высота земли, обнажение склонов [6].

У выстилающей поверхности также существует также связь с высотой местности. Абсолютная высота претерпевает изменения в пределах от 140 до 270 м при движении от Окско-Донской низменности до Среднерусской

возвышенности. Полугидроморфные лугово-черноземные и гидроморфные черноземно-луговые почвы сформированы на территории Окско-Донской низменности. К этим почвам комплексом добавляются заболоченные, засоленные и осолоделые почвы. Аморфные черноземы преобладают в районе Среднерусской возвышенности. К этим черноземам в комплексе идут выщелоченные, а также серые лесостепные почвы [6].

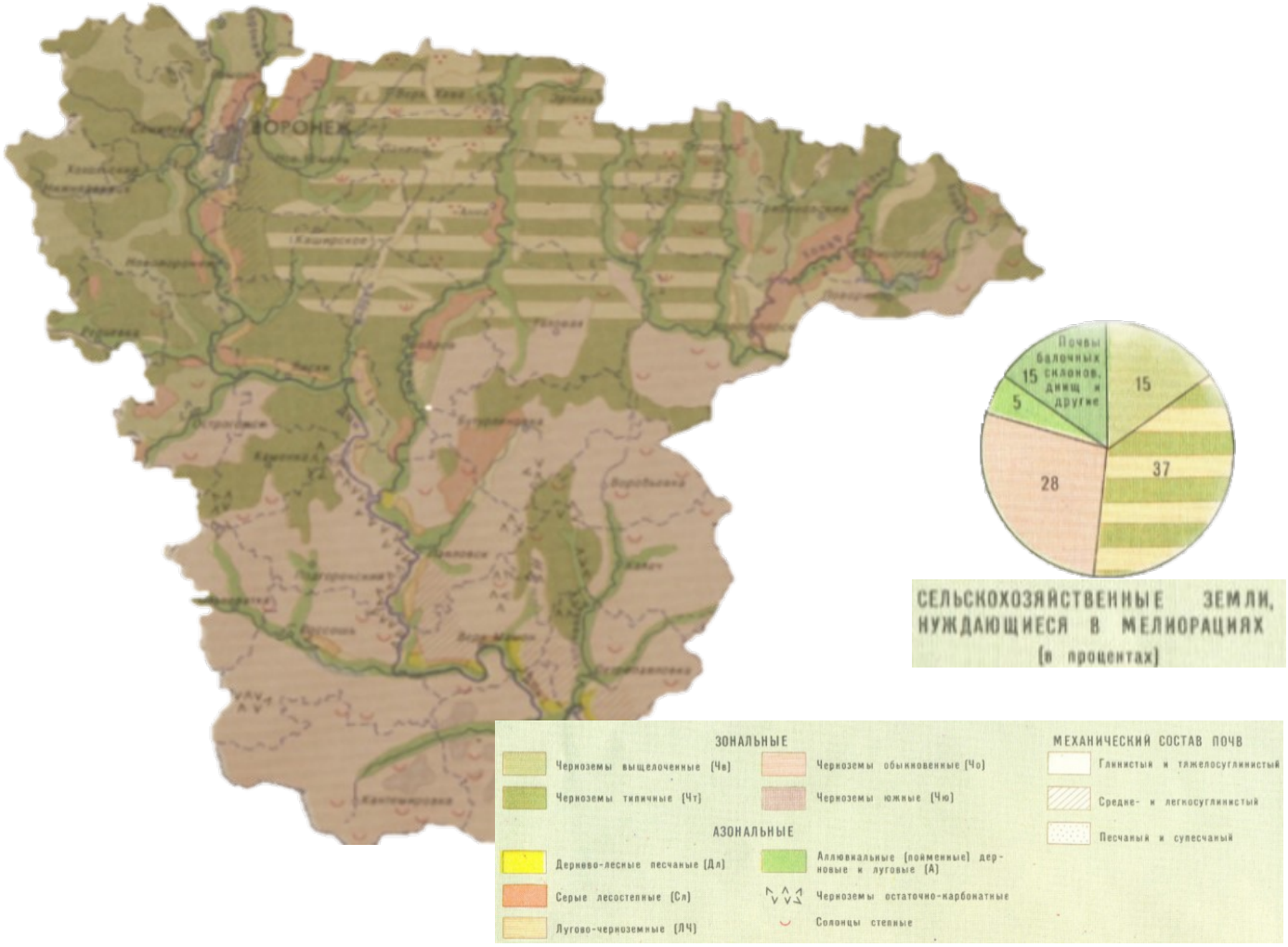


Рисунок 5 - Распределение видов почв Воронежской области [22]

Данные почвенные комплексы формируются из-за определенных причин, к которым можно отнести следующие: на Среднерусской возвышенности присутствует выраженная раздробленность, в Окско-Донской низменности – западинный рельеф. Особенно ярко можно проследить смену почв меридионального типа в таких районах, как Каширский, Новоусманский, Лискинский и Рамонский. В местах наиболее низкого уровня, или в так

называемых поймах, можно встретить пойменно-лесные почвы, лугово-болотные, аллювиальные луговые и дерновые почвы. Черноземы тяжелосуглинистого типа протянулись на 3-5 километра по краю водораздела, где своей каймой огородили междуречья с лугово-черноземными почвами, а также черноземно-луговыми на Окско-Донской низменности. Уже после этого залегают такие черноземы, как среднегумусные и среднемощные [5,6].

На восточном и западном сколе существуют различия называемые экспозиционными, и выражаются они следующим образом. Типичные среднегумусные среднемощные черноземы характерны для восточного склона, поэтому он суше западного, однако почвы выщелочены. А вот западный склон по сравнению с предыдущим как раз таки наиболее увлажненный. В связи с этим, здесь превалируют типичные серые лесостепные почвы и мощные выщелоченные среднегумусные и малогумусные черноземы [4].

Рассмотрим теперь оставшиеся склоны, южный и северный, которые тоже в свою очередь имеют кое-какие различия. На первых склонах соответственно почвы гумусированные, а также менее мощные; во втором случае почвы более плодородные и менее смытые. Более заниженные участки имеют в своем составе гидроморфные почвы [5].

В основе подзон почв находится комбинация почв. Именно эта комбинация создает связи с элементами рельефа. Также, несмотря на преобладающий тип почв, формируются комплексы участков, в которых почвы будут чередоваться [5].

Почвенному покрову Воронежской области присуща зональность и, тем самым, она подразделяется на две почвенные зоны. Первая представляет собой зону типичных черноземов, которая очень схожа с лесостепной зоной. Вторая – это зона обыкновенных черноземов, расположенная в южной степной части изучаемой области [6].

Но на самом деле система распространения почв поистине сложная, что придает землям области большое количество разновидностей и разностей [6].

Больше половины (51,6% площади пашни колхозов и совхозов) области занимают лучшие почвы – черноземы типичные. Но встречаются и районы, где эти почвы занимают 2,2-91,2%. В Окско-Донской низменности черноземы типичные распространены в большей степени и занимают там 60-90% пашни. В южной части правобережья Дона (Кантемировский и Богучарский районы) ситуация обратная – распространение черноземов типичных здесь минимально, до 4% [4].

В Воронежской области черноземы обыкновенные занимают 33,6% (1050 тыс. га пахотных земель). От предыдущего вида почвы, типичных черноземов, данный отличается мощностью гумусового горизонта достаточно меньшей (не более 60 см). Такие почвы, черноземы обыкновенные, наиболее часто встречаются в степной зоне и занимают там 50-85% пашни [5].

Во всех районах изучаемой области в достаточной мере встречаются черноземы выщелоченные и оподзоленные, на более распространены они в лесной зоне. В таких районах, как Нижнедвинский, Новоусманский, Хохольский, Рамонский и Семилукский, черноземы выщелоченные и оподзоленные занимают 12-25% пашни. А вот в Борисоглибском, Грибановском, Терновском и Новохоперском районах на них приходится 7-10% пашни. В остальных случаях – 1-6% пашни [6].

На юге области черноземы получили минимальное распространение – около одного процента площади пашни. Они вместе со смытыми и солнцеватыми черноземами сформировались на склонах южной экспозиции, в достаточной степени дренированных и нешироких водоразделах. Почвы содержат гипс, а мощность гумусового горизонта можно оценить в 40-50 см, это обеспечивает хороший непромывной водный режим. Южные черноземы представлены в Богучарском районе и занимают там 18% пашни [6].

Содержание почвы в большинстве случаев тяжелосуглинистое или глинистое. На территории Воронежской области помимо зональных почв черноземного типа существует и достаточно интрозональных почв. Они

образовались в результате преобладающего воздействия одного из факторов почвообразования, который в свою очередь преобладает над зональными факторами [6].

Овражно-балочные, супесчаные и песчаные, черноземовидные, серые лесные, пойменные луговые и лугово-черноземные как раз таки можно отнести к данному типу почв [4].

Легкие почвы входят в состав пашен колхозов и совхозов исследуемой области и содержаться в количестве 4,8%. Там они подвергаются воздействию фетра. От 10 до 20% пашни занимают почвы легкого механического состава в таких районах, как Петропавловский, Борисоглебский, Новохоперский и Рамонский [6].

Водная эрозия почв, которая в достаточной степени распространена в Воронежской области, может проявляться в плоскостной и линейной форме. Плоскостная образуется в момент смыва почв и уменьшения гумусового горизонта, а линейная – при образовании оврагов и промоин, размыве почв [6].

Данной эрозией, а также ветровой, страдает 51,8% общей площади пашен или 334,3 тыс га  пашен и 21,0% общей площади пашен или 658,6 тыс. га пашни; в особенности это почвы Ольховатского, Россощанского, Острогожского, Богучарского и Кантемировского районов [5,6].

Благодаря исследованиям и полученным данным о запасах продуктивной влаги в почве появляется возможность описать влагообеспеченность сельскохозяйственных культур более полно. Данные запасы в почвах образуются при определенном температурном режиме и определенном количестве осадков, а само количество продуктивной влаги будет измеряться в миллиметрах водного слоя [4,6].

Северо-западные районы исследуемой области, почвы которых по механическому составу являются суглинистыми, содержат в начале вегетации максимальные запасы влаги в метровом слое на зяби, что составляет 175-200 мм. В центральных районах эти запасы достигают 125-150 мм. Юго-

восточные районы, включающие песчаные и суглинистые почвы, имеют наименьший запас влаги - от 100 до 125 мм. Следовательно, наименьшей полевой влагоемкости здесь достигают запасы влаги в ранневесенний период (кроме юго-восточных земель). В 10-30 % лет в центральных районах области почвы суглинистого состава содержат запасы влаги менее 100 мм, то есть недостаточные, а в 50 % лет – юго-восточные [6].

В вегетационный период происходят значительные расходы влаги почв на транспирацию и испарение из корнеобитаемого слоя. Эти расходы в свою очередь выпадающими осадками не компенсируются.

Запасы влаги в течение лета начинают убывать и доходят до своих минимальных значений в 20-70 мм [6].

Осенью запасы влаги в почве начинают увеличиваться и, когда температура воздуха опускается ниже $5^0$, на северо-западе исследуемой области их количество достигает 125-150 мм, а к юго-востоку - 50-75 мм. Иногда, когда года выдаются особенно засушливыми, за вегетационный период запасы влаги в почве составляют всего 5-10 мм (также могут полностью отсутствовать) [6].

Оттаивание почвы происходит примерно на один или два дня позже схода снежного покрова. К концу марта почва оттаивает на 10 см в глубину, а в первую неделю апреля – еще на 20 см. В 1966 году в первой неделе марта было замечено наиболее раннее оттаивание почвы, самое позднее же отмечали в 1963 году в первой неделе мая [5,6].

Через 18-25 дней после момента схода снежного покрова наступает мягкопластичное состояние почвы. Иногда продолжительность между этими этапами составляет всего 4-6 дней (при теплой весне) или наоборот растягивается до 44-53 дней (при холодной весне) [6].

# ГЛАВА 2. ОЦЕНКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОНТОГЕНЕЗА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

## 2.1 АНАЛИЗ РАДИАЦИОННОГО РЕЖИМА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Все физико-географические процессы берут свое начало из энергии солнечной радиации. Данные процессы могут протекать в самых разных слоях атмосферы, а также на поверхности земли. Источник электромагнитного и корпускулярного излучений – Солнце. Корпускулярное излучение называют солнечной радиацией, оно не проникает в атмосферу ниже 90 км, а электромагнитное доходит до подстилающей поверхности. Так как практически половина солнечной радиации представляет - видимый свет, то Солнце является источником не только тепла, но и света [7].

Аграрное производство может существовать только при условии поступления солнечной энергии на поверхность подстилающей поверхности, так как развитие и рост сельскохозяйственных культур и растений является процессом усвоения и переработки солнечной энергии. Так как Земля окружена сплошной оболочкой атмосферы, то солнечные лучи проходят всю толщу атмосферы, которая в какой-то степени рассеивает и отражает их, то есть изменяет количество солнечного света, который поступает на поверхность земли [7].

Солнечная радиация оказывает существенное влияние на химический состав сельскохозяйственной продукции, например, содержание белка в зернах пшеницы зависит от количества солнечных дней, а количество масла в семенах подсолнечника увеличивается из-за увеличения солнечной радиации [7].

Освещенность надземной части растений оказывает существенное влияние на поглощение корнями питательных веществ. При слабой освещенности тормозятся биосинтетические процессы, которые происходят в

клетках растений.  На развитие, появление и распространение болезней сельскохозяйственных культур в некоторой степени влияет освещенность [7].

Составляющими солнечной радиации являются три вида радиации, такие как прямая, суммарная и рассеянная. Прежде чем достигнуть земной поверхности, солнечная радиация проходит через атмосферу и претерпевает в ней некоторые изменения, вследствие чего частично рассеивается и поглощается воздухом [7].

Радиация, которая достигает поверхности Земли непосредственно от солнечного диска, именуется прямой солнечной радиацией (S). Из-за того что расстояние от Земли до Солнца велико, а Земля мала, то радиация падает на любую её поверхность в виде пучка параллельных лучей [7].

Интенсивность прямой солнечной радиации измеряется в калориях на $см^2$ в минуту. Она напрямую зависит от высоты солнца (рис. 6) и параметров состояния атмосферы, таких как содержание водяного пара, пыли и облачности [7,8].

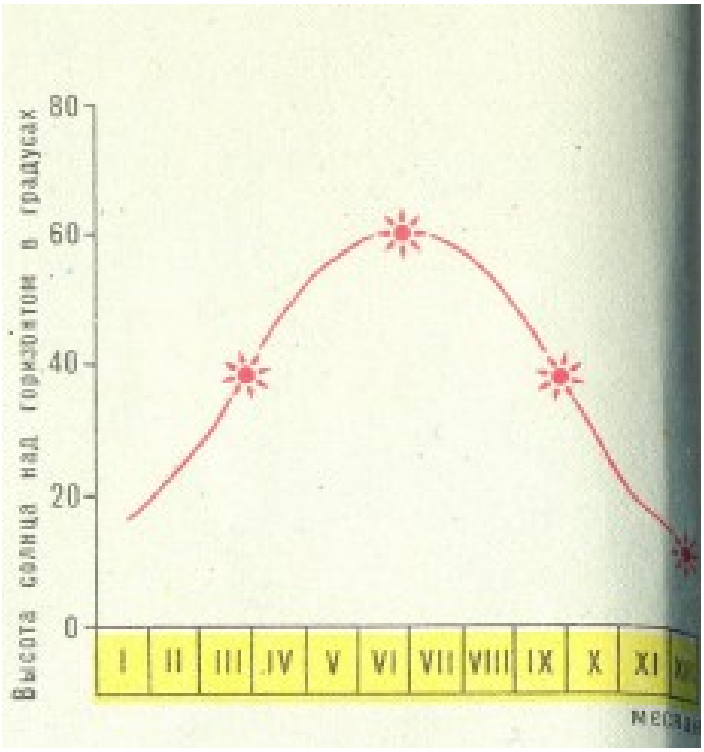


Рисунок 6 - Изменение высоты солнца над горизонтом на широте г. Воронежа [20]

Из-за прохождения потока прямой солнечной радиации через все слои атмосферы происходит его ослабление. Оно вызывается рассеянием (около 25 %) и поглощением (около 15 %) энергии газа, аэрозолей, облаков [7,8].

Инсоляция – это поток прямой солнечной радиации, который приходит на горизонтальную подстилающую поверхность [8].

Вертикальная составляющая прямой солнечной радиации рассчитывается по формуле:

$$S=S*\sin*ho \quad (1)$$

где, S – количество тепла, получаемого перпендикулярной к лучу поверхностью;

ho – высота Солнца.

Некоторая часть солнечной радиации в ходе рассеивания атмосферой возвращается обратно в космос, но большая её часть доходит до Земли в виде рассеянной радиации (D). При ясном небе наблюдается максимум данной радиации, если на нем присутствуют высокие облака. При пасмурной погоде спектр рассеянной радиации схож с солнечной и является коротковолновой частью спектра, имея длину волны 0,16—3,9мк [7].

Суммарная радиация (Q) – это совокупность потоков рассеянной и прямой солнечной радиации, которые доходят до поверхности Земли. Сумма данных потоков за некий промежуток времени даёт нам общую сумму тепла, которая поступает за этот промежуток времени на единицу площади горизонтальной поверхности [7].

Расчётная формула суммарной радиации:

$$Q = S' + D \quad (2)$$

где, S’ - интенсивность прямой радиации на горизонтальную поверхность;

D - интенсивность рассеянной радиации.

Доходящая до горизонтальной поверхности суммарная радиация частично отражается от неё, создавая отражённую радиацию, которая направляется от подстилающей поверхности в атмосферу [7].

От параметров облачности, атмосферы, высотного расположения поверхности над уровнем моря и высоты Солнца зависит соотношение между рассеянной и прямой радиацией в составе суммарной [7].

При безоблачном небе с увеличением высоты Солнца количество рассеянной радиации снижается. Чем выше Солнце и прозрачнее атмосфера, тем меньше количество приходящей рассеянной радиации. Суммарная радиация полностью состоит из рассеянной радиации, в случае если облачность является сплошной и плотной. В зимнее время из-за отражения радиации от снежного покрова и ее вторичного рассеяния в слоях атмосферы количество рассеянной радиации в составе суммарной различимо увеличивается [7,8].

В сельском хозяйстве большую роль играет приходящая суммарная радиация, потому что тепло и свет, которые получают сельскохозяйственные культуры от Солнца – это результат воздействия суммарной солнечной радиации. Поэтому немалое значение имеют данные о суммах радиации, получаемых поверхностью за определённые промежутки времени [7].

Осуществление раздельного наблюдения над прямой и рассеянной радиацией, происходит в малом количестве пунктов. Как правило, наблюдения над суммарным излучением имеют более высокий приоритет, чем над прямым излучением, поэтому число пунктов наблюдения, участвующих в расчете суммарного излучения, в несколько раз выше. В этом смысле суммарная радиация изучалась более глубоко, главным образом потому, что на практике данные об общем количестве энергии, поступающей от солнечного излучения, имеют большее значение. Из-за этого число расчётных методов существенно больше [7].

Первичными факторами, которые определяют изменение потока суммарного излучения, являются характер и степень облачности так же

расположение на небесном своде. Поток суммарной радиации при незначительной облачности, в случае если солнце не закрыто облачностью, будет больше, чем при прозрачной атмосфере [7].

Суточные и годовые колебания Q пропорциональны высоте солнца. Частичная облачность, не покрывающая солнечный диск, увеличивает общее количество приходящей радиации. Пасмурное, напротив, уменьшает это. В среднем облачность снижает общую радиацию на 20-30% [7].

Максимум рассеянного излучения обычно намного меньше, чем прямой. Чем больше высота Солнца и чем больше загрязнена атмосфера, тем больше поток рассеянной радиации. Облака, которые не покрывают солнце, увеличивают поток рассеянного излучения по сравнению с чистым небом [7].

Зависимость прихода рассеянного излучения от облачности сложна. Это определяется типом и количеством облаков, их плотностью и их оптическими свойствами. Интенсивность рассеянного излучения от облачности может колебаться в десять и более раз [7].

Изменение потока рассеянной радиации в течении некоторого промежутка времени при прозрачной атмосфере соответствует изменению потока прямой радиации. Однако утром рассеянная радиация появляется ещё до восхода солнца, а вечером она ещё поступает и после захода солнца. В течение года максимум рассеянной радиации наблюдается летом [7].

Изменение потока рассеянного излучения за период времени в прозрачной атмосфере соответствует изменению потока прямого излучения. Однако утром рассеянное излучение появляется еще до восхода солнца, а вечером оно все же достигает поверхности земли после захода солнца. В течение года максимальные значения рассеянной радиации наблюдаются в летнее время [7].

Величина потока суммарного излучения, а также закономерности его изменений определяются значениями S' и D и их изменениями, зависящие от, прозрачности атмосферы, облачности, высоты солнца и других параметров [7].

Таблица 1 - Суммарная (прямая и рассеянная) солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности по Воронежской области, МД ж/м².

| Месяц | Метеостанция в Воронеже. | Метеостанция в пункте Каменная степь. |
|---|---|---|
| I | 85 | 98 |
| II | 141 | 176 |
| III | 288 | 314 |
| IV | 385 | 418 |
| V | 565 | 599 |
| VI | 620 | 630 |
| VII | 590 | 609 |
| VIII | 473 | 515 |
| IX | 326 | 344 |
| X | 176 | 188 |
| XI | 80 | 86 |
| XII | 50 | 65 |
| ∑ | 3779 | 4042 |

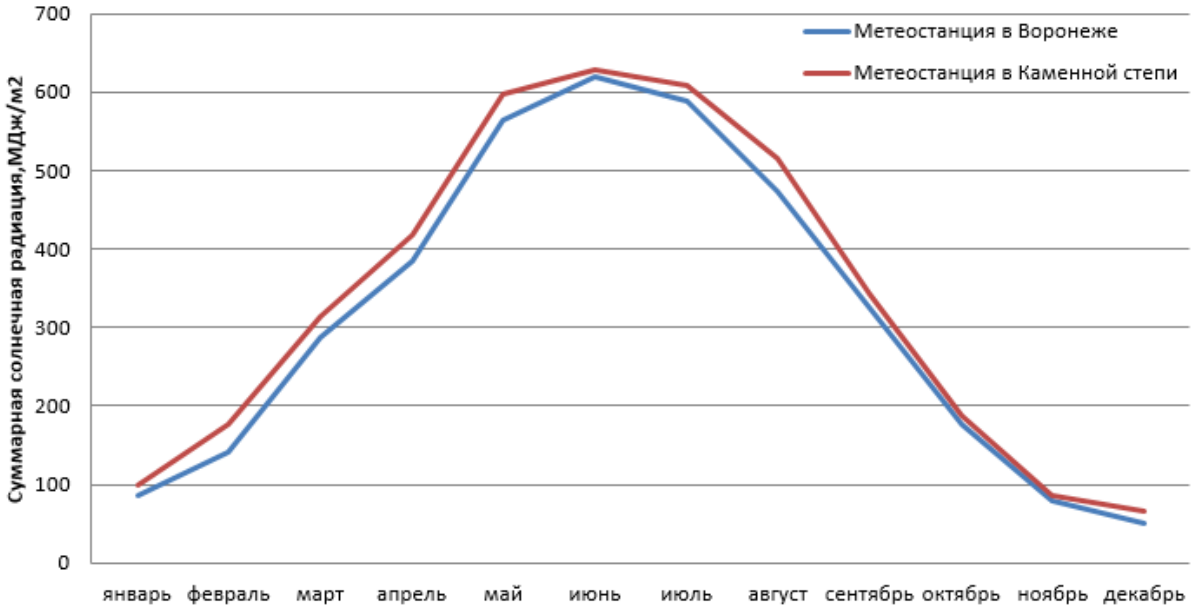


Рисунок 8 - Суммарная (прямая и рассеянная) солнечная радиация на горизонтальную поверхность.

Анализируя рисунок 8 и таблицу 1, мы видим, как солнечная радиация изменилась за год. Поступление солнечной радиации на подстилающую поверхность в летнее время значительно больше, чем в зимнее. Так как пункт Каменная степь располагается юго-западнее, то количество приходящей радиации больше в течение года. Суммарная солнечная радиация в Воронеже составила 3779 МДж/м² и в пункте Каменная степь – 4042 МДж/м².

## 2.2 ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОБЛАСТИ

Температура является характеристикой теплового состояния физического тела. Для количественной характеристики температуры почвы были приняты практические термодинамические и международные шкалы. Температура на обеих шкалах может быть выражена в градусах Кельвина (К) и градусах Цельсия($^0$C). Изменение температуры почвы в течение дня или года называется суточным или годовым изменением температуры почвы [9].

Температура поверхности почвы и на разных глубинах – это температура, которая определяется показаниями термометров, которые установлены на предопределенных глубинах. На метеорологических станциях температура измеряется на глубинах 5, 10, 15, 20 см на участках без растительного покрова и определяется в теплые периоды термометрами ТМ-5 Савинова, а на глубинах 20, 40, 80, 120, 160, 240 и 320 см – станционными вытяжными термометрами под естественным покровом подстилающей поверхности [9].

Температура Земли значительно влияет на формирование термического режима в слоях атмосферы. Для решения многих проблем связанных со строительством, подземным оборудованием и сельским хозяйством используются данные о температурном режиме почвы [9].

Тепловой режим грунта напрямую зависит от пористости, влажности и минерального состава грунта и обуславливается притоком тепла. Теплоемкость и теплопроводность зависят от растительности, микрорельефа, экспозиции склонов [9].

Поступающая энергия передается нижележащим слоям, а также расходуется на нагрев воздуха и испарение воды. Слой почвы, в котором обнаруживаются суточные и годовые колебания температуры в зависимости от притока солнечного излучения, называет активным или деятельным слоем [9].

Среднемесячная и годовая температура ($^0$C) поверхности почвы. Приведены данные за период 2010-2015 гг. доступны в течение периода наблюдения станции в указанных пределах лет. Наблюдения проводятся с помощью ртутных термометров, установленных на поверхности земли, свободной от растительности (на голой поверхности) летом и на поверхности снега зимой [9].

Температура подстилающей поверхности на территории Воронежской области имеет отчетливый годовой ход, свойственный типу континентального климата, то есть минимум приходиться на зимний период, максимум на лето [9].

В таблице 2 представлена динамика среднедекадной температуры поверхности почвы в течение года, из которого видно, что прогревание почвы происходит не одновременно, а именно в южных районах температура почвы весной выше, чем на остальной территории, на севере области прогревание происходит медленнее. Максимум в северных регионах области наступает раньше - во второй половине июня; на юге в конце первой половины июля.

Таблица 2 - Средняя месячная и годовая температура ($^0$C) поверхности почвы Воронежской области за период 2010-2015гг.

| Месяц | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Воронеж | -9 | -8 | -3 | 9 | 19 | 25 | 25 | 23 | 15 | 7 | -1 | -4 |
| Богучар | -7 | -7 | -1 | 11 | 20 | 26 | 28 | 26 | 18 | 8 | 2 | -3 |

В южных районах области средняя месячная температура почвы имеет отрицательные значения преимущественно зимой. В северных районах отрицательные значения просматриваются в последние месяцы осени. Максимальная средняя месячная температура наблюдается в июле и составляет 25$^0$C на севере и 28 $^0$C на юге области, а минимальная -9 $^0$C и -7$^0$C в январе. В зимние месяцы средняя месячная температура подстилающей поверхности имеет малое различие с температурой воздуха, а в летний период разрыв значителен. Термический режим подстилающей поверхности имеет существенное значение для климатических характеристик района.

Вегетационный период в городах Воронеж и Богучар приходится на период с апреля по октябрь. Средняя месячная температура в данный промежуток времени составляет 19 $^0$C.

Представлены данные о среднемесячной годовой температуре воздуха за период 2010-2015 гг. на метеостанциях области в городах Воронеж, Борисоглебске, Нижнедевицке и Павловске.

Таблица 3 - Средняя месячная и годовая температура ($^0$C) воздуха.

| Месяц | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Борисоглебск | -9 | -8 | -3 | 10 | 19 | 21 | 23 | 22 | 14 | 7 | 2 | -3 |
| Воронеж | -9 | -7 | -3 | 9 | 18 | 20 | 23 | 21 | 14 | 7 | 2 | -3 |
| Павловск | -8 | -7 | -2 | 10 | 19 | 21 | 24 | 23 | 14 | 7 | 3 | -3 |
| Нижнедевицк | -9 | -8 | -3 | 9 | 18 | 20 | 23 | 21 | 14 | 7 | 2 | -4 |

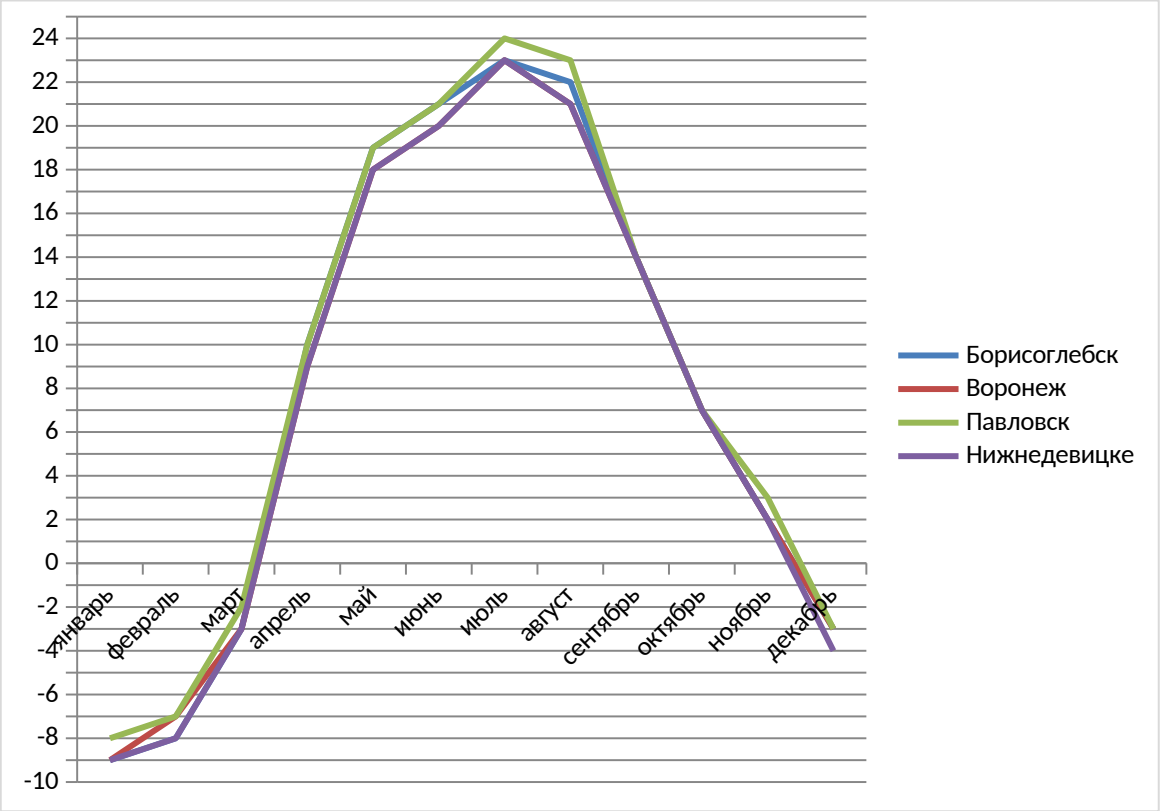


Рисунок 9 - Средняя месячная и годовая температура ($^0$C) воздуха

Анализируя рисунок 9, можно сделать вывод, о том, что годовой ход температуры воздуха в Воронежской области в целом совпадает с годовым ходом притока солнечной радиации. Максимальная температура наблюдается на юге области (г. Павловск) и составляет $24^0$С, а минимальная в северной части (г. Воронеж, г. Нижнедевицк)- $-9^0$С. Среднегодовая температура на севере (метеостанция Воронеж) составляет $7.6^0$С, на юге (метеостанция Павловск) – $8.4^0$С. Средне июльская температура по станциям – $23.3^0$ С. Средне январская температура – $-8.3^0$С. Среднегодовая амплитуда колебания температуры составляет $31.6^0$С.

## 2.3 РЕЖИМ УВЛАЖНЕНИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Распределение осадков по территории Воронежской области за период 2010-2015гг. подчиняется особенности пространственного их распределения, уменьшение с северо-запада на восток и юго-восток. Рельеф оказывает большое влияние на количество выпадающих осадков района — крутизна склонов, положение относительно влагонесущим ветрам (рис. 11).

Таблица 4 - Среднегодовые осадки по Воронежской области за 2010-2015гг., мм.

| Станция | Борисоглебск | Воронеж | Павловск | Нижнедевицк | Среднее |
|---|---|---|---|---|---|
| Максимальное | 545 | 829 | 569 | 720 | 665 |
| Минимальное | 385 | 419 | 452 | 417 | 418 |
| Среднее | 487 | 572 | 508 | 537 | 526 |
| Норма | 471 | 539 | 465 | 541 | 504 |

Анализируя таблицу 4, мы видим ,что максимальное количество осадков отмечено на северо-западе области (Воронеж) и составляет 829мм, минимальное же приходится на северо-восток области (Борисоглебск) – 385мм.

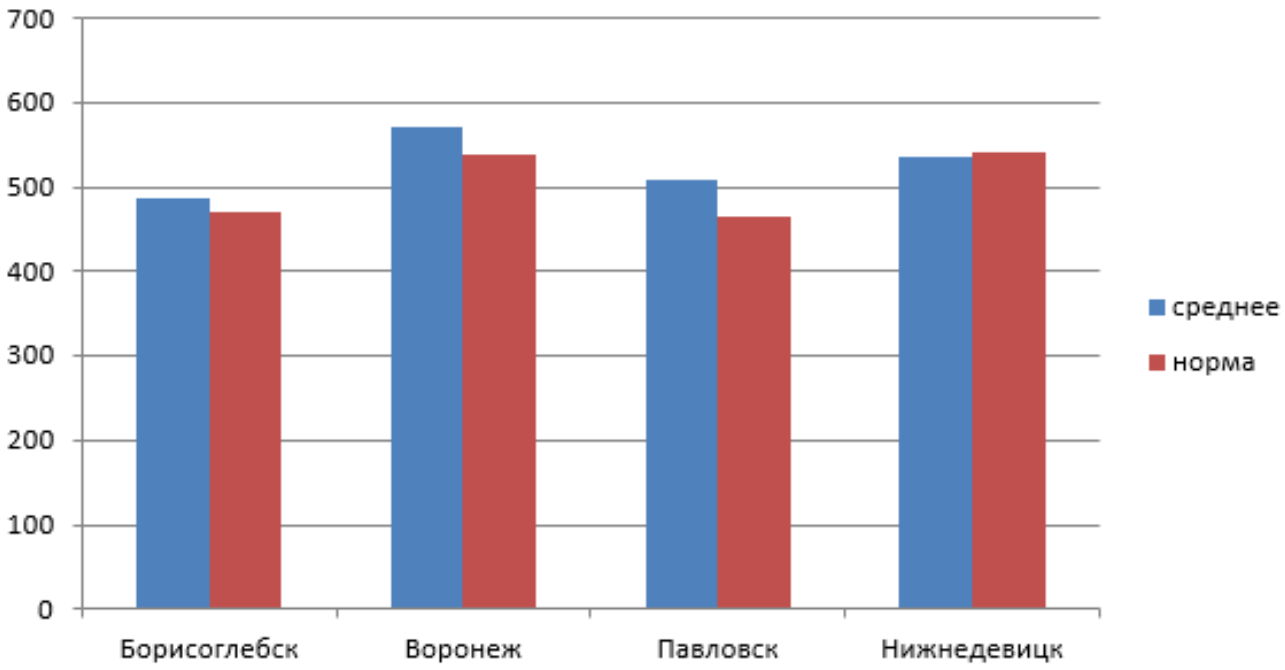


Рисунок 10 - Сравнение среднегодовых сумм осадков за 2010-2015г. с многолетними нормами.

Наибольшее количество осадков на территории области наблюдается на северо-западе (метеостанция Воронеж) и составляет 572,0 мм, что 106% от нормы (рис. 10). Наименьшее количество осадков наблюдается на востоке (метеостанция Борисоглебск) и составляет 487,0 мм, что соответственно 103% от нормы. Динамика осадков за 2010-2015гг. является приближенной к норме многолетних данных на территории области.

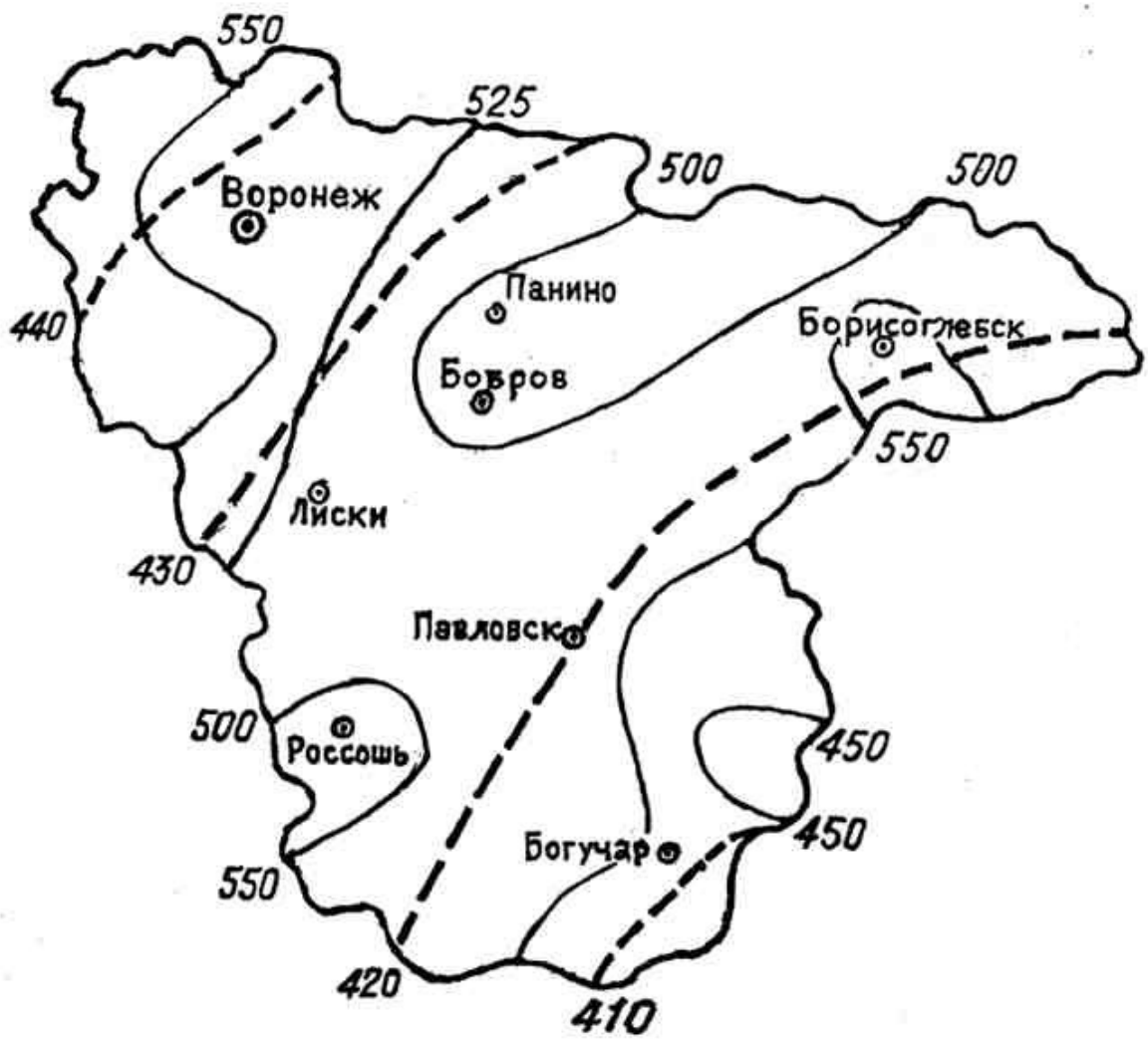


Рисунок 11 - Схематичная карта изолиний среднегодовых количеств атмосферных осадков с поправкой на смачивание и суммарного испарения с поверхности водосборов (штриховые линии), цифры даны в миллиметрах [23]

На территории Воронежской области наблюдается выпадение в течение года осадков трёх агрегатных состояний: твердых, смешанных и жидких. К твёрдым видам осадков относят: град, снег, снежная крупа, снежные зёрна, ледяной дождь, ледяная крупа. Снег - это форма атмосферных осадков, которая состоит из мелких кристаллов льда, относится к обложным осадкам, всыпающим на подстилающую поверхность. Град – частички льда неправильной формы, выпадет в летнее время года в основном вместе с ливневым дождём. Продолжительность этого явления составляет не более 20 минут. Снежная крупа представляет непрозрачные крупинки белого цвета диаметром от 2,5

до 5 мм. Выпадает при неустойчивой погоде весной или осенью в основном вместе со снегом при температуре воздуха около 0°С. Снежные зёрна имеют вид мелких непрозрачных частиц белого цвета, диаметр их составляет менее 2 мм, выпадают из слоистых и слоисто-дождевых облаков в малых количествах при отрицательной температуре воздуха. Ледяной дождь относится к виду обложных осадков, выпадает при отрицательной температуре воздуха от 0 до -14°С в виде твердых прозрачных шариков льда диаметром 1-3,5 мм. Внутри них находится незамерзшая вода, образуется в процессе попадание слоя тёплого воздуха между слоями холодного атмосферного воздуха. Ледяная крупа относится к осадкам ливневого характера, выпадает при температуре воздуха от -4 до 9°С, в основном вместе с ливневым дождём, имея вид прозрачных ледяных крупинок диаметром 1-3 мм. Образуется при столкновении снежной крупы с более большими переохлажденными каплями в слое облака, которое располагается ещё ниже [10].

Из осадков жидкого агрегатного состояния наблюдаются морось и дождь. Морось – мельчайшие капли диаметром не более 0,5 мм, которые выпадают медленно из тумана или слоистых облаков. Дождь - водяные капли диаметром от 0,45 - 7,0 мм [10].

Из вида смешанных осадков на территории области наблюдается мокрый снег. Он выпадает в виде тающего снега с дождём [10].

Встречаются осадки по характеру выпадения: ливневые, обложные, моросящие [10].

Ливневым осадкам характерно быстрое изменение интенсивности и небольшая непродолжительность, выпадают из кучево-дождевых (Cb) облаков в виде дождя, нередко с градом. Отличительной способностью является внезапность начала и окончания явлений, охватывающих не большую площадь [10].

Моросящим осадкам характерна малая интенсивность. Выпадают из слоисто-кучевых облаков (Sc) в некоторых случаях в виде мороси,

мельчайших снежинок, снежных зёрен. Морось наблюдается при температурах около 0°С в нижних слоях атмосферы [10].

Обложные осадки характеризуются равномерной интенсивностью, могут продолжаться долгое время, охватывая большие площади. Выпадают из слоисто-дождевых(Ns) и высокослоистых(As) облаков. Образование таких осадков связано с конденсацией водяного пара. Обложные осадки характерны для тёплого фронта, а для холодного – ливневые. Интенсивность выпадения осадков является их важной характеристикой [10].

Так же осадки различают по их происхождению и выделяют, такие как конвективные или внутримассовые, фронтальные и орографические осадки [10].

Конвективные осадки характерны для жаркого пояса, где интенсивный нагрев и испарение, но летом нередко бывают и в умеренном поясе, образовываются внутри воздушных масс. Фронтальные осадки образуются при столкновении двух воздушных масс с разными физическими свойствами, выпадают из более теплого воздуха, образующего циклонические вихри, типичны для умеренного и холодного поясов. Орографические осадки выпадают на наветренных склонах высоких гор. Если воздушная масса движется со стороны теплого моря, обладая большой относительной и абсолютной влажностью, то они обильны [10].

Географическим расположением и орографией – сочетанием значительных равнин, местоположением теплых морей и крупных водоёмов, определяется развитие и распределение осадков на территории Воронежской области. С местными и фронтальными процессами связано происхождение осадков [10].

Среднее годовое количество осадков по области составляет 505 мм. Но на территории Воронежской области количество осадков не постоянно и уменьшается с северо-запада на восток и юго-восток.

# ГЛАВА 3. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

## 3.1 ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ПРИХОДА ФОТОАКТИВНОЙ РАДИАЦИИ (ФАР)

Регуляция продукционного процесса не возможна без учета фактора, который подразумевает под собой солнечная радиация. Теория фотосинтетической деятельности растений говорит о том, что высокую продуктивность как биологическую, так и хозяйственную, можно достичь при помощи создания посевов и насаждений, которые в свою очередь обеспечат наиболее эффективное использование ФАР (фотосинтетически активной радиации) [7].

Растения во время фотосинтеза используют лишь ту часть солнечной радиации, которая входит в пределы 0,38-0,71 МД ж/м$^2$ и называется фотосинтетически активной – ФАР. Такое название происходит из-за того, что молекулы хлорофилла приходят в возбуждение от квантов энергии данного диапазона волн. Данный участок спектра соответствует области видимого излучения. Благодаря озоновому слою в стратосфере фотоны с короткой длиной волны отфильтровываются в связи с тем, что их энергия достаточно большая и может повредить структуру клетки, а вот кванты, которые имеют большую длину волн, не пригодны и не используются для фотосинтеза, так как их энергии, наоборот, недостаточно [11].

Исходя из этого, напрашивается вывод о том, что густота, площадь и распределение листьев в ценозе посева, который хорошо обеспечен питанием и влагой, должны быть такими, чтобы приходящую ФАР к растениям можно было считать лимитирующим фактором. Также нужно учитывать, что при этом КПД ФАР должен быть максимален [11].

Необходимо брать во внимание метеоусловия, широту расположения теплиц, время года и время суток, потому что от этих показателей в высшей мере зависят следующие: спектральный состав излучения, ФАР, а также

значение энергии падающей солнечной радиации. Все вышеперечисленное происходит из-за того, что достаточным влиянием обладают закономерности рассеяния солнечных лучей молекулами паров воды, атмосферы, углами падения в разных широтах в разное время года и суток на поверхность земли, а также различными аэрозолями. В суточный ход суммарная радиация максимальна в полдень, а в годовой ход – летом (при безоблачном небе) [11].

Измерения ФАР используются в сельском хозяйстве, лесоводстве и океанографии. Одно из требований к продуктивному участку земли — адекватное значения ФАР, то есть этот параметр можно использовать для оценки потенциальной производительности участка. Сенсоры ФАР, расположенные на разных уровнях под навесом леса позволяют измерить доступную для утилизации экосистемой ФАР. Измерения этого параметра также используются для определения эвтрофической зоны океана. Для оценки применяется интеграл дневного освещения — количество фотосинтетически активной радиации, которую растение получает в течение дня [11].

Наиболее интенсивно листья растений поглощают сине-фиолетовые (0,40-0,48 МД ж/м²). По современным данным количество $ФАР_{QФАР}$ приближено составляет 52 % приходящей суммарной радиации Q:

$$Q_{ФАР} = 0,52*Q \qquad (3)$$

Анализируя таблицу 5, наблюдаем, как изменяется фотосинтетическая солнечная радиация в течение года. В летние месяцы поступление солнечной радиации на подстилающую поверхность больше, чем в холодный период года. Максимум наблюдается на станциях в июне, а минимум в декабре. Сумма $Q_{ФАР}$ в Воронеже составила 1965 МДж/м²., Каменная степь – 2102 МДж/м². Различие сумм за год обуславливается расположением метеостанций. Воронеж располагается севернее, чем Каменная степь.

Таблица 5 - Месячная фотосинтетическая солнечная радиация (ФАР) по Воронежской области, МДж/м².

| Месяц | Метеостанция в Воронеже. | Метеостанция в пункте Каменная степь. |
|---|---|---|
| I | 44 | 51 |
| II | 73 | 92 |
| III | 150 | 163 |
| IV | 200 | 217 |
| V | 294 | 311 |
| VI | 322 | 328 |
| VII | 307 | 317 |
| VIII | 246 | 268 |
| IX | 170 | 179 |
| X | 92 | 98 |
| XI | 42 | 45 |
| XII | 26 | 34 |
| ∑ | 1965 | 2102 |

Интенсивность ФАР можно измерить, но для этого необходимы специальные светофильтры, пропускающие только волны в диапазоне 0,38...0,71 мкм. Такие приборы есть, но на сети актинометрических станций их не применяют, а измеряют интенсивность интегрального спектра солнечной радиации [11].

Значение ФАР можно рассчитать так же по данным о приходе прямой и рассеянной радиации с помощью коэффициентов по формуле:

$$Qфар = 0,43S + 0,57D \quad (4)$$

где, Qфар - ФАР (фотосинтетически активная радиация);

S’ - прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность;

D - рассеянная солнечная радиация.

Для характеристики степени использования посевами ФАР применяют коэффициент полезного использования ФАР:

$$КПДфар = (\sum Q'фар / \sum Qфар)*100\% \quad (5)$$

где, $\sum Q'фар$ – сумма ФАР, затраченная на фотосинтез за период вегетации растений (ф.6);

$\sum Qфар$ – сумма ФАР, поступающая на верхнюю границу посева за этот период (4).

$$\sum Q'фар = q*M \quad (6)$$

где q - калорийность сухой растительной массы, кДж/г;

M - биологический урожай общей сухой растительной массы, г/см$^2$.

Значительная часть ФАР, поглощенная растительным покровом, расходуется на транспирацию воды и конвективный обмен «лист–воздух» (70-95%). Только часть поглощенного излучения расходуется на создание органического вещества. Зерновые культуры, которые отличаются по структуре (плотность растений на единицу площади, фаза развития, направление рядов сельскохозяйственных культур к источнику лучистой энергии) и применяемые сельскохозяйственные методы, используют ФАР по-разному. По классификации А. А. Ничипоровича, культуры отличаются по средним показателям КПДфар:

– обычно наблюдаемые в производстве –0,5…1,5 %;

–хорошие –1,5… 3,0 %;

–рекордные –3,0…5,0 %;

–теоретически возможные –6,0…8,0 %.

В литературе присутствуют разрозненные данные по методам оценки ФАР. Многие исследователи предлагают свои методы, и активно ими пользуются [12].

Одним из самых простых способов измерения ФАР является использование квантовых датчиков. Точность измерений, выполненных датчиком, достигается за счет спектральной чувствительности растений, которая включена в алгоритм обработки устройства. Выполнение измерений в нужном спектральном диапазоне обеспечивает система стеклянных и интерференционных фильтров [12].

Сравнение спектра излучения светодиодного источника света со спектром излучения эталонного источника света с известным распределением энергии излучения в спектре. Этот метод оценки ФАР основан на определении спектральной плотности яркости энергии светодиодных модулей стандартными методами с использованием ламп с известной цветовой температурой [12].

Такие приборы могут измерять ФАР в энергетических величинах ($Вт/м^2$) или определять число квантов на единицу площади в единицу времени (плотность фотосинтетического потока фотонов, мкмоль $м^{-2}$ $с^{-1}$) [12].

Правильная оценка фотосинтетически активной радиации является очень важной и актуальной задачей радиационного воздействия при изучении воздействия радиации на растения. Можно утверждать, что измерение ФАР с использованием квантовых датчиков является самым простым и не требует дополнительных методов расчета. Стоит также обратить внимание на метод сравнения спектра. Поскольку этот метод предлагает сравнительную оценку эффективности различных источников оптического излучения в соответствии с уже известными спектральными свойствами, его можно использовать для расчета освещения в программных системах [12].

## 3.2 АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ТЕРМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Температура растений является одним из важнейших факторов скорости созревания сельскохозяйственных культур. Отчего основной задачей аграрной метеорологии является поиск связи между скоростями развития различных культур и их температурой, включая установление нижнего предела температуры, при которой происходит развитие. Растения начинают свои жизненные процессы, когда достигается конкретное значение температуры. Эта начальная температура называется минимальной биологической температурой, знание которой необходимо для ряда агрометеорологических прогнозов и расчетов [13].

Суммой активных температур характеризуется важнейший для созревания растений фактор – теплообеспеченность. Данный показатель используется при определении потребности в тепле сельскохозяйственных культур, а также для оценки тепловых ресурсов территории. Рассчитывается как сумма среднесуточных температура воздуха за период времени, в течение которого среднесуточная температура равнялась выше 5, 10 или 15°С, поскольку для каждого из вида сельскохозяйственных культур существует своя минимальная температура – биологический ноль [13,14].

Биологический ноль - нижняя граница температуры воздуха, при которой активная жизнь растения еще возможна. Весной, когда начинается биологический ноль, сельскохозяйственные культуры покидают свое состояние покоя и вступают в вегетационный период [15].

У каждой культуры есть своя минимальная биологическая температура, варьирующаяся в разные периоды развития урожая, большая группа растений, биологические характеристики которых развиваются под влиянием умеренного климата с холодными и жаркими периодами года, имеет одинаковую минимальную температуру биологического воздуха близкую к 5° С [15].

Как видно из таблицы 6, морозостойкие культуры начинают интенсивно развиваться при более низких температурах, чем термофильные, биологические особенности которых были сформированы климатом родины этих культур, а именно тропических и субтропических регионов земного шара.

Приведенные в таблице минимальные значения биологической температуры являются средними и не могут считаться постоянными.

Таблица 6 - Биологические минимумы температуры растений полвевой культуры в разные периоды вегетации, °С.

| Культура | Появление входов формирование вегетационных органов | Формирование органов плодоношения |
|---|---|---|
| ***Зерновые хлеба:*** | | |
| Пшеница яровая | 4-5 | 10-12 |
| Ячмень | 4-5 | 10-12 |
| Овёс | 4-5 | 10-12 |
| Просо | 10-11 | 12-15 |
| Кукуруза | 10-13 | 12-15 |
| Рис | 14-15 | 18-20 |
| Гречиха | 7-8 | 10-12 |
| ***Зерновые бобовые:*** | | |
| Горох | 4-5 | 8-10 |
| Соя | 10-11 | 15-18 |
| Фасоль | 12-13 | 15-18 |

| | | |
|---|---|---|
| ***Масличные:*** | | |
| Подсолнечник | 7-8 | 12-15 |
| Конопля | 2-3 | 10-12 |
| Хлопчатник | 14-15 | 15-20 |

Снижение температуры ниже биологического минимума приводит к прерыванию процессов роста и развития, но все же не приводит к гибели культур. Всё-таки при температуре ниже биологического минимума, в частности при высокой влажности почвы, семена будут гнить [13].

Скорость всего вегетационного цикла или отдельных межфазных периодов во многом определяется температурным режимом культуры. Следовательно, можно установить взаимосвязь между длительностью межфазных стадий или вегетации и температурой воздуха. Обычно считается, что для прохождения определенного межфазной стадии сельскохозяйственная культура должна в некоторых случаях накопить определенное количество среднесуточных температур (за период с t > 0 °), в других - сумму активных температур (за период с t > 10 °) или суммой температур выше биологического минимума (сумма эффективных температур) [15].

Метод суммирования положительных среднесуточных температур или активных температур основан на физиологической эквивалентности для каждого температурного градуса. Считается, что влияние температуры на биологические процессы возрастает прямо пропорционально увеличению температуры на определенные значения [13].

Сумма активных температур может быть определена из ежедневных наблюдений и многолетних средних значений. Расчет количества начинается с даты, когда среднесуточная температура воздуха превышает 10 ° С. Значения активной температуры рассчитываются на основе долгосрочных данных с

использованием годового хода температуры. Суммы активной температуры, рассчитанные данным образом, различны для разных культур [13].

Из приведенных данных в таблице 7 следует, что позднеспелым культурам свойственны большие, а раннеспелым — меньшие суммы активных температур, необходимые для созревания или спелости.

Таблица 7 - Суммы активных температур разных сельскохозяйственных культур, °С.

| Культура | Сумма активных температур |
|---|---|
| Лён на волокно | 1100 |
| Овёс (Победа, Золотой дождь) | 1300 |
| Томаты (Бизон) | 1150 |
| Огурцы (Муромские) | 1500 |
| Картофель (ранние сорта) | 1200 |
| Яровая пшеница (Лютесценс 062) | 1300 |
| Просо (Саратовское 742) | 1700 |
| Подсолнечник | 1950-2150 |
| Свекла | 1900-3500 |
| Кукуруза раннеспелых сортов | 1500-2000 |
| Кукуруза среднеспелых сортов | 2000-2500 |
| Кукуруза позднеспелых сортов | 2500-3000 |

Среднесуточная температура воздуха становится активной после превышения биологической нулевой точки развития этого растения. Поэтому, чтобы получить сумму активных температур за межфазный период или за весь вегетационный период, необходимо добавить все среднесуточные температуры за определенный период. Эффективная температура - это разница между среднесуточной температурой и биологической нулевой точкой данной культуры [13].

Основное различие между указанными суммами заключается в методе обработки: при расчете сумм фактических температур нижний предел развития растений для каждого дня вычитается из средней суточной температуры, а при расчете сумм активных температур - использовали всю среднесуточную температуру [13].

По сравнению с активными температурами суммы эффективных температур используются реже. Основная сложность использования суммы эффективных температур заключается в необходимости знать оптимальные температурные пределы для конкретных сортов и типов растений в течение вегетационного периода [13].

Метод суммирования эффективной температуры основан на предположении о прямой зависимости между суммой среднесуточных эффективных температур и продолжительностью межфазных периодов. Каждому градусу средней суточной температуры воздуха выше биологического минимума температуры придается одинаковое физиологическое значение [13].

Эффективная температура рассчитывается по формуле:

$$t\,эфф = (t - t\,o) \qquad (7)$$

где, t — средняя за период из среднесуточных температур;

$t_o$ — биологический минимум температуры.

Сумма эффективных температур за определенный период может быть вычислена так:

$$\sum t_{эфф} = (t - t_o)*n \qquad (8)$$

где, n — число дней в периоде.

Расчет сумм эффективных температур осуществляется двумя способами. В первом методе биологическая минимальная температура вычитается из средней суточной температуры каждого дня межфазного периода, а остатки

за весь период суммируются. Во втором методе среднесуточные температуры за межфазный период суммируются, вычисляется среднее значение среднесуточных значений и из него вычитается биологический минимум температуры. Средняя эффективная температура, полученная таким способом, умножается на количество дней в периоде [13].

Поскольку биологический минимум температуры изменяется в течение вегетационного периода, сумма эффективных температур обычно рассчитывается из межфазных периодов. Их величина, а также сумма активных температур не одинаковы для разных видов сельскохозяйственных культур (таблица 8) [13].

Таблица 8 - Суммы эффективных температур для зерновых культур (по А.А. Шиголеву), °С.

| Культура | от выхода в трубку до колошения | от колошения до спелости |
|---|---|---|
| Пшеница (Лютесценс 062) | 330 | 490 |
| Овёс (Победа) | 378 | 428 |
| Ячмень (Кубанец) | 330 | 388 |

При обычных сроках сева и благоприятных условиях развития сумма фактических температур для каждого сорта данной культуры почти постоянна. Используя уравнение 7, это позволяет определить длительность межфазного периода на основе фактической температуры, ожидаемой согласно формуле:

$$n = \frac{\sum t\,эфф}{t - t\,o} \qquad (9)$$

Уравнение 9 является главным для фенологических прогнозов. При расчете сумм температур учитываются высокие температуры, которые не увеличивают скорость развития растений за счет увеличения общего количества. Эти температуры называются балластными температурами [13].

Для оценки и сравнения тепловых ресурсов различных областей применяют сумму активных температур выше 10 °С (табл. 9) и эффективных выше 5°С (табл. 10).

Таблица 9 - Суммы активных температур за 2010-2015гг (°С) выше 10 °С

| Название станции | Апрель | | | Май | | | Июнь | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Нижнедевицк | 14,0 | 44,5 | 114,5 | 212,5 | 335,5 | 542,9 | 691,9 | 892,1 | 1097,4 |
| Воронеж | 18,2 | 60,3 | 127,6 | 230,7 | 369,5 | 583,2 | 733,0 | 923,7 | 1131,5 |
| Каменная Степь | 18,8 | 54,0 | 123,4 | 237,7 | 367,2 | 573,6 | 764,5 | 950,5 | 1144,0 |
| Борисоглебск | 17,9 | 57,4 | 126,7 | 251,2 | 379,3 | 606,3 | 788,6 | 982,3 | 1184,5 |
| Лиски | 25,0 | 64,9 | 135,7 | 273,9 | 402,9 | 612,8 | 812,3 | 1005,2 | 1206,2 |
| Павловск | 23,2 | 62,6 | 129,6 | 259,8 | 404,0 | 616,7 | 799,8 | 991,7 | 1192,8 |
| Анна | 19,1 | 58,5 | 122,6 | 232,9 | 358,0 | 572,5 | 750,9 | 949,1 | 1141,9 |
| Калач | 19,1 | 54,9 | 115,4 | 253,8 | 388,8 | 583,9 | 780,8 | 972,2 | 1172,0 |
| Богучар | 27,7 | 80,7 | 173,9 | 309,2 | 446,6 | 655,0 | 861,0 | 1059,3 | 1265,8 |
| | Июль | | | Август | | | Сентябрь | | |
| Нижнедевицк | 1289,9 | 1492,7 | 1713,7 | 1914,2 | 2104,5 | 2238,6 | 2334,6 | 1537,0 | 1185,4 |
| Воронеж | 1326,4 | 1532,0 | 1756,4 | 1957,9 | 2106,9 | 2285,6 | 2383,7 | 1748,2 | 1270,1 |
| Каменная Степь | 1339,8 | 1547,1 | 1774,2 | 1979,4 | 2132,6 | 2317,0 | 2307,7 | 1767,9 | 1238,2 |
| Борисоглебск | 1389,5 | 1603,4 | 1838,5 | 2048,3 | 2247,2 | 2388,4 | 2490,7 | 1766,0 | 1205,8 |
| Лиски | 1410,9 | 1625,8 | 1859,5 | 2071,0 | 2272,8 | 2415,8 | 2519,5 | 1900,1 | 1424,5 |
| Павловск | 1396,9 | 1610,9 | 1844,6 | 2055,6 | 2257,9 | 2402,4 | 2495,6 | 1953,1 | 1478,4 |
| Анна | 1337,0 | 1542,8 | 1767,4 | 1969,4 | 2118,0 | 2296,4 | 2340,6 | 1755,3 | 1224,5 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Калач | 1375,4 | 1588,3 | 1823,4 | 2034,1 | 2234,6 | 2373,0 | 2531,9 | 1829,8 | 1377,5 |
| Богучар | 1476,0 | 1696,3 | 1938,4 | 2156,3 | 2365,6 | 2575,3 | 2609,9 | 2174,6 | 1613,3 |

Таблица 10 - Суммы эффективных температур за 2010 - 2015гг (°С), (выше 5 °С).

| Название станции | Апрель | | | Май | | | Июнь | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Нижнедевицк | 19,7 | 55,8 | 107,1 | 198,6 | 294,9 | 415,6 | 539,4 | 670,2 | 809,8 |
| Воронеж | 20,7 | 62,5 | 117,3 | 210,9 | 309,5 | 433,0 | 558,6 | 692,2 | 833,9 |
| Каменная Степь | 20,3 | 61,6 | 118,2 | 207,0 | 306,7 | 437,5 | 565,5 | 701,7 | 845,4 |
| Борисоглебск | 22,6 | 62,7 | 126,6 | 219,0 | 317,4 | 452,4 | 586,2 | 730,3 | 882,6 |
| Лиски | 26,7 | 72,8 | 134,2 | 229,7 | 334,6 | 466,9 | 601,9 | 744,8 | 896,1 |
| Павловск | 29,0 | 71,9 | 131,8 | 224,7 | 328,2 | 458,3 | 592,1 | 734,1 | 885,1 |
| Анна | 20,8 | 61,5 | 117,8 | 206,5 | 306,7 | 436,9 | 564,4 | 700,0 | 843,2 |
| Калач | 25,3 | 65,6 | 124,6 | 216,6 | 317,6 | 445,9 | 576,9 | 718,3 | 868,2 |
| Богучар | 36,0 | 87,0 | 154,3 | 251,6 | 360,9 | 496,9 | 637,0 | 785,3 | 941,8 |
| | Июль | | | Август | | | Сентябрь | | |
| Нижнедевицк | 952,2 | 1105,0 | 1271,1 | 1421,5 | 1561,8 | 1698,0 | 1801,4 | 1878,6 | 1557,4 |
| Воронеж | 978,8 | 1134,4 | 1303,8 | 1455,3 | 1597,0 | 1735,6 | 1841,1 | 1919,5 | 1592,4 |
| Каменная Степь | 991,2 | 1148,5 | 1320,6 | 1475,8 | 1623,0 | 1767,0 | 1877,5 | 1960,8 | 1582,8 |
| Борисоглебск | 1037,6 | 1201,5 | 1381,7 | 1541,5 | 1690,8 | 1836,2 | 1945,4 | 2028,1 | 1679,4 |
| Лиски | 1050,8 | 1215,6 | 1394,3 | 1555,9 | 1707,7 | 1855,6 | 1968,4 | 2054,1 | 1799,4 |
| Павловск | 1039,3 | 1203,3 | 1382,0 | 1543,0 | 1695,3 | 1843,3 | 1955,1 | 2041,2 | 1784,4 |
| Анна | 988,3 | 1144, | 1313,8 | 1465,7 | 1607,9 | 1746,4 | 1852,1 | 1931,4 | 1604,6 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | | | | | | | |
| Калач | 1021,5 | 1184,5 | 1364,6 | 1525,2 | 1675,7 | 1821,9 | 1932,0 | 2016,1 | 1800,8 |
| Богучар | 1102,0 | 1272,3 | 1459,4 | 1627,4 | 1786,6 | 1941,5 | 2059,6 | 2152,4 | 1940,9 |

Анализ данных таблиц 9 и 10 и их сравнения с требованиями оптимальных условий для выращивания сельскохозяйственных культур (табл. 7), приведенными выше, показывает, что во все сезоны, кроме весны, в регионе сохраняются оптимальные условия температурного режима для возделывания многих культур за исключением позднеспелых сортов кукурузы (2500-3000°С) в северных регионах области.

Таким образом, для выращивания среднеспелых и позднеспелых сортов кукурузы подходят центральные, южные и северо-восточные районы области, так как сумма активны температур находится в пределах от 2500 °С до 2600 °С. Остальные же культуры приведённые в таблице 7 можно взращивать по всей территории Воронежской области поскольку суммы активных температур оптимальных для их созревания.

## 3.3. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ УВЛАЖНЕННОСТИ

Оценка условий увлажнения территории по количеству выпадающих осадков не совсем корректна, так как осадки являются лишь одной из составляющих приходной части водного баланса [16].

Среднегодовая сумма осадков на территории Воронежской области колеблется в пределах 490 – 580 мм, что вполне достаточно для успешного возделывания большинства сельскохозяйственных культур. Однако не совсем благоприятные изменения в режиме осадков произошли из-за внутригодового перераспределения осадков. Из-за увеличения осадков зимой и значительное уменьшение осадков в вегетационный период. Увеличение осадков зимой приводит к увеличению влаги в почве к началу вегетации. Но затем на

фоне повышенных температур воздуха растения затрачивают значительное количество влаги на транспирацию, которое не восполняется в полной мере из-за уменьшения осадков весной и летом.

Этим, в частности, объясняется тот факт, что при одинаковой сумме осадков в различных районах увлажнение бывает разное. Поэтому в агрометеорологии для оценки условий увлажнения территории используют косвенные показатели (коэффициенты), представляющие собой отношение прихода влаги (осадков) к ее максимально возможному расходу (испаряемости) [16].

Наибольшее распространение получили гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова:

$$ГТК = \sum R / 0{,}1 \sum T \qquad (10)$$

где, $\sum R$ – сумма осадков в мм за период со среднесуточной температурой воздуха выше 10 °С;

$\sum$ Т – сумма активных температур за этот же период.

В зависимости от величины ГТК Селянинов предложил оценивать метеорологическую ситуацию следующим образом:

- ГТК < 0,5 – очень засушливо;
- 0,5 < ГТК < 1,0 – засушливо, недостаточно влажно;
- 1,0 < ГТК – избыточно влажно.

Распределение количества осадков за вегетационный период 2010 -2015 гг. демонстрирует таблица 11. Наибольшее количество осадков за период вегетации наблюдается на северо-западе области и составляет 286 мм (Воронеж). Количество осадков в южных и восточных районах области составляет 210 мм (Богучар) и 211 мм (Борисоглебск). Центральный район области имеет среднее количество осадков – 221 мм (Павловск).

Таблица 11 - Среднемесячные осадки за вегетационный период по Воронежской области за 2010-2015гг., мм.

| Станция | май | июнь | июль | август | сентябрь | ∑ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Воронеж | 39 | 67 | 45 | 89 | 46 | 286 |
| Богучар | 45 | 59 | 30 | 38 | 38 | 210 |
| Павловск | 44 | 57 | 43 | 43 | 34 | 221 |
| Борисоглебск | 38 | 42 | 47 | 36 | 48 | 211 |

Длительность вегетационного периода определяется такими климатическими факторами, как продолжительностью безморозного периода, суммой активных температур (t > 10°C) и количеством осадков, выпавших за этот период (рис. 12).

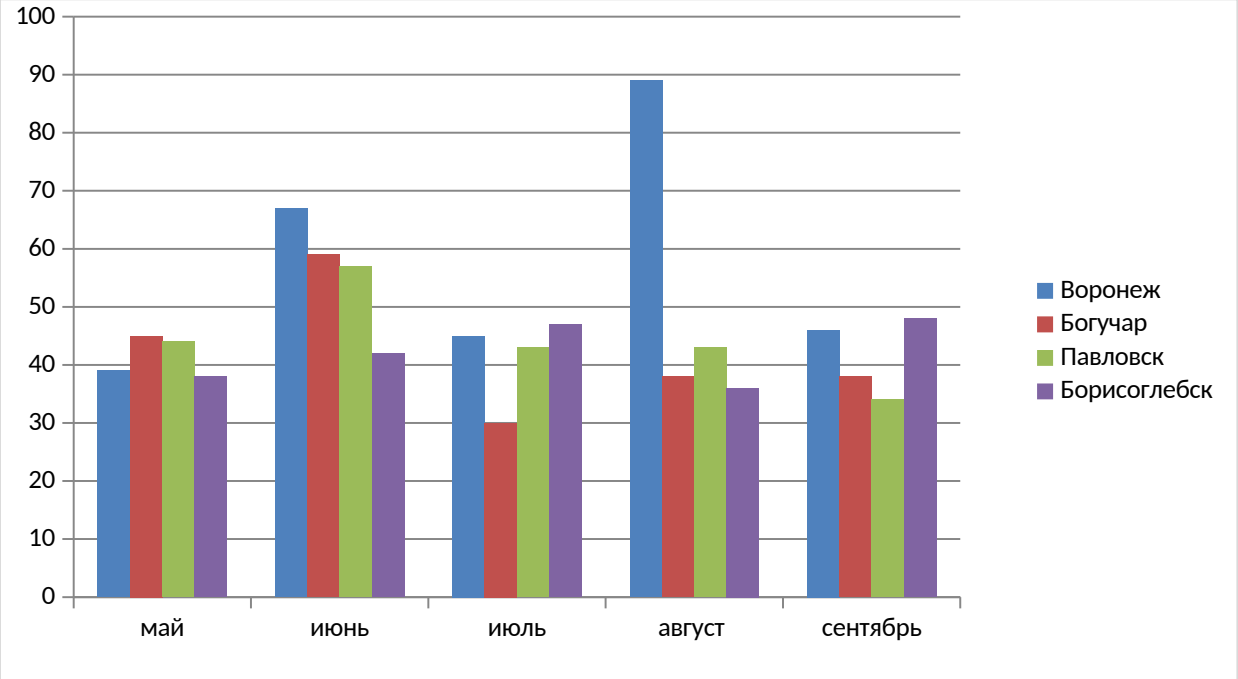


Рисунок 12 - Среднемесячные осадки за вегетационный период по Воронежской области.

Анализируя рисунок 12, наблюдаем, что наибольшее количество осадков на территории области приходится на июнь и составляет 225 мм, а наименьшее на июль – 165 мм. Месячный максимум осадков приходится на северо-запад и составляет 89 мм (Воронеж) в августе, а минимум на южную часть области, составляя 30 мм (Богучар) в июле.

Исследованиями Селянинова показано, что знаменатель в формуле приближенно равен испаряемости. Поэтому в агроклиматических расчетах ГТК используется как показатель атмосферного увлажнения [16].

В таблице 12 представлено распределение ГТК за вегетационный период, имеющий выраженное широтное распределение.

Таблица 12 - Распределение ГТК за вегетационный период по Воронежской области за 2010-2015г.

| Станция | май | июнь | июль | август | сентябрь |
|---|---|---|---|---|---|
| Воронеж 24 | 0,7 | 0,6 | 0,3 | 0,4 | 0,4 |
| Богучар 17 | 0,7 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,2 |
| Павловск 18 | 0,7 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Борисоглебск 19 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,4 |

Анализ таблицы 12 показывает, что величина ГТК в месяце мае находится в пределе от 0,7 до 0,6 , что говорит о том, что метеорологическая ситуация является засушливой. В месяце августе ГТК находится в пределе от 0,1 до 0,4, говоря о очень засушливой обстановке по области. С июля по сентябрь на всей территории области вероятность атмосферных засух велика, ГТК в данный период изменяется от 0,1 (Богучар) до 0,4 (Воронеж).

Для рационального ведения сельскохозяйственного производства очень важны климатические параметры, которые наиболее тесно связаны с продуктивностью сельскохозяйственных культур и составляют сельскохозяйственный потенциал климата. В качестве сельскохозяйственного потенциала климата используется биоклиматический потенциал (БКП) по Д.И. Шашко.

Применение БКП позволяет дать сравнительную межрегиональную оценку земель, через относительные значения биоклиматического потенциала, синтезирующего влияние на биологическую продуктивность основных факторов климата – тепла и влаги [17].

Биоклиматический потенциал (БКП) является одним из наиболее универсальных и удобных комплексных показателей, используемых для оценки условий выращивания сельскохозяйственных культур и проведения агроклиматического районирования. В конце XX века изучение БКП было одним из ведущих направлений агроклиматических исследований, однако в последние годы число работ, посвященных данному вопросу, уменьшилось. Оценка современных значений БКП представляет большую актуальность в связи с тем, что с конца 80-х годов XX века наблюдаются заметные изменения климата и, следовательно, изменяются агроклиматические условия [17].

Очевидным плюсом использования БКП является возможность определить не только биологическую продуктивность, но и получить фактические значения климатически обусловленной продуктивности зерновых культур исходя из значения биоклиматического потенциала (Шашко) [17].

Биоклиматический потенциал рассчитывался по формуле:

$$БКП = Кр(ку)\frac{\sum t > 10\,^{\circ}C}{\sum так(баз)} \qquad (11)$$

где, Кр(ку) - коэффициент роста по годовому показателю атмосферного увлажнения;

$\sum t > 10\,^{\circ}C$ - сумма средних суточных температур воздуха за период вегетации;

$\sum так(баз)$- базисная сумма средних суточных температур воздуха за период вегетации.

В качестве базисных могут быть взяты разные суммы значений температуры:
1000°С — для сравнения с продуктивностью на границе возможного массового полевого земледелия;
1900°С — для сравнения со средней по стране продуктивностью, свойственной южно-таежно-лесной зоне;
3100°С — для сравнения с продуктивностью в оптимальных условиях роста, характерных для умеренного пояса.

В приведенной формуле коэффициент роста (коэффициент биологической продуктивности) Кр(ку) представляет собой отношение урожайности в данных условиях влагообеспеченности к максимальной урожайности в условиях оптимального увлажнения и рассчитывается по формуле:

$$Кр(ку) = lg(20*ку) \quad (12)$$

где, ку = Р / Е— коэффициент годового атмосферного увлажнения, равный отношению количества осадков к сумме средних суточных значений испарения.

При значении Ку = 0,5 создаются оптимальные условия для влагообеспеченности растений. В этих условиях Кр(ку) = 1 [17].

В России средняя продуктивность культур широкого ареала (зерновых) соответствует значению БКП = 1,9, которое принято за эталон (100 баллов). Пересчет БКП в баллы осуществляется по формуле:

$$Бк = Кр(ку)\ [(\Sigma t>10^{o}С)\cdot 100 / 1900] = 55*БКП \quad (13)$$

где, Бк — климатический индекс биологической продуктивности (относительно средней продуктивности для страны);
балл. 55 — коэффициент пропорциональности, определенный по связи

средних значений БКП и показателей продуктивности зерновых при уровне агротехники госсортоучастков.

Градация биологической продуктивности по БКП и Бк приведена в таблице 13.

Таблица 13 - Шкала оценки биологической продуктивности.

| Биологическая продуктивность | БКП | Бк |
|---|---|---|
| Очень низкая | <0,8 | <40 |
| Низкая | 0,8-1,2 | 40-60 |
| Пониженная | 1,21-1,6 | 61-85 |
| Средняя | 1,61-2,2 | 86-120 |
| Повышенная | 2,21-2,8 | 121-155 |
| Высокая | 2,81-3,4 | 156-190 |
| Очень высокая | >3,4 | >190 |

Физический смысл биоклиматического потенциала заключается в следующем: продуктивность экологических типов сельскохозяйственных культур при достигнутом уровне культуры земледелия определяется доступностью для растений питательных веществ, находящихся в почве. Доступность, в свою очередь, зависит от наличия влаги в почве, с одной стороны, а с другой – от теплового режима, определяющего скорость биохимических реакций в процессе фотосинтеза и подготовку питательных веществ для растений в результате деятельности микроорганизмов. От складывающихся условий тепло- и влагообеспеченности в равной мере зависит продуктивность культур [17].

Таким образом, под БКП следует подразумевать балловую оценку степени доступности для растений питательных веществ, находящихся в почвенном растворе на конкретной территории. Однако следует подчеркнуть, что с помощью БКП дается общая оценка ресурсов тепла и влаги безотносительно к запросам отдельных культур и их сортов [17].

Для расчёта биоклиматического потенциала использовались средние годовые суммы осадков за 2010-2015 года, суммы испарений за этот же период, а также суммы активных температур ($t > 10^0C$) и базисные суммы средних суточных температур воздуха для сравнения с продуктивностью в оптимальных условиях роста, характерных для умеренного пояса (3100°С) за вегетационный период.

Анализ биоклиматического потенциала проводился для станций Воронеж, Богучар, Павловск, Борисоглебск за период с 2010-2015 год. По расчётам биоклиматический потенциал находится в пределах от 0,96 до 1,11, а это значит, что Воронежская область относится к низкой биологической продуктивности (см. табл. 13).

Таблица 14 - Средний биоклиматический потенциал на метеостанциях Воронеж, Богучар, Павловск, Борисоглебск за период с 2010-2015 год.

| Станция | БКП | Бк |
|---|---|---|
| Воронеж | 1,09 | 60 |
| Богучар | 0,96 | 53 |
| Павловск | 1,11 | 61 |
| Борисоглебск | 1,09 | 60 |

Анализ таблицы 14 показывает, что максимальное значение биоклиматического потенциала наблюдается в центральном районе области (Павловск) и составляет 1,11 БКП и 61 Бк, говоря о низкой биологической продуктивности, а минимальное значение наблюдается в южном районе (Богучар), составляя 0,96 БКП и 53 Бк. Низкая биологическая продуктивность объясняется высокой суммой средних суточных температур воздуха за вегетационный период, небольшой суммой годовых осадков, а вследствие чего высокими суммами испарений, увеличивая вероятность атмосферных засух на территории области.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных работ была реализована поставленная цель и проведены исследования влияния агроклиматических условий на выращивание сельскохозяйственных культур по Воронежской области за период с 2010 по 2015 год.

1. Проанализированы основные характеристики исследуемой области и приведена её физико-географическая характеристика.
2. Был проведен анализ агроклиматических показателей, таких как ФАР, температурный режим воздуха и почвы.
3. Проанализирован годовой, а так же вегетационный режим увлажнения и распределения количества осадков.
4. Проанализированы суммы активных и эффективных температур за вегетационный период.
5. Выполнен анализ влагообеспеченности области и временной анализ биоклиматического потенциала.

Проведенное исследование позволило установить, что влияние произошедших в последние годы изменений температурного режима и режима осадков на территории Воронежской области на условия возделывания основных сельскохозяйственных культур – неоднозначно. С одной стороны, повышение температуры воздуха увеличивает безморозный, а, следовательно, и вегетационный период, с другой стороны, уменьшение весенних и летних осадков ухудшает обеспечение растений влагой, повышает вероятность возникновения атмосферных засух и суховейных явлений, которые негативно влияют на развитие растений и формирование урожая. Но в целом с внесением минимальных агротехнических поправок, учитывающих эти изменения (например, применение снегозадержания для увеличения влаги в почве весной в период прорастания семян), климатические условия Воронежской области остаются благоприятными для выращивания основных сельскохозяйственных культур.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Атлас Воронежской области. – Воронеж,1994. –48 с. Карт.
2. Агроклиматические ресурсы Воронежской области. – Л.: Гидрометеоиздат, 1972. – 380 с.
3. Бережной А.В.[текст]: учебник / Склоновая микрозональность ландшафтов среднерусской лесостепи. Воронеж: Издательство ВГУ, 2009. – С. 140.
4. Донское Белогорье. Под редакцией Ф.Н. Милькова. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1976. – 160 с. 1.4
5. Смольянинов В.М. Подземные воды Центрально-Черноземного региона: условия их формирования, использование: Геология и подземные воды Воронежской области Монография. – Воронеж: Изд-во Воронежского госагроуниверситета, 2003. – 250 с. 1.4
6. Почвы Воронежской области, их генезис, свойства и краткая агропроизводственная характеристика [Текст] / П. Г. Адерихин. - Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1963. - 264 с. 1.4
7. Сборник задач и вопросов по агрометеорологии, А.П. Лосев.
8. Полякова Л.С., Кашарин Д.В**.** Учебное пособие «Метеорология и климатология» – Новочеркасск НГМА, 2004, 107 с.
9. Практикум по агрометеорологии, М.Д. Павлова.
10. Лукомец В.М., Бочковой А.Д., Хатнянский В.И., Кривошлыков К.-М.Результаты и перспективы внедрения иностранных гибридов подсолнечника в Российской Федерации // Масличные культуры: Научно-технический бюллетень Всероссийского НИИ масличных культур. 2015. Вып. 3 (163). С. 3-8
11. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов / Х. Г. Тооминг. - Л.: Гидрометеоиздат, 1984. - 264 с.
12. Леман В.М. Курс светокультуры растений. – М.: Высшая школа. – 1976 – 271 с.

13. Серякова Л. П. Метеорологические условия и растения (учебное пособие по агрометеорологии) Гидрометеоиздат, Л., 1971. – 77 с.
14. Венцкевич Г. З. Агрометеорология. Гидрометеоиздат, Л., 1958.
15. Акимов Л.М. Материалы по оценке производительных сил муниципальных районов Воронежской области (агроклиматические, водные и рекреационно-туристские ресурсы) / Л.М Акимов, В.Л. Бочаров, В.А. Дмитриева, Ю.А. Нестеров, Е.Г. Нефедова, О.В. Прохорова, В.И. Федотов, С.В. Федотов // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2014. - №4. – С. 68-126
16. Селянинов Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. Л., 1928. Вып. 20. С. 165 – 177.
17. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР /Д.И. Шашко. Л.: Гидрометеоиздат. – 1985. – 248с.
18. https://vk.com/photo-25461549_344005874
19. https://ru.wikipedia.org/wiki/Административно-территориальное_деление_Воронежской_области#/media/Файл:Voronezh_region_map.svg
20. https://priroda36.ru/images/stories/klimat/klimat.jpg
21. https://priroda36.ru/images/stories/flora/pochvy/pochvy-b.jpg
22. http://900igr.net/up/datai/161689/0005-006-.jpg
23. https://big-archive.ru/wp-content/uploads/2019/06/1-26.jpg