



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра МКОА**

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(бакалаврская работа)**

**На тему: «Микроклиматическое районирование по агроклиматическим  
ресурсам»**

**Исполнитель** \_\_\_\_\_ **Портнов Семен Анатольевич**  
(фамилия, имя, отчество)

**Руководитель** \_\_\_\_\_ **Кандидат географических наук, доцент**  
(ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ **Абанников Виктор Николаевич**  
(фамилия, имя, отчество)

**«К защите допускаю»**

**И.О. заведующего кафедрой**

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ **Доктор физико-математических наук, доцент**  
(ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ **Дробжева Яна Викторовна**  
(фамилия, имя, отчество)

«    »    **2024 г.**

Санкт–Петербург

2024

## Оглавление

Введение .....	3
Глава 1. Актуальность микроклиматологии и физико-географические особенности республики Марий Эл.....	5
1.1. Влияние неоднородностей подстилающей поверхности на пространственную изменчивость метеорологических величин .....	5
1.2. Основные типы микроклиматов.....	8
1.3 Физико-географические особенности региона.....	17
Глава 2. Анализ режима метеорологических характеристик на территории Республики Марий Эл.....	24
2.1. Режим проходящей солнечной радиации .....	24
2.2. Анализ температуры воздуха и почвы в Республике Марий Эл .....	26
Глава 3. Микроклимат агроклиматических характеристик .....	33
3.1. Оценка агроклиматических ресурсов Республики Марий Эл.....	33
3.2. Микроклиматическая изменчивость агроклиматических ресурсов.....	44
Заключение .....	54
Список литературы .....	55

## Введение

В современных условиях все более актуальным становится вопрос изучения и анализа микроклимата территории. Микроклимат, как составная часть общего климата, играет важную роль в формировании экологической среды, влияя на жизнедеятельность различных организмов, а также на комфорт человека. Для более эффективного использования природных ресурсов и обеспечения устойчивого развития необходимо проводить комплексное и детальное микроклиматическое районирование территории.

Важность изучения микроклимата также обусловлено тем, что метеорологические характеристики в приземном слое атмосферы очень часто формируются за счет взаимодействия с подстилающей поверхностью. Если посмотреть на существующие особенности характеров подстилающей поверхности, то можно увидеть водную среду и сушу, поверхность с растительностью или сельскохозяйственные поля вспаханном состоянии, холмистые участки и равнинные территории и т.д. У каждого из приведенных примеров подстилающей поверхности формируется свой тепловой баланс из-за неравномерного поглощения приходящей солнечной радиации и дальнейшего излучения в атмосферу в виде эффективного излучения.

Исследование микроклимата территории является актуальной задачей для оптимизации использования ресурсов, улучшения условий жизни людей и сохранения окружающей среды. Полученные результаты и рекомендации по микроклиматическому районированию могут быть использованы в строительстве, градостроительстве, ландшафтном дизайне, сельском хозяйстве и других сферах, где важна оптимизация условий окружающей среды

Целью данной выпускной квалификационной работы является оценка микроклиматической изменчивости агрометеорологических характеристик на территории Республики Марий Эл на основе анализа особенностей влияния различных типов деятельной поверхности на их пространственное распределение.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть вопросы актуальности проведения микроклиматических обследований территорий и проанализировать физико-географические особенности Республики Марий Эл;
- провести анализ режима метеорологических характеристик, которые влияют на формирование агроклиматических ресурсов Марий Эл;
- рассчитать агрометеорологические характеристик оценить их климатический режим и выявить закономерности их пространственной изменчивости в зависимости от типов подстилающей поверхности;
- оценить характер микроклимата агроклиматических показателей.

В целом, в работе предполагается рассмотреть аспекты, влияющие на формирование микроклимата, определить ключевые показатели и параметры, которые позволят провести качественное районирование и выявить особенности климатических зон на исследуемой территории.

## Глава 1. Актуальность микроклиматологии и физико-географические особенности республики Марий Эл

### 1.1. Влияние неоднородностей подстилающей поверхности на пространственную изменчивость метеорологических величин

Подстилающая (деятельная) поверхность - верхний слой коры Земли, который включает в себя все виды водоемов, ледники и почву, которые участвуют в различных природных процессах.

Как же то, что находится у нас под ногами, может повлиять на климат? Прежде всего, через поглощение или отражение солнечных лучей. Кроме того, подстилающая поверхность влияет на климат через биохимические процессы, а также в результате водо-и газообмена. Например, почва остывает и нагревается быстрее, чем вода, поэтому береговые зоны обычно имеют более умеренный климат, чем удаленные от морей и океанов. Температура на Земле формируется солнцем, и различные поверхности воздействуют по-разному на солнечное излучение, что влияет на климат. Воздух имеет низкую теплопроводность, поэтому в атмосфере обычно прохладнее, чем на земле; тепло воздуха преимущественно происходит от солнечного тепла, поглощенного водой или почвой.

Из-за того, что снег отражает до 80% солнечного излучения, он может быть теплее в сентябре, когда еще нет осадков, чем в марте, несмотря на одинаковое количество солнечного излучения в эти месяцы. Отличительные черты "бабьего лета" связаны с процессами на поверхности, например, теплота, накопленная в летние месяцы в почве, осенью выделяется, что дополняется теплом от увядших растений.

Водная среда играет значительную роль в изменчивости метеорологических условий. Большинству людей нравится умеренный климат с мягкой зимой и летом. Это обеспечивается океанами и морями, поскольку вода нагревается медленно, но удерживает больше тепла, чем земля. Поэтому водная

поверхность летом собирает в себе много энергии, которая освобождается зимой, утепляя прибрежные районы. Морской бриз также зависит от водной среды: днем воздух с берега притягивает более холодный воздух с воды, создавая легкий ветерок, а ночью холодный воздух с земли перемещается к морю, изменяя направление бриза дважды в сутки.

Рельеф суши имеет огромное влияние на разнообразие климатов. Например, если поверхность ровная, это не препятствует движению воздуха. В то время как в местах с горами или долинами, создаются уникальные условия. Например, когда водоем находится ниже уровня окружающей местности, испарения и тепло не диссипируются, а сосредотачиваются в этом районе, формируя специфический микроклимат.

Низменная равнина характеризуется малыми абсолютными высотами — не более 100 м. В ряде случаев эти низины находятся ниже уровня моря, как, например, Прикаспийская низменность. На этих равнинах также можно встретить небольшие возвышения с невысокими изменениями высоты, до 30 м. Большой части территории низменных равнин присуще болотообразование. Этот ландшафт способствует созданию особого климата, характерного для низинных равнин. В этом типе климата наблюдаются различные микроклиматические изменения, которые зависят от степени заболоченности, особенностей мелиорации, чередования заболоченных и сухих участков. Из-за этих факторов на небольших площадях формируются микроклиматические различия в верхнем слое почвы, проявляющиеся в изменениях радиационного баланса, температуры и влажности почвы и воздуха, а также скорости испарения.

Встречающиеся небольшие возвышения также являются микроклиматообразующими факторами. В этом случае изменения наблюдаются во всем комплексе микроклиматических показателей.

Холмистый рельеф — всхолмленные участки суши с абсолютными высотами до 500 м и относительными превышениями от 10 до 100—150 м. Микроклимат территорий, имеющих холмистый рельеф, отличается большим

разнообразием, которое не могут отразить данные метеорологических станций. Для характеристики микроклимата необходимо использовать систему таблиц микроклиматической изменчивости метеорологических величин.

Предгорья — окраинные части горных стран, характеризующиеся холмистым или горным рельефом (иногда имеют местное название — прилавки, адыры и др.). Абсолютные высоты колеблются от 200 до 1000 м, относительные превышения могут достигать 200 м. Мезоклимат и микроклимат предгорий формируется, с одной стороны, под влиянием гор, а с другой — под влиянием прилегающих равнин. В этих условиях мощным микроклиматообразующим фактором является нисходящий (катабатический) ветер (фен, бора, стоковый ветер и др.). Стоковые явления в значительной степени определяют микроклиматические различия. В предгорьях в зависимости от прихода солнечной радиации достаточно четко выражены высотные градиенты метеорологических величин. Данные метеорологических станций должны быть строго дифференцированы в зависимости от местоположения и абсолютной высоты станции над уровнем моря.

Морские прибрежные предгорья представляют собой узкую (3-5 км от уреза воды) полосу морского побережья предгорий горных систем, прижатых к морям и крупным водоемам. Это совершенно особое в климатическом отношении территории. Здесь на климат оказывают сильное влияние и море, и горы. Днем восходящие токи заносят глубоко в горы морской воздух, ночью мощный стоковый ветер обрушивает на узкую прибрежную полосу большие массы горного воздуха. Для условий морских прибрежных предгорий чрезвычайно важно получить распределение высотных градиентов метеорологических величин и значения их микроклиматической изменчивости.

Низкогорья — низкие горы с абсолютными высотами 500—750 м и очень малыми относительными превышениями (10—50 м). Вследствие небольших абсолютных высот вертикальные градиенты почти не выражены. Микроклиматообразующие факторы примерно такие же, как при холмистом рельефе. Микроклиматические различия сильно зависят от формы рельефа

(экспозиции и крутизны склона, части склона, площади воздухообора и др.). Данные метеорологических станций и здесь должны быть строго дифференцированы в зависимости от их местоположения. [12].

## 1.2. Основные типы микроклиматов

Подстилающая поверхность (также называют деятельной поверхностью) – это поверхность земли (почвы, воды, снега и т.д.), взаимодействующая с атмосферой в процессе тепло - и влагообмена.

Деятельная поверхность (слой) – это поверхность (слой) почвы (включая растительность и снежный покров) или воды, участвующий в теплообмене с окружающей средой, и на глубине которого распространяются суточные и годовые колебания температуры.

Особенности распределения элементов климата во всем слое растительного покрова как в надземной, так и в подземной его частях, называется фитоклиматом. Под пологом леса создается свой микроклимат, существенно отличающийся от климатических условий окружающей его открытой местности. Климат леса зависит от видового состава, возраста, ярусности, сомкнутости древостоев, а также от хозяйственной деятельности в лесу. Микроклимат леса закономерно изменяется с ростом и развитием древостоя.

Солнечная радиация, проникая сквозь кроны леса, претерпевает значительные количественные и качественные изменения. Полог древесной растительности сильно ослабляет потоки суммарной радиации. В густом лесу она почти вся состоит из рассеянной радиации, а освещенность значительно меньше, чем на открытых участках.

В летнее время в лесу днем ощущается прохлада, а ночью теплее, чем на открытых пространствах. Зимой разница в температуре между полем и лесом едва заметна. В среднем за год в лесу температура ниже, чем на полях. Амплитуда изменения температуры воздуха в лесу меньше, чем на местах без



растительности. Обычно в дневное время в теплое время года в лесу наблюдается нисходящий градиент температуры, известный как приземная инверсия. Максимальные температуры зафиксированы у верхушек деревьев, а к поверхности почвы они спускаются. В полдень в лесу температура на уровне почвы и в нижнем ярусе деревьев на 2-3°C ниже, чем в верхушках деревьев первого слоя. В лиственных рощах зимой низшие температуры в нижних слоях воздуха не наблюдаются. Весной и осенью чаще происходит образование интенсивных заморозков на поверхности почвы и в нижнем воздушном слое в лиственных лесах, чем в хвойных. Воздействие кронообразующего слоя на температурный режим в лесу изменяется в зависимости от типа леса и возраста деревьев. Степень изменения температуры воздуха древостоем не одинакова на разных уровнях. Наиболее контрастным уровнем лесного биогеоценоза является уровень верхней границы древесного полога.

Состав, возраст и густота деревьев в лесном массиве влияют на температурный режим поверхности почвы и в её глубинах. Температура поверхности почвы в молодых загущенных лесах ниже, чем в старших, где деревья разбросаны гораздо реже. Колебания температуры на поверхности обширных участков смягчаются по сравнению с открытыми местами. Например, зимой почва в лесу теплее на 1-1,5°C, а летом холоднее на 2-4°C, чем на полянах или вырубках. Годовая средняя температура почвы на глубинах 20-120 см в хвойных и смешанных лесах ниже, чем на открытой местности. В хвойных лесах из-за уменьшения охлаждения почва меньше промерзает, чем на полях или в лиственных лесах.

Под пологом леса влажность воздуха выше по сравнению с влажностью открытых участков, и разница эта наибольшая летом, зимой она практически отсутствует. Максимальная влажность в лесу наблюдается в кронах деревьев. В широколиственных лесах относительная влажность воздуха может быть на 10-15%, а в хвойных — на 20-25% выше, чем на открытом месте. Амплитуда колебания влажности воздуха в лесу меньше, чем в поле.

Лес изменяет скорость, направление и структуру ветра. Поток воздуха, встретив на своем пути лес, обтекает его с опушек и сверху. Внутри леса по мере удаления от опушек скорость ветра уменьшается. Значительно снижают скорость ветра еловые насаждения. В них почти всегда наблюдается затишье.

Лес, особенно в теплое время года, удерживает значительное количество осадков в своих кронах. Лиственные леса могут задерживать от 10 до 25% годового количества осадков, а сосновые — от 15 до 40%. В густых хвойных насаждениях снег часто остается на ветвях деревьев. Распределение снега в лесу более равномерное, и его таяние весной происходит медленнее, чем на открытой местности. В лесах с преобладанием хвойных пород изменения в метеорологическом режиме в течение года и во время вегетационного периода менее выражены.

Цветение растений замедляется при повышенной влажности воздуха, ухудшает процесс опыления, созревание плодов и семян, а также препятствует раскрытию шишек и выпадению семян. Помимо этого, такие условия способствуют появлению и развитию грибковых и бактериальных заболеваний растений

Большие запасы воды в снежном покрове, глубокое промерзание и позднее оттаивание почв могут обусловить длительное переувлажнение корнеобитаемого слоя в период вегетации и способствовать заболачиванию. Кроме того, на таяние снежного покрова и мерзлоты требуются большие затраты энергии, в связи с чем замедляется прогревание почв и воздуха. Избыточное увлажнение и ухудшение температурного режима почв и приземного воздуха влекут за собой ухудшение лесорастительных условий и снижение продуктивности лесов, что особенно сильно проявляется в районах с многолетней (вечной) мерзлотой. На почвах, где многолетняя мерзлота оттаивает летом на небольшую глубину, мерзлый слой ограничивает распространение корней растений вглубь, т. е. основная часть их сосредоточивается в самом верхнем слое почв. В области распространения многолетней мерзлоты преобладают почвы с избыточным увлажнением и

наблюдается высокая заболоченность лесов. Насаждения на таких почвах имеют, как правило, пониженную продуктивность и низкую устойчивость к ветровалу.

В лесу особые микроклиматические условия создаются и на лесных полянах. Из-за ослабленного перемешивания воздуха на поляне днем в теплый период года наблюдается застой теплого, а зимой — холодного воздуха. Колебания температуры на полянах значительнее, чем под лесным покровом, особенно на небольших открытых участках и на полянах, окруженных плотными лиственными деревьями. На полянах заморозки могут быть более частыми и сильными, чем на открытом поле. Наибольшие различия в микроклимате полян и леса заметны летом в ясные тихие дни. Зимой различия сглаживаются, особенно в лиственных лесах. Климат на вырубках деревьев схож с климатом полян. Самые резкие различия возникают между затененными и освещенными сторонами вырубок, что сказывается на растительном покрове.

Леса заметно увеличивают количество осадков, выпадающих на занимаемой ими территории. Лесная растительность представляет собой поверхность большой шероховатости. На наветренной стороне леса развиваются восходящие потоки воздуха, что повышает турбулентность и способствует интенсивной конденсации водяного пара. Повышение выпадения осадков под влиянием леса также связано с увеличением относительной влажности воздуха за счет более интенсивного испарения. В лесных районах за вегетационный период выпадает на 10-15% больше осадков, чем в степных.

Сплошные рубки леса сильно влияют на микроклимат. Резко увеличивается приток прямой солнечной радиации к поверхности почвы, в результате чего в период вегетации среднемесячная температура почвы и приземного слоя воздуха могут быть на 0,5-2,5°C выше, чем под пологом хвойного леса. На вырубках значительно увеличивается и эффективное излучение деятельной поверхности, а значит, наблюдаются резкие суточные колебания температуры. Максимальная температура воздуха на вырубке на 3-4°C выше, а минимальные на 2-3°C ниже, чем в лесу. На вырубках

увеличивается поступление атмосферных осадков. Скорость ветра в центре сплошной вырубki почти достигает скорости ветра на открытом месте. На вырубках вертикальное распределение температуры в теплый период года такое же, как и на открытых пространствах, т. е. днем температура воздуха с высотой понижается, а ночью часто возникают приземные инверсии. В общем, распределение метеорологических элементов на поверхности почвы и в приземном слое воздуха в значительной степени зависит от размера сплошной вырубki.

Местный климат города является комплексным явлением, которое формируется не только застройкой, зелеными насаждениями и рельефом местности. Наличие промышленных предприятий также играет существенную роль. Особое внимание уделяется воздействию рельефа и растительности, но мы рассмотрим лишь влияние застройки и промышленных объектов. Выбросы промышленности в виде газов и твердых частиц (дым, сажа) в сочетании с пылью образуют пелену, распространяющуюся над городом. В Лондоне примерно 10 граммов сажи и других загрязнений выпадает на каждый квадратный метр поверхности в течение месяца. В индустриальных районах эта цифра может быть вдвое выше.

Загрязнение атмосферы уменьшает ее прозрачность, что приводит к уменьшению прямой солнечной радиации, а также эффективного излучения. Но уменьшение прямой радиации компенсируется в какой-то части увеличением рассеянной радиации и уменьшением радиационного расхода тепла путем эффективного излучения. В результате дневной баланс если и изменяется, то незначительно. Ночное радиационное выхолаживание уменьшается более существенно. При наличии снежного покрова осаждение сажи и дыма способствует загрязнению его поверхности, а следовательно, и уменьшению его альбедо. Благодаря этому обстоятельству в городе снег сходит на одну-две недели раньше, чем в его окрестностях. Типичной деятельной поверхностью в городе являются железные крыши, каменные стены домов, покрытые асфальтом или камнем улицы. Испарение с этих поверхностей, а следовательно, и расходы

тепла на испарение незначительны, так как осадки, не задерживаясь, стекают по водосточным трубам и канализации. Железо крыш, кроме того, отличается небольшой теплоемкостью, теплопроводность железа и камня сравнительно велика.

Скорость ветра, а следовательно, и турбулентный обмен в городе ослаблены. Все это в совокупности повышает температуру воздуха города по сравнению с окрестностями, особенно в вечерние часы, когда здания, сильно нагретые днем, постепенно отдают свое тепло воздуху. Существенную деформацию претерпевает в городе ветер. В застроенных улицах ветер по преимуществу направлен вдоль улицы в ту или иную сторону. Направление его может быстро меняться и не совпадать с направлением воздушного потока над городом. На улицах и перекрестках особенно легко возникают вихри. Вихревая структура ветра хорошо заметна при метелях, когда на одной стороне улицы снег выдувается у мостовой, а на другой — ветер наносит большие сугробы. Струи ветра, перемещающиеся поперек улиц, образуют как бы замкнутую циркуляцию с восходящей ветвью по одной стороне улицы и нисходящей по — другой.

При основном воздушном потоке, имеющем скорость 7 м/сек, на улицах и переулках, расположенных по направлению ветра, скорость его была порядка 4 м/сек. В переулках, расположенных перпендикулярно к направлению ветра, наблюдается слабое движение воздуха вдоль этих переулков с постоянной переменной направления. В узких проходах скорость ветра может усиливаться.

При перегреве городской территории над ней возникают конвективные токи, а также система слабых ветров от периферии к центру. Своеобразная циркуляция возникает и на отдельных улицах. Вдоль стен, освещенных солнцем, наблюдается движение воздуха вверх, по теневым стенам, наоборот, — вниз. Ночью при штиле стекание наблюдается по обеим сторонам улицы и подъем — на середине улицы. Продукты горения являются хорошими ядрами конденсации, благодаря чему количество туманов в городе увеличивается.

Сельскохозяйственные поля также отличаются большим разнообразием микроклиматов или фитоклиматов. В фазу сев — всходы, как уже указывалось, микроклимат сельскохозяйственных полей, по существу, не отличается от черного пара, но по мере роста растения, испытывая на себе влияние климатических условий, сами начинают оказывать на них все большее и большее воздействие. Микроклимат сельскохозяйственных культур, или, как его иногда называют, фитоклимат, находится в непосредственной зависимости от самих растений: общего веса зеленой массы на единицу площади, степени сомкнутости и формы листовой поверхности, транспирационного коэффициента, т. е. от всего того, что определяет проникновение солнечных лучей в глубину травостоя, турбулентный обмен, расход тепла на испарение. Поэтому микроклимат полей может очень сильно варьировать. К сожалению, не все исследователи учитывали это, и значительная часть характеристик микроклимата разных культур не имеет указаний, к какому именно травостою (высота, густота стояния и др.) они относятся, что приводит к противоречивым выводам. В то время как по некоторым данным микроклимат, например, пшеничного поля близок к черному пару и существенно отличается от метеорологических условий на высоте 2 м (в будке), другие утверждают, что температура среди травостоя той же пшеницы мало отличается от показаний термометров на высоте 2 м. В частном случае правы одни и другие, но без указания, к какому именно травостою данные относятся, их нельзя обобщить, а следовательно, и практически использовать. Поэтому научную и практическую ценность представляют только те микроклиматические данные, которые сопровождаются описанием травостоя.

Интегральной характеристикой травостоя как климатообразующего фактора является вес растительной массы. Параллельные наблюдения над микроклиматом и растительной массой имеются для пшеницы, что дает возможность на примере этой культуры иллюстрировать многообразие микроклимата травянистой растительности, его зависимость от мощности травостоя, агротехнических приемов, погодных и климатических условий.

На рисунке 1.1 представлено изменение максимальной температуры воздуха по вертикали в слое от поверхности почвы до 200 см в пшенице по наблюдениям в Ершове (район Саратова) и Овцине (район Ленинграда). Для сравнения почти во всех случаях приводятся параллельные данные для черного пара и характеристика травостоя в виде веса зеленой массы (т. е. листьев, стеблей, колоса) или урожая (малому урожаю соответствует при прочих равных условиях и менее мощный травостой).

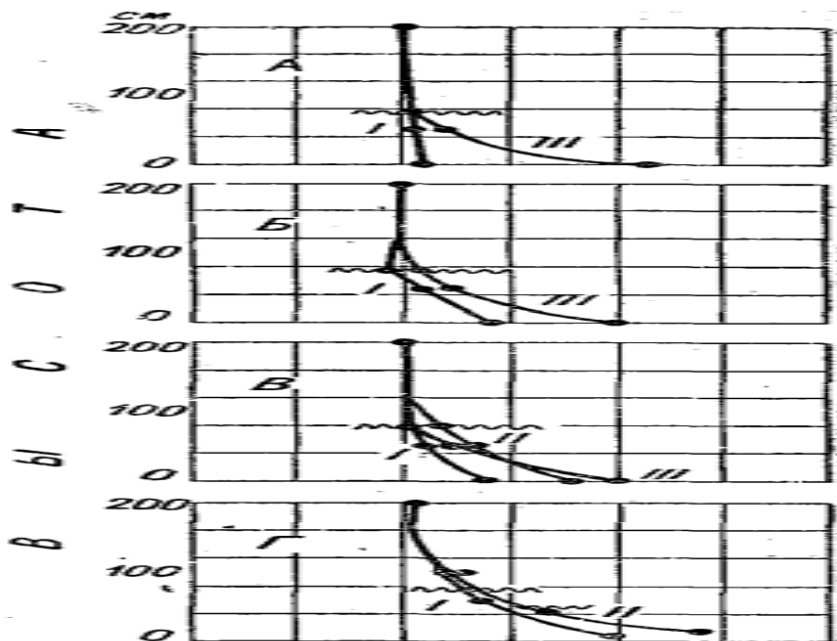


Рисунок 1.1. Изменение температуры

Из сопоставления отдельных кривых графика можно установить, что чем меньше травостой, тем больше максимальная температура в глубине его отличается от температуры на высоте 2 м. При мощном травостое во всем слое от поверхности почвы может наблюдаться изотермия. При малой мощности травостоя температура почти та же, что и - на черном пару, а иногда даже и выше. Как отмечалось ранее, эффекты травостоя зависят от его воздействия на радиационный баланс, испарение и турбулентный обмен. Варьируясь в зависимости от плотности травы и угла солнечных лучей, процент солнечной радиации, проникающей в травостой, может значительно меняться. При более высоком положении солнца больший процент прямой солнечной радиации

достигает поверхности почвы при одинаковых условиях. В плотном травостое лишь малая часть прямой солнечной радиации доходит до земли, поскольку большая часть поглощается травой на различных уровнях. Это препятствует явному формированию максимума на определенной высоте. Тем не менее, наибольшее влияние оказывают затраты тепла на испарение — транспирацию, которые напрямую зависят от плотности травы

Обращает на себя внимание тот факт, что увеличение растительной массы не только уменьшает суточное колебание температуры, но и снижает общий уровень тепла. Под густым травостоем температура почвы холоднее во все сроки. Например, в лесу температура воздуха в травостое в течение всех суток не существенно ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) отличается от температуры на высоте 2 м. Поверхность почвы, на которую почти не попадают солнечные лучи, имеет температуру близкую к температуре воздуха [8].

Горный климат, климат горных местностей — климатические условия в горах на больших высотах.

Характерные черты горного климата включают в себя пониженное атмосферное давление, повышенное количество солнечной радиации, чистоту воздуха (за исключением межгорных низменностей), низкие температуру и абсолютную влажность воздуха, увеличение осадков с ростом высоты и горно-долинные ветра

Разновидность горного климата, а именно высокогорный климат, формируется на высоте 2-3 тысячи метров.

Под климатом почвы Шульгин понимает „многолетний режим температуры и влажности почвы, почвенного воздуха и других элементов, зависящий от комплекса природных условий и производственной деятельности человека и регулируемый последним...". Согласно Шульгину, почва представляет собой уникальную среду, где климат атмосферы претерпевает изменения и проявляется под воздействием специфических условий. Одной из главных особенностей климата почвы является его прямая зависимость от условий формирования данной среды. В отличие от атмосферы, где физические



процессы происходят в относительно однородной среде, почва характеризуется неоднородностью состава и свойств даже на небольших территориях. Это обуславливает разнообразие вариаций термического и водного режимов почвы.

### 1.3 Физико-географические особенности региона

Большая часть территории Республики Марий Эл расположена на левобережье реки Волги. Ее речная сеть состоит из 19 бассейнов и включает 179 рек с длиной водотока более 10 км. Большинство этих рек протекает через лесные массивы и получают воду из разных источников (50 % воды поступает за счет растаявшего снега). Средняя плотность речной сети составляет 0,47 км<sup>2</sup>, самая маленькая - 0,36 км<sup>2</sup> в бассейне реки Ветлуги, а самая большая - 0,85 км<sup>2</sup> в бассейне Малой Юнги. Все реки, кроме реки Илеть, покрываются льдом зимой. Максимальные уровни повышения уровня воды на реках Марий Эл обычно наблюдаются во второй половине апреля и достигают от 2 до 5,5 м. Разливы весеннего половодья спадают плавно, обычно до конца мая или даже начала июня [9].

Западную часть левобережья занимает болотистая Марийская низменность. На западе республики Волга принимает крупный приток — Ветлугу. Восточнее по низменности протекают левые притоки Волги, которые начало на южных склонах Вятских увалов: Малая Кокшага с притоками Малый Кундыш и Большая Ошла, Большая Кокшага с притоком Большой Кундыш, Рутка. В долинах этих рек много лесных озёр.

Восточная часть территории расположена в пределах Вятских увалов (высота до 275 м). Здесь встречаются карстовые(провальные) формы рельефа, поверхность расчленена долинами рек и оврагами. Среди них реки бассейна Вятки: Немда с притоками Лаж, Толмань, Шукшан, Буй, Уржумка; левый приток Волги Илеть с притоками Шора, Ировка и Юшут.

На правобережье Волги располагается только один из 14 районов республики — Горномарийский. Он занимает северную окраину Приволжской

возвышенности. Здесь в Волгу впадают притоки Сура, Сумка, Юнга, Малая Юнга, Сундырь.

На Волге в пределах республики Марий Эл расположены Чебоксарское и Куйбышевское водохранилища.

Регион Республики характеризуется умеренно континентальным климатом, где длинная холодная зима сменяется тёплым летом. В июле средняя температура составляет +18...+19 °С, причем самая высокая температура обычно приходится на середину июля, когда воздух прогревается до +24...+26 °С. Абсолютные максимальные значения температуры в июле-августе достигают +38...+39 °С. Осенняя погода характеризуется холодом и влажностью, сильными ветрами и дождями. Ранние заморозки и выпадения снега являются возможными. Ноябрь считается самым ветреным месяцем. Зима обычно наступает в ноябре, и средняя температура января составляет –12... –13 °С. Абсолютные минимальные значения достигают –46...–50°С. Наиболее холодным месяцем является январь. Республика Марий Эл представляет собой прекрасное место для занятий зимними видами спорта, такими как лыжи и коньки. Весна в целом прохладная и сухая, а среднегодовое количество осадков составляет 450-550 мм [5].

Марий Эл расположена в подтаёжной зоне. Почвы преимущественно дерново-подзолистые, болотные, серые лесные. Смешанные леса (сосна, пихта, ель, берёза) занимают свыше 50 % территории (в основном на западе и в центральных районах). По речным долинам — дубово-липовые леса.

Над территорией республики преобладают воздушные массы умеренных широт. Зимой (как и в целом за год) преобладают южные и юго-западные ветра, летом – западные, а также ветры с северной составляющей. Эти воздушные массы формируются за счет своеобразия циркуляционных особенностей, о чем можно судить по розе ветров (рис.1.2). В целом за год можно наблюдать преобладающие ветра южных и юго-западных составляющих, которые формируются за счет январских ветров южной и юго-западной направленности.

Среднегодовая повторяемость направлений    Повторяемость направлений ветра в январе    Повторяемость направлений ветра в июле

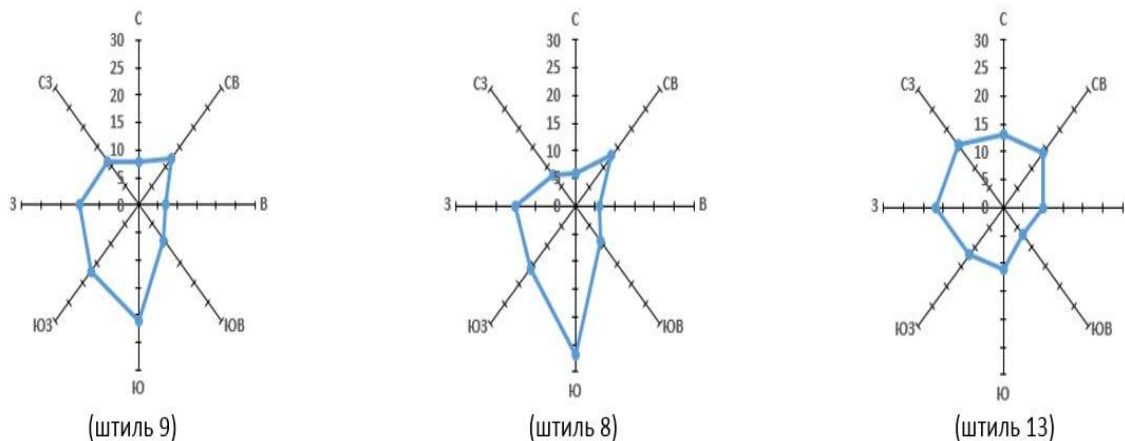


Рисунок 1.2. Повторяемость направлений ветров, Йошкор-Ола (%)

В теплый сезон, практически невозможно выделить какое-то отдельное направление.

Среднегодовая скорость составляет 3-5 м/с. Повторяемость штилей в среднем за год составляет 9 % (максимум 12-13 % в летние месяцы, минимум 5-7 % в октябре-декабре).

Количество дней со скоростью ветра, превышающей 15 м/с, составляет 10-30 дней в году, более 20 м/с – в среднем 1 день в году. Максимальная скорость ветра может достигать 29 м/с, порывы до 35 м/с.[3].

Нередко имеет место вторжение с севера арктических масс воздуха, обуславливающих значительное понижение температуры. При этом весной и осенью возникают опасные для сельскохозяйственных растений заморозки.

Сравнительно реже, обычно с проходящими циклонами, в республику поступает морской воздух, сформировавшийся над Атлантикой, вызывающий дождливую прохладную погоду летом; зимой в таких случаях наступает потепление, сопровождающееся иногда оттепелями.

В отдельные годы значительное влияние на условия погоды летом оказывают теплые воздушные массы континентального происхождения, поступающие с юга и юго-востока. Этот воздух характеризуется высокими

температурами и значительной сухостью, что обуславливает весной и летом наступление жаркой и сухой погоды [10].

Агроклиматические условия. На формирование агрометеорологических условий существенное влияние оказывают температура воздуха и осадки. Годовой ход этих характеристик можно увидеть на рисунке 1.3 и по ним можно получить сведения об агроклиматических условиях.

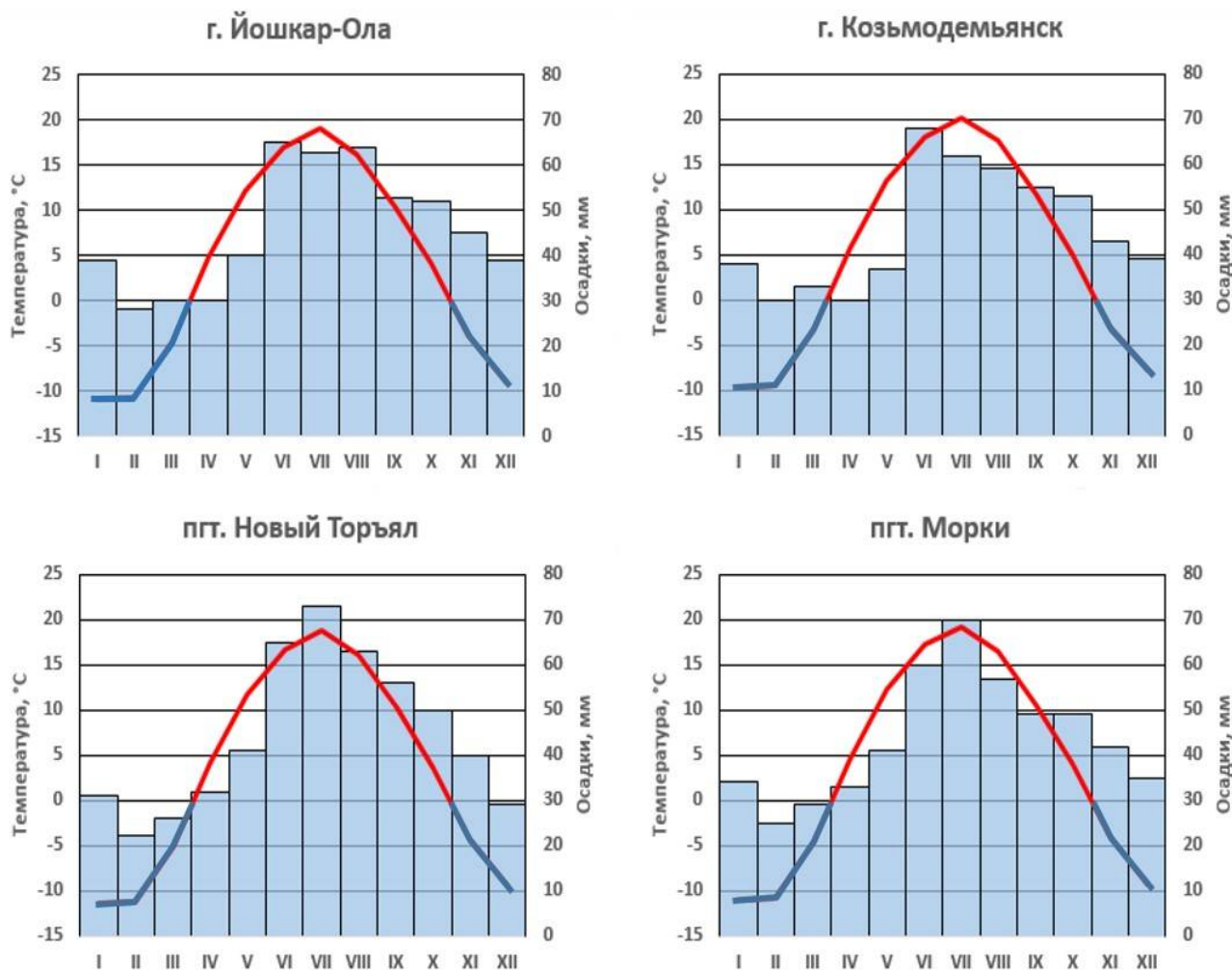


Рисунок 1.3. Годовой ход осадков и температуры в Марии Эл

Начало вегетационного периода (средняя суточная температура воздуха поднимается выше  $+5^{\circ}\text{C}$ ) приходится на период между 14 и 16 апреля, продолжаясь от 180 до 187 дней до 12-17 октября. В Республике Марий Эл средняя продолжительность безморозного периода в воздухе колеблется от 120

до 159 дней. Последние весенние заморозки в воздухе обычно бывают в районе 17-22 мая (в Правобережье – 28 апреля – 7 мая), однако возможны заморозки и в начале июня. Осенние заморозки, в свою очередь, начинаются в период с 17 по 20 сентября (в Правобережье – с 5 октября), и могут наступить даже с середины августа [2].

Период активной вегетации начинается с 28 апреля – 4 мая с переходом средней суточной температуры воздуха через  $+10^{\circ}\text{C}$ , продолжается 143-149 дней и завершается 19-24 сентября. Сумма активных температур за этот период составляет  $2160-2420^{\circ}$ .

В году наблюдается разделение на теплую и холодную сезоны. Теплый сезон начинается, когда среднесуточная температура поднимается выше  $0^{\circ}\text{C}$ , примерно между 29 марта и 5 апреля, и продолжается до 30 октября - 6 ноября, длившись от 213 до 222 дней. Холодный сезон начинается, когда температура опускается ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , примерно между 30 октября и 6 ноября, и длится от 145 до 159 дней.

Зимой преобладает циклоническая активность (примерно 60% времени сезона) и облачная погода. Зимние циклоны обычно глубокие, с низким давлением в их центре, и они зачастую движутся с севера или северо-запада. Антициклоническая активность зимой характеризуется сильным воздействием Сибирского и Западного (Азорского) антициклонов. При установлении стационарных антициклонов происходит радиационное похолодание поверхности и, соответственно, резкое снижение температуры воздуха. В зимнее время преобладают ветры южных и юго-западных направлений (см.рис.1.2).

Средняя температура воздуха зимой составляет: от  $-2,9$  до  $-4,3^{\circ}\text{C}$  в ноябре, от  $-7,8$  до  $-9,4^{\circ}\text{C}$  в декабре, от  $-9,6$  до  $-11,4^{\circ}\text{C}$  в январе, от  $-9,4$  до  $-11,2^{\circ}\text{C}$  в феврале и от  $-3,3$  до  $-5,0^{\circ}\text{C}$  в марте. Абсолютный минимум температуры в регионе зарегистрирован 31 декабря 1978 года и составил от  $-44$  до  $-52^{\circ}\text{C}$ .

Наиболее вероятные оттепели зимой наблюдаются в ноябре и марте, обычно длительностью от 7 до 10 дней, а иногда до трех недель.

Зимой осадки обычно выпадают в виде снега, с общим количеством осадков от 150 до 180 мм и минимумом в феврале от 22 до 30 мм.

Климатические условия (в теплый период).

Летом преобладают ветры с запада и севера. Территория республики подвержена летним шквалам, иногда возникают смерчи, а ураганы встречаются крайне редко. Частота циклонов летом такая же, как весной, но их скорость перемещения замедляется. Теплое и сухое погодное состояние обычно устанавливается при преобладании антициклонической активности.

Значительные похолодания бывают при вторжении на территорию республики арктического воздуха с северных широт в тыл западных и северо-западных циклонов.

Средняя температура воздуха составляет: в июне +16,7 ... +18,0°C, июле +18,9 ... +21,1°C, августе +16,1 ... +17,6°C. Абсолютный максимум температуры воздуха достигал +37 ... +39°C (31 июля – 1 августа 2010 г.). Июль – единственный месяц в году, когда не наблюдаются заморозки, хотя в отдельные годы температура может понижаться до +2°C.

В летний сезон обычно выпадает от 185 до 200 мм осадков. Чаще всего дожди приходят в виде коротких ливней, иногда с грозами, сильным ветром и временами градом. Интенсивные осадки вызывают возникновение циклонов местного происхождения, а также редкие, но влажные циклоны с Черного, Средиземного и Каспийского морей. В среднем за лето бывает от 20 до 30 дней с грозами и 1-2 дня с градом. Размер градин обычно составляет менее 10 мм, но иногда достигает 20-30 мм и даже больше. Во время шквального ветра скорость порывов часто достигает 17-22 м/с, иногда даже 25 м/с и выше.

Самые засушливые годы в Республике Марий Эл – 1891, 1901, 1911, 1937, 1946, 1949 и 1972 годы. В последние десятилетия наиболее тяжелая засуха была в 2010 году.

Осень начинается со средних температур выше +15°C и заканчивается при значениях ниже 0°C. На территории Республики осень начинается между 26 и 31 августа и переходит в зиму между 31 октября и 6 ноября. Во время

осени циркуляционные процессы становятся более активными, усиливая циклоническую активность. Чаще всего циклоны приходят с запада и северо-запада, несут влажные воздушные массы. Количество ясных дней уменьшается в 3-4 раза. Но как для весны характерны возвраты холодов, так для осени характерны возвраты тепла. Гребни Азорского и Сибирского максимумов обуславливают более или менее продолжительные возвраты тёплой и солнечной погоды, так называемое «бабье лето». За счёт этого увеличивается продолжительность летнего периода иногда на месяц.

Территория республики относится к зоне неустойчивого увлажнения: отмечаются годы и сезоны с достаточным, иногда с избыточным увлажнением, а иногда и засушливые.

## Глава 2. Анализ режима метеорологических характеристик на территории Республики Марий Эл

### 2.1. Режим приходящей солнечной радиации

Наиболее важным элементом внешней среды для развития сельскохозяйственных растений является солнечная радиация, которая в свою очередь зависит от широты местности, режима облачности и от продолжительности солнечного сияния.

О характере облачности можно судить по рисунку 2.1., где дается годовой ход данных об общей облачности и о состоянии нижней облачности.

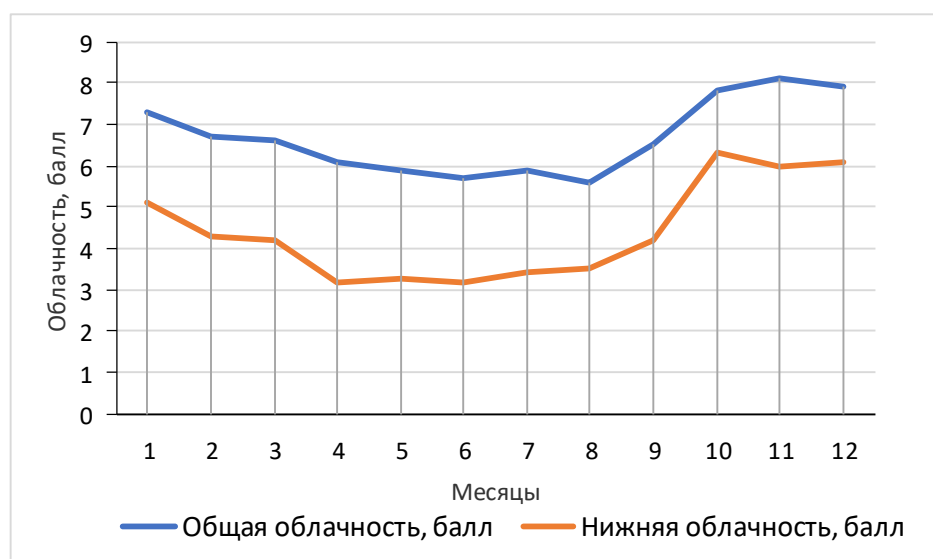


Рисунок 2.1. Годовой ход облачности, Йошкар-Ола

По характеру годового хода минимальные значения облачности наблюдается в теплый сезон года, как по общей облачности, так и по состоянию нижней облачности. Такой характер облачности положительно сказывается на продолжительности солнечного сияния в теплый сезон, в период вегетации сельскохозяйственных растений.

Продолжительность солнечного сияния за год составляет в среднем 1800-1840 ч., максимум наблюдается в июне и июле (290-300 ч.), минимум в декабре



(22-30 ч.). Дней без солнца в среднем составляет 105, наибольшее количество таких дней случается в ноябре-январе (18-22 дня) (Рис.2.2).

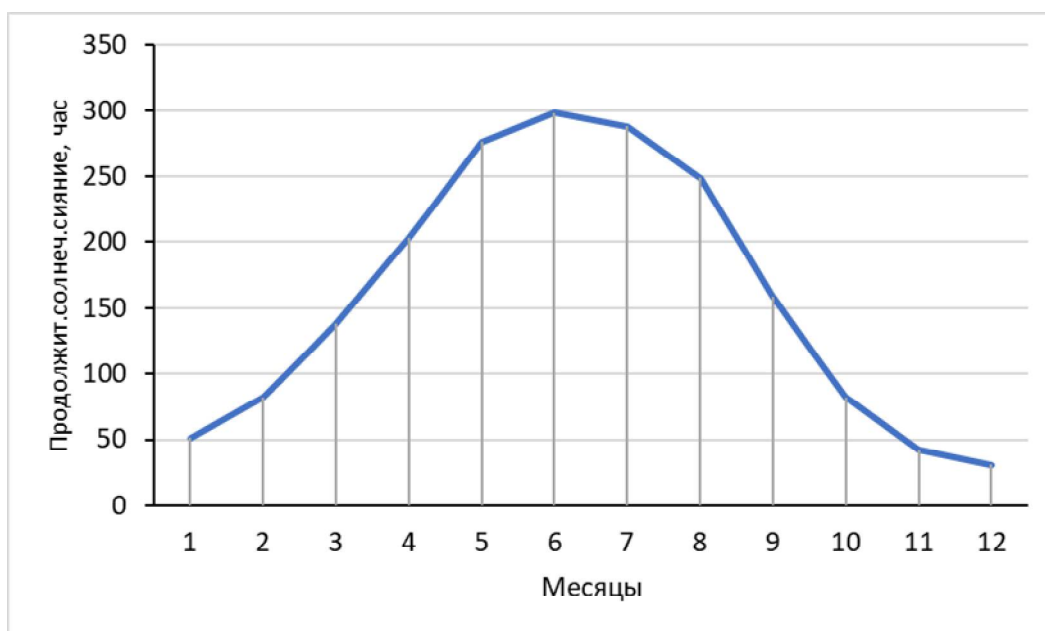


Рисунок 2.2. Годовой ход продолжительности солнечного сияния, час

Если проанализировать временную динамику составляющих солнечной радиации, то на территории Марии Эл, как и для всего умеренной широты, максимум наблюдается в летние месяцы, а минимум, соответственно зимой (Рис. 2.3.). Представлен рисунок с суммами радиации в разных месяцах в Республике Марий Эл.

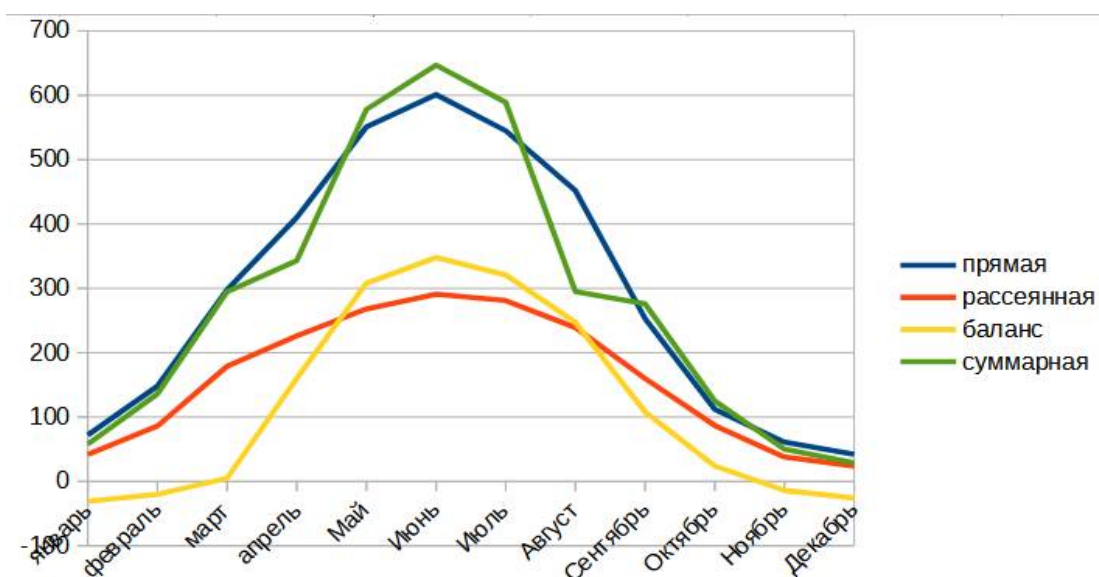


Рисунок 2.3. Сумма разных видов радиации по месяцам, МДЖ/м<sup>2</sup>

Суммарная радиация — это сумма всех видов радиации. Радиационный баланс - разница между тепловыми потоками солнечной радиации. Часть солнечной энергии расходуется на нагревание приземного слоя, на таяние снега, на испарение, радиационный баланс определяет важнейший климатический показатель – температуру воздуха.

По графикам видно, что солнечная радиация имеет ярко выраженный годовой ход. В период от зимы к лету, значения солнечной радиации увеличиваются, достигая своего пика в июне, и понижаясь от лета к зиме, принимая свои минимумы в декабре-январе. Это происходит из-за разного расстояния Земли к Солнцу во времена года, а также широты местности.

Радиационный баланс, характеризующий разность между количеством тепла, получаемого землёй, и потерей тепла земной поверхностью, при средних условиях облачности в среднем за год составляет 1350-1450 МДж/м<sup>2</sup>. Максимальные значения наблюдаются в июне 330-350 МДж/м<sup>2</sup>, минимальные – в январе (-30 ... -45 МДж/м<sup>2</sup>).

## 2.2. Анализ температуры воздуха и почвы в Республике Марий Эл

Марий Эл расположена в подтаёжной зоне. Почвы преимущественно дерново-подзолистые, болотные, серые лесные (рис.2.4).

Смешанные леса (сосна, пихта, ель, берёза) занимают свыше 50 % территории (в основном на западе и в центральных районах). По речным долинам — дубово-липовые леса.

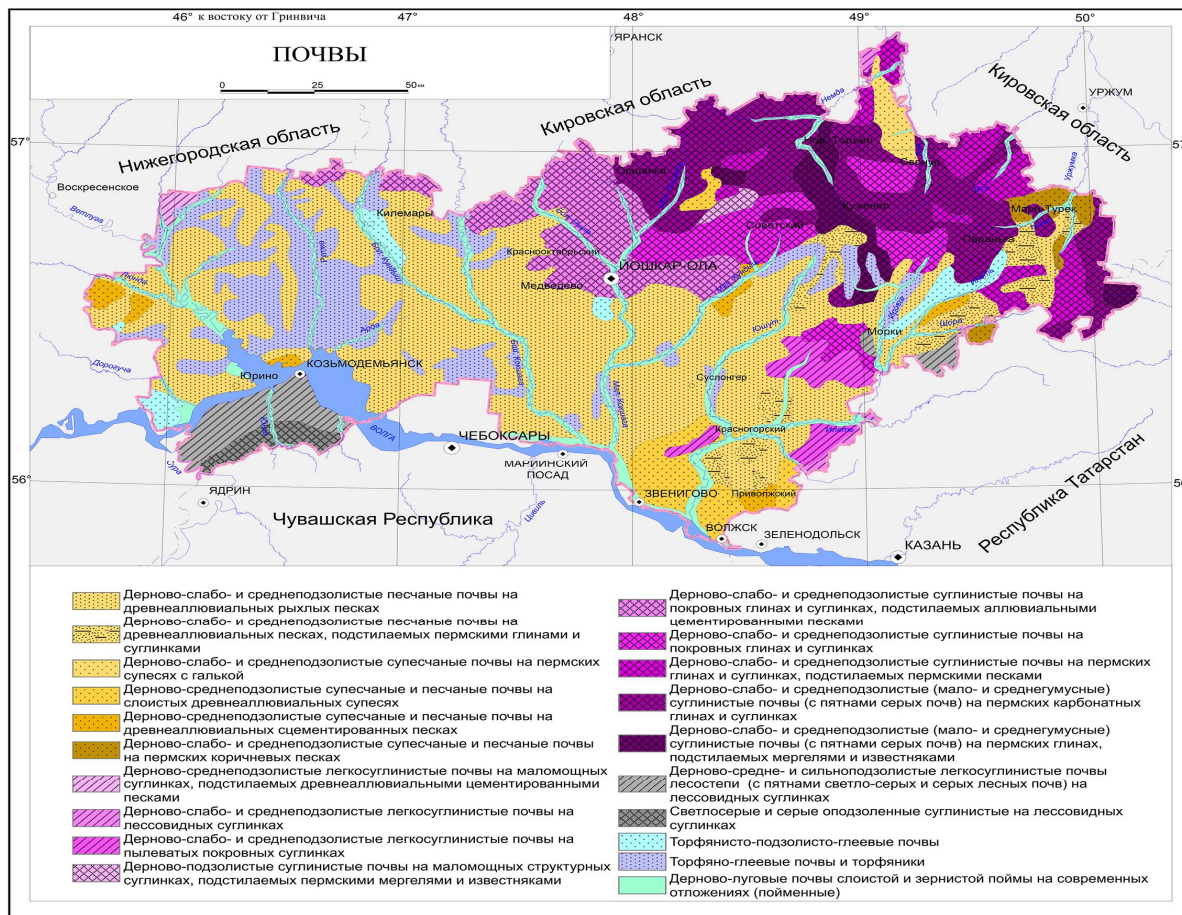


Рисунок 2.4. Классификация почвенного покрова в Марий Эл

Температура воздуха, высота снежного покрова, наличие растительности, тип грунта, его влажность и другие метеорологические факторы влияют на глубину и характер промерзания грунтов. Из проведенных наблюдений становится ясно, что для различных типов грунтов глубина, на которую проникает нулевая изотерма при одинаковом количестве среднесуточных отрицательных температур воздуха, различается: для суглинистых почв – 135 см; для мелких и пылеватых песков – 139 см; для крупнообломочных грунтов – 177 см

Температура оказывает влияние на растения, модулируя скорость их роста, поглощение, усвоение и передвижение воды и минеральных элементов, а также синтез органических соединений (табл.2.1 и 2.2). Температура почвы

определяет темпы прорастания семян и активность микроорганизмов, что влияет на всхожесть семян. Различные культуры имеют разный диапазон оптимальной температуры для прорастания семян.

Таблица 2.1. Требования полевых культур к температуре

Культура	Биологический минимум температуры, °С			Заморозки, повреждающие всходы, °С	Оптимальная температура роста, °С
	прорастание семян	появления всходов	формирования генеративных органов и цветения		
Горчица, рапс	0...+1	+2...+3	+8...+10	-6...-8	+15...+22
Рожь, пшеница, ячмень, овес, горох	+1...+2	+4...+5	+8...+10	-7...-9	+15...+22
Лен-долгунец	+3...+4	+5...+6	+10...+12	-5...-7	+16...+18
Подсолнечник	+3...+4	+6...+8	+12...+15	-5...-6	+20...+24
Картофель	+7...+8	+8...+10	+11...+14	-2...-3	+20...+22 (ботва) +16...+18 (клубни)
Горох	+1...+3	+4...+5	+10...+15	-7...-8	+16...+20
Кукуруза	+8...+10	+10...+12	+12...+15	-2...-3	+20...+24
Сахарная свекла	+3...+4	+6...+7	+12...+15	-4...-6	+18...+22

Таблица 2.2. Минимальные и оптимальные температуры почвы, необходимые для прорастания семян и появления всходов, °С.2

Культура	Прорастания семян		Появление всходов	
	минимальные температуры	оптимальные температуры	минимальные температуры	оптимальные температуры
Клевер, люцерна, конопля	0...+1	-	+2...+3	-
Рожь, пшеница, ячмень, овес, горох, вика, чина, тимофеевка	+1...+2	+25...+30	+4...+5	+6...+12
Свекла, гречиха, бобы, лен, люпин, нут	+3...+4	+25...+30	+6...+7	-

Культура	Прорастания семян		Появление всходов	
Картофель, подсолнечник	+5...+6	+31...+37	+8...+9	-
Кукуруза, просо, суданская трава, соя, кориандр	+8...+10	+37...+45	+10...+11	+15...+18
Фасоль, сорго, клещевина	+10...+12	-	+12...+13	-
Хлопчатник, рис, кунжут, арахис	+12...+14	+37...+45	+14...+15	+18...+22

Гораздо интереснее будет знать то, как низкая температура влияет на растения.

1) При пониженной температуре почвы корни пшеницы и картофеля характеризуются более высокой интенсивностью дыхания, чем корни кукурузы, которая более требовательна к теплу.

2) Изменения температуры в зоне корней приводят к резким колебаниям в скорости дыхания корней. Корни холодостойких растений, которые постоянно развиваются при низких температурах, обладают более высокой скоростью дыхания по сравнению с корнями растений, перемещенных из высоких температур в холодные условия.

3) Во время активного клубнеобразования на холодной почве, низкая температура замедляет перемещение пластических веществ из листьев в клубни, что значительно снижает содержание крахмала в клубнях.

4) Различная отзывчивость картофеля к температуре почвы в отдельные периоды вегетации обусловлена тем, что в конце периода вегетации пониженная температура почвы менее резко снижает интенсивность дыхания корней и скорость оттока углеводов, чем на более ранних фазах развития.[11].

На рисунке 2.5. приведены особенности годового хода температуры почвы на метеостанции Йошкар-Ола за три года с 2016 по 2018 гг.

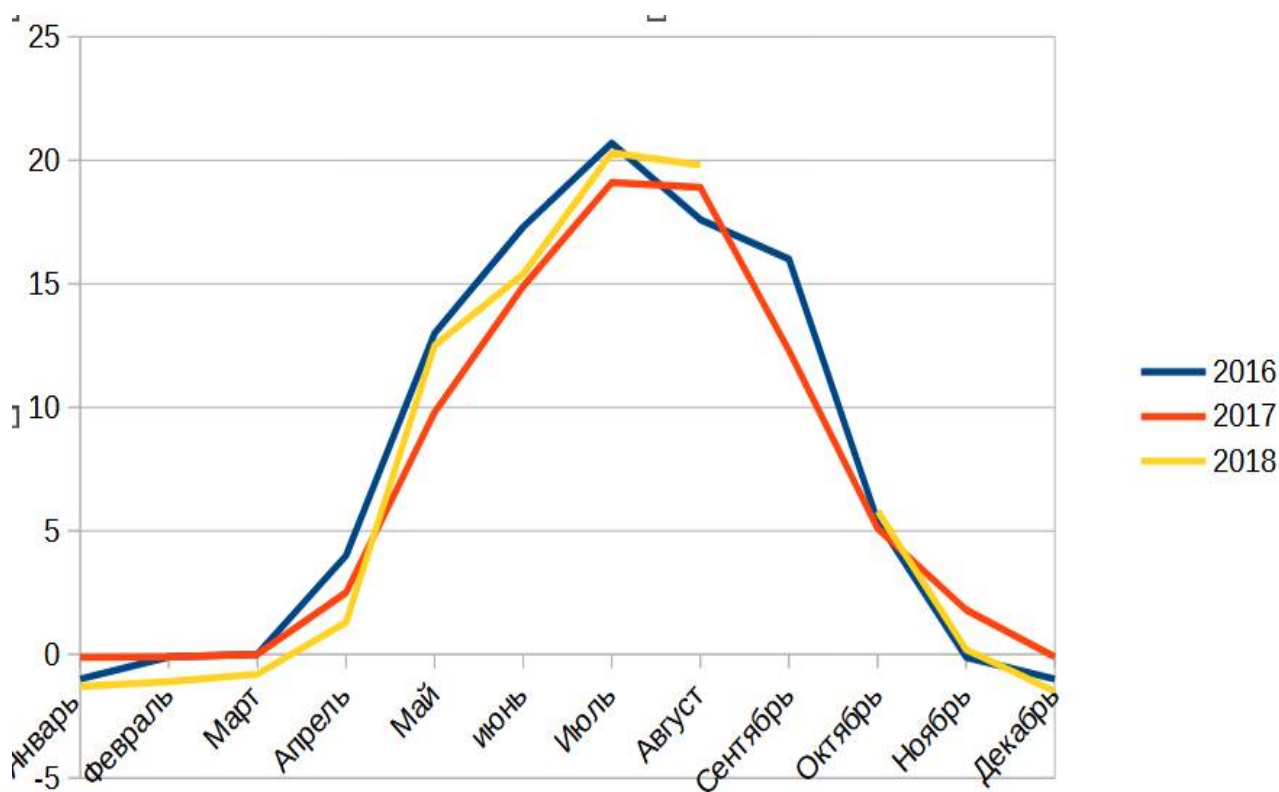


Рисунок 2.5. Среднемесячные температуры воздуха, м.ст. Йошкар-Ола

На данном рисунке показаны кривые среднемесячных температур с 2016 по 2018 год. Температура почвы зимой не падает ниже минус 2 градусов. Это происходит из-за снежного покрова, который не дает промерзнуть почве. Так же на это влияет тип почвы. Данная температура позволяет пережить зиму, например, плодовым деревьям, так как земля не промерзает достаточно, чтобы повредить корни деревьев. Чем ниже температура почвы зимой, тем меньше растений могут пережить зиму. Данные графики дают информацию о том, что почва сильно не промерзает и растения могут перезимовать.

Температуры в весенний период. Температура приближается к нулю примерно в марте, превышает нуль к апрелю, а к маю превышает отметку 10 градусов. Это связано с тем, что в Марий Эл в мае повышается количество солнечной радиации, от чего повышается температура почвы. С конца марта по середину апреля настанут оптимальные температуры для прорастания таких культур, как картофель, клевер, рожь, пшеница, свекла, бобы, лен и так далее. Так же примерно в это же время будет оптимальная температура для появления

всходов тех же культур, перечисленных выше. В мае-июне появляются условия для прорастания фасоли, хлопчатника, риса и арахиса.

Температуры почвы в летний период. Температура в июне, июле и августе превышает 20 градусов (кроме 2017 года). Пиковые температуры приходятся на июль месяц. Это случается потому, что в июле самое теплое время. Воздух в июле прогревается до +24 - +26 градусов.

На рисунке 2.6 представлен годовой ход температуры в Республике Марий Эл. Ход температуры имеет ярковыраженную сезонность. Зимой значения минимальны.

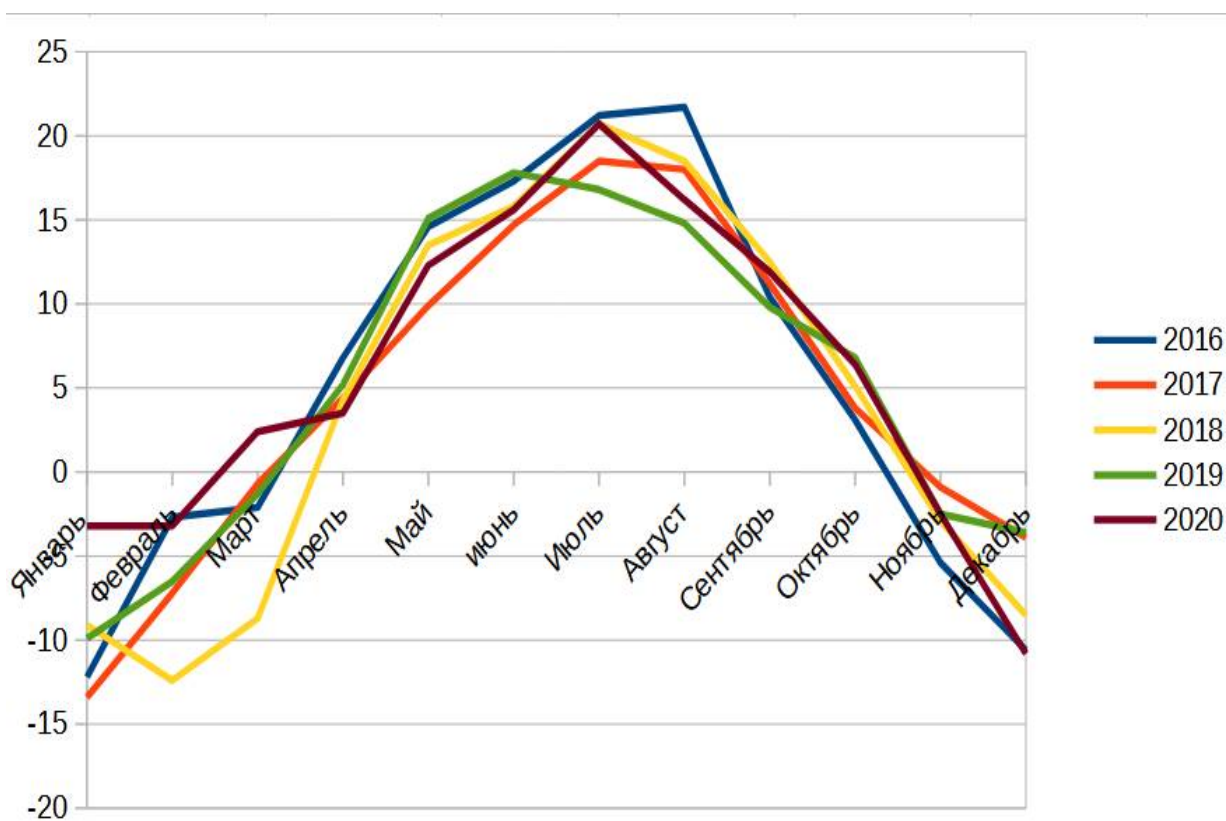


Рисунок 2.6. Годовой ход температуры воздуха в Марий Эл

Весной начинает повышаться, превышает ноль в марте, и достигает максимумов в июле-августе. Осенью температура снова понижается, достигая зимних минимумов.

Самые холодные месяцы – это декабрь и январь. В это время среднемесячная температура наблюдается в пределах от -12 до -14<sup>0</sup>С.

Самые теплые месяцы: июль — август. Тогда среднемесячная температура достигается до +22 гр.С.

В период с 2016 по 2020 год имеются незначительные отклонения. Например, в 2016 году самый теплый месяц это август, а в 2019 это июнь. Также среднемесячные значения могут незначительно изменяться. К примеру, в 2020 году температура июля составила +20,2<sup>0</sup>С, а в 2019 составила +18<sup>0</sup>С. В целом, годовой ход имеет сезонную изменчивость, не имея аномалий.

Проанализировав среднемесячный ход температуры в Республике Марий Эл можно увидеть, что климат региона имеет ярко выраженные сезонные особенности. Такие данные могут быть полезны при планировании поездки в этот регион, а также для аграрных и научных исследований



## Глава 3. Микроклимат агроклиматических характеристик

### 3.1. Оценка агроклиматических ресурсов Республики Марий Эл

Практика изучения микроклиматической изменчивости метеорологических характеристик указывает на то, что микроклимат территорий во многом формируется за счет приходящей солнечной радиации, в особенности прямой радиации.

Приходящая солнечная радиация имеет важное значение для жизнедеятельности сельскохозяйственных растений, ну и в целом для любых живых организмов. Для сельскохозяйственных культур солнечная радиация – это прежде всего фотосинтетически активная радиация (ФАР). Благодаря ФАР в растениях запускается реакция фотосинтеза, в результате которой в растениях из воды и углекислого газа синтезируются органические соединения и прежде всего, глюкоза. Данный процесс сопровождается дополнительно выделением кислорода.

Во время фотосинтеза растений используется часть солнечной радиации, которая находится в пределах длин волн от 0,38 до 0,71 микрон. Эта радиация называется фотосинтетически активной радиацией. Количество ФАР составляет примерно 52% от суммарной солнечной радиации [3].

Исходя из данных таблицы 3.1. В Республике Марий Эл значения ФАР по месяцам теплого сезона составляют следующие значения (таблица 3.1):

Таблица 3.1. Значения ФАР в Марий Эл в теплый сезон, МДж/м<sup>2</sup>

Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
178.36	300.56	336.44	306.28	153.4	143.52	65

По таблице видно, что ФАР принимает свои максимальные значения в июне месяце, а минимальные весной и осенью. Самые высокие значения ФАР приходятся на период с мая по июль. В этот период времени происходит самая

активная вегетация растений. Чем выше значения ФАР в период вегетации, тем больше энергии поглотят растения, тем активнее идет рост и созревание сельхозкультур.

Под агроклиматическими *термическими ресурсами* в климатологии понимают количество тепла, которым располагает территория, где произрастают сельскохозяйственные культуры. Потребность растений в тепле выражается *биологической суммой температур*, под которой понимают сумму средних суточных температур воздуха за период вегетации культуры от начала роста до созревания в пределах границ ее ареала (таблица 3.2).

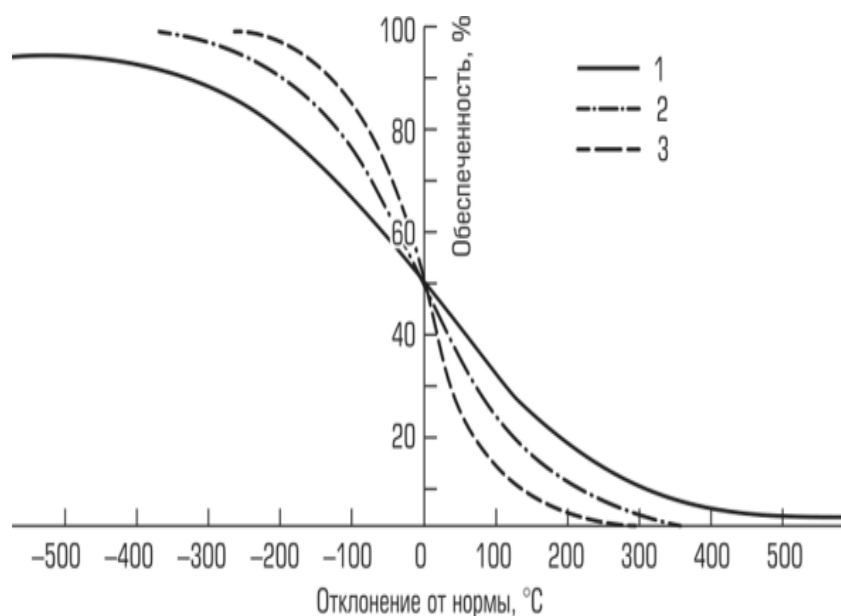
Таблица 3.2. Потребность сельскохозяйственных культур в тепле для достижения технической спелости ( $\Phi=55$  градусов с.ш.)

Культура	Температура, °С		Биологическая сумма температур, °С	Поправка на Г широты, °С
	начала роста	созревания		
Яровая пшеница (мягкая)	5	10	1400...1700	
Ячмень	5	10	1250...1450	-15
Озимая рожь	5	10	1300...1400	-30
Горох	5	10	1250...1550	-8
Подсолнечник	8	10	1850...2300	
Кукуруза	10	10	2200...2900	0
Гречиха	7	10	1200...1400	0
Фасоль	12	12	1500...1900	0
Картофель	10	-	1000...2000	0

Сорго	12	12	2400...2900	
Просо	10	10	1570...1875	15
Соя (наиболее ранняя)	10	10	2140...3060	

Меньшее значение биологической суммы соответствует потребности в тепле раннеспелых сортов, большее — позднеспелых.

Но биологическая сумма температур сильно зависит от метеорологических условий, которые складываются с началом весны, а это происходит каждый год по-разному, следовательно вегетационный период может быть теплым, а иногда и холодным, что соответственным образом сказывается на урожае сельскохозяйственных культур. Поэтому Ф.Ф. Давитая была предложена методика по определению вероятности обеспеченности вегетационного периода теплом (рис. 3.2) [ 4].



1 — неустойчивого (европейская часть России, Западная Сибирь); 2 — устойчивого (центральная часть Сибири); 3 — особо устойчивого (Восточная Сибирь, Дальний Восток).

Рисунок 3.2. Кривые обеспеченности вегетационного периода суммой температур выше 10 °С для различных типов климата [7]

В отдельные годы сумма активных температур может на несколько сотен градусов отличаться от многолетней (чем неустойчивее климат, тем больше). Для успешного возделывания сельскохозяйственных культур в конкретном районе необходимо знать, насколько они обеспечены здесь необходимым теплом, т.е. как часто они будут созревать. Это получится сделать при помощи кривых обеспеченности термических ресурсов, полученных Ф.Ф. Давитая. Например, потребность в тепле позднеспелых сортов яровой пшеницы с учетом всех поправок составляет 1600 °С, а ресурсы — 1700 °С. Как часто эта культура будет созревать в данном районе?

Чтобы ответить на поставленный вопрос, следует найти разность между потребностью и ресурсами:  $1600 - 1700 = -100$  °С. Затем с помощью графика определить, как часто в данном районе сумма активных температур бывает меньше многолетней на 100 °С. Для этого необходимо найти на оси абсцисс значение -100 °С, из найденной точки восстановить перпендикуляр до пересечения с кривой, а затем из этой точки опустить перпендикуляр на ось ординат и получить обеспеченность. В данном примере это будет 65% , т.е. яровая пшеница будет созревать примерно 7 лет из 10. Возделывание культуры считается рентабельным, если эта культура обеспечивается теплом не менее чем на 80%, что означает 8 раз в 10 лет.

Рассмотрим, насколько хорошо вызревают основные сельскохозяйственные культуры в Республике Марий Эл. Для этого нам понадобятся данные о сумме активных температур на метеостанциях в Республике (Рис.3.3).

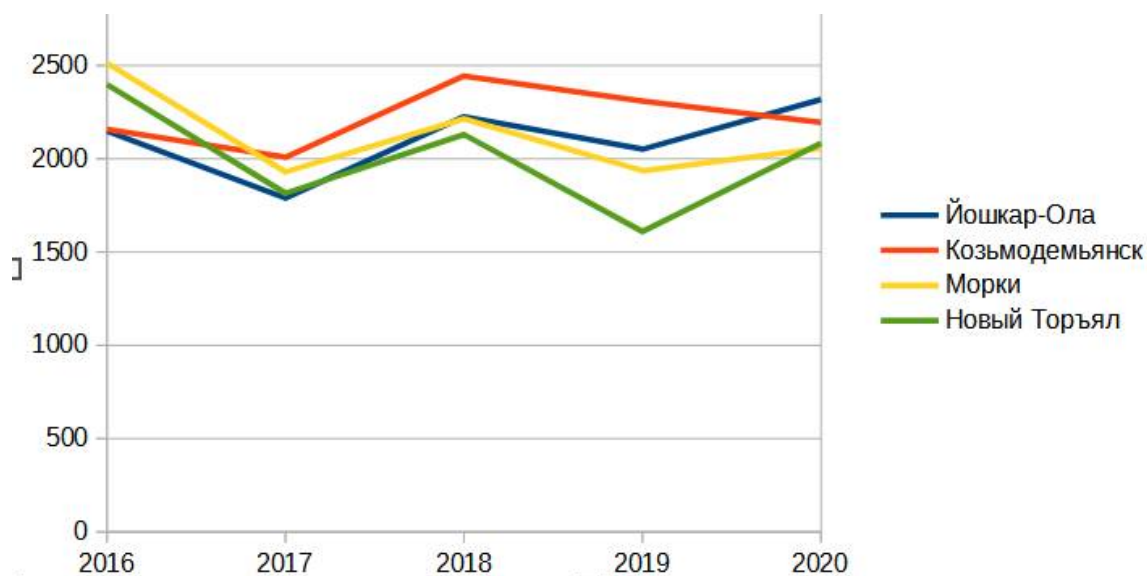


Рисунок 3.3. САТ за вегетационный период в Марии Эл (г. Йошкар-Ола)

По графикам видно, что сумма активных температур находится либо выше, либо не слишком ниже уровня 2000 градусов (исключение 2019 год в городе Новый Торъял, где сумма активных температур немного превысила отметку 1600 градусов). Из этого мы делаем вывод, что Республика Марий Эл подходит для выращивания таких культур как: картофель, просо, горох рожь, пшеница, а также фасоль и гречиха. Плохо подходит Республика для выращивания подсолнечника и кукурузы. Это обусловлено тем, что данные культуры нуждаются гораздо больших значений биологической суммы, требуемую для достижения технической спелости. Подсолнечнику требуется от 1850 до 2300 градусов суммы активных температур, в то время как в Республике это значение может и не наблюдаться. Например, в 2017 и 2019 годах на метеостанции в городе Новый Торъял. В эти года сумма активных температур достигла 1800 и 1600 соответственно, что означает то, что подсолнечник не смог бы достичь технической спелости.

Кукурузе требуется еще больше суммы активных температур, от 2200 до 2900<sup>0</sup>С. Минимальная температура созревания кукурузы может достичь в достаточно теплый год в Республике. Это значит, что кукуруза будет отдавать

урожаи редко, что делает бессмысленным выращивание ее в Республике Марий Эл. Соя не подходит для выращивания в Марий Эл по этой же причине.

Выращивание культуры под названием Сорго на территории Республики не подходит по другой причине. Эта культура достаточно теплолюбива, и у нее большое значение суммы активных температур, чтобы она могла созреть (от 2400 до 2900 градусов). Эти значения практически не достигаются в Республике, исключение составляет сильно жаркие года, такие как 2010.

В таблице 3.3 представлены значения средних сумм температур за 5 лет. Самая высокая наблюдается в городе Козьмодемьянск, самая низкая в городе Новый Торъял. Для того, чтобы рассчитать, как часто в каком-либо районе будет созревать сельскохозяйственные культуры обратимся к Кривым обеспеченности активных температур выше 10 градусов. Возьмем три разных культуры с разными суммами активных температур: малым, средним и большим значением. Пусть это будет озимая рожь, подсолнечник и сорго. Они имеют разные суммы активных температур: 1300, 1800 и 2400 соответственно. Рассчитаем проценты созревания этих культур для самого теплого и самого холодного города Республики, то есть Козьмодемьянск и Новый Торъял.

Таблица 3.3. Средние значения суммы активных температур за 5 лет в городах Республики.

2222	Козьмодемьянск
2106	Йошкар-Ола
2006	Новый-Торъял
2129	Морки

Расчеты для самого теплого города.

Средняя сумма температур в городе Козьмодемьянск составляет 2222 градуса. Рассчитаем процент созревания озимой ржи в этом городе. Разность в потребности и ресурсах суммы активных температур составляет 922 градуса.

Теперь по номограмме смотрим, сколько процентов составит созреваемость. Для этого необходимо найти на оси абсцисс значение – 922 °С, из найденной точки восстановить перпендикуляр до пересечения с кривой, а затем из этой точки опустить перпендикуляр на ось ординат и получить обеспеченность. В номограмме такого значения нет, но по ней понятно, что вызреваемость будет на уровне 92 - 93 процентов, что является отличным показателем.

Теперь рассчитаем таким же способом процент созреваемости подсолнечника. Разница между потребностью и суммой составляет -400 градусов. Из этого понятно, что созреваемость будет примерно 85 процентов, что тоже неплохо.

Теперь рассчитаем таким же способом процент созреваемости самой теплолюбивой сельскохозяйственной культуры - сорго. Разница между потребностью и суммой составляет 200 градусов. Исходя из этого значения смотрим, каков будет процент созреваемости этой культуры в районе Козьмодемьянска. Он составил 20 процентов. Это крайне неудачная сельскохозяйственная культура для выращивания в районе Козьмодемьянска. Учитывая, что это город с самой большой суммой активных температур, то делаем вывод, что сорго не подходит для выращивания на территории всей Республики Марий Эл.

Расчет созреваемости для самого холодного города.

Средняя сумма температур в городе Новый Торъял составляет 2006 градусов. По аналогии с расчетами для самого теплого города, мы делаем расчеты и здесь. Рассчитаем процент созревания озимой ржи в городе Новый Торъял.

Из 1300 мы вычитаем 2006. Получается -706. По номограмме видно, что созреваемость такая же высокая, как и в Козьмодемьянске.

Рассчитав таким же методом значения для подсолнечника, мы получаем процент созреваемости в городе Новый Торъял. Он составил 65 процентов, что является средним показателем.

У сорго созреваемость в районе города Новый Торъял остался таким же низким, как и в городе Козьмодемьянск. Он составил 20 процентов.

В ходе расчетов и сравнений мы выяснили, что на территории всей Республики Марий Эл можно выращивать сельскохозяйственные культуры с низкими или приближающимися к средним значениям суммам активных температур.

Культуры, которые имеют средние значения сумм активных температур, такие как подсолнечник, следует выращивать в теплых районах Республики Марий Эл, так как эти культуры имеют большие шансы для созревания в теплых районах, чем в более прохладных.

Культуры, имеющие большие значения биологического минимума, не следует выращивать в Марий Эл, так как с большой долей вероятности они там не успеют отдать урожай в течении вегетационного периода.

Следующий важный показатель тепловых ресурсов – это продолжительность безморозного периода.

От средней даты последнего весеннего заморозка до средней даты первого осеннего заморозка идет период в году, называемый безморозным. Продолжительность этого периода определяет тепловой режим климата региона. Продолжительность отсутствия заморозков тесно соотносится с продолжительностью вегетационного периода.

Рассмотрим продолжительность безморозного периода в Республике Марий Эл (таблица 3.4).

Таблица 3.4. Даты весенних и осенних заморозков

Весенний заморозок		
Населенный пункт	Год	Дата заморозка
Йошкар-Ола	2016	12.04.16
	2017	15.05.17
	2018	25.04.18
	2019	29.04.19
	2020	02.05.20
Козьмодемьянск	2016	30.04.16
	2017	21.04.17
	2018	24.04.18
	2019	29.04.19
	2020	24.04.20
Новый Торъял	2016	25.04.16
	2017	31.05.17
	2018	29.05.18
	2019	25.05.19
	2020	03.05.20



Осенний заморозок		
Населенный пункт	Год	Дата заморозка
Йошкар-Ола	2016	09.10.16
	2017	23.09.17
	2018	06.10.18
	2019	23.09.19
	2020	05.10.20
<u>Козьмодемьянск</u>	2016	17.10.16
	2017	21.10.17
	2018	14.10.18
	2019	29.10.19
	2020	05.10.20
<u>Новый Торъял</u>	2016	09.10.16
	2017	23.09.17
	2018	06.10.18
	2019	22.09.19
	2020	24.09.20

Исходя из представленных дат самого последнего заморозка весной и самого раннего осенью можно посчитать продолжительность безморозного периода (табл.3.5).

Таблица 3.5. Продолжительность безморозного периода

Продолжительность безморозного периода		
Населенный пункт	Год	
Йошкар-Ола	2016	180
	2017	131
	2018	164
	2019	159
	2020	156
<u>Козьмодемьянск</u>	2016	170
	2017	183
	2018	176
	2019	183
	2020	164
<u>Новый Торъял</u>	2016	167
	2017	115
	2018	130
	2019	121
	2020	144

В таблице 3.4 представлены даты заморозков весной и осенью. В таблице 3.5 представлена продолжительность безморозного периода. Город Морки не представлен в таблице, так как имеет очень похожие данные на Йошкар-Оле.

Учитывая это все, делаем следующий вывод: Республика Марий Эл подходит для сельскохозяйственной деятельности, если правильно подобраны культуры для региона, в котором ведется деятельность.

Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГТК) — характеристика уровня влагообеспеченности территории. Введён российским климатологом Г.Т.Селяниновым (1887—1966).

ГТК широко используется в агрономии для общей оценки климата и выделения зон различного уровня влагообеспеченности с целью определения целесообразности выращивания тех или иных сельхозкультур. Г.Т. Селянинов по ГТК выделяет следующие зоны:

- избыточного увлажнения, или зона дренажа ( $\text{ГТК} > 1.3$ );
- обеспеченного увлажнения ( $1.0 - 1.3$ );
- засушливая ( $0.7 - 1.0$ );
- сухого земледелия ( $0.5 - 0.7$ );
- ирригации (орошение) ( $\text{ГТК} < 0.5$ )

На рисунке 3.4 представлены графики ГТК Селянинова за период с 2016 по 2020 годы в городах Республики Марий Эл. По графикам видно, что самый засушливый район — это город Морки, а самый увлажненный город Новый Торъял. Так же Йошкар-Ола является одним из увлажненных районов Республики.

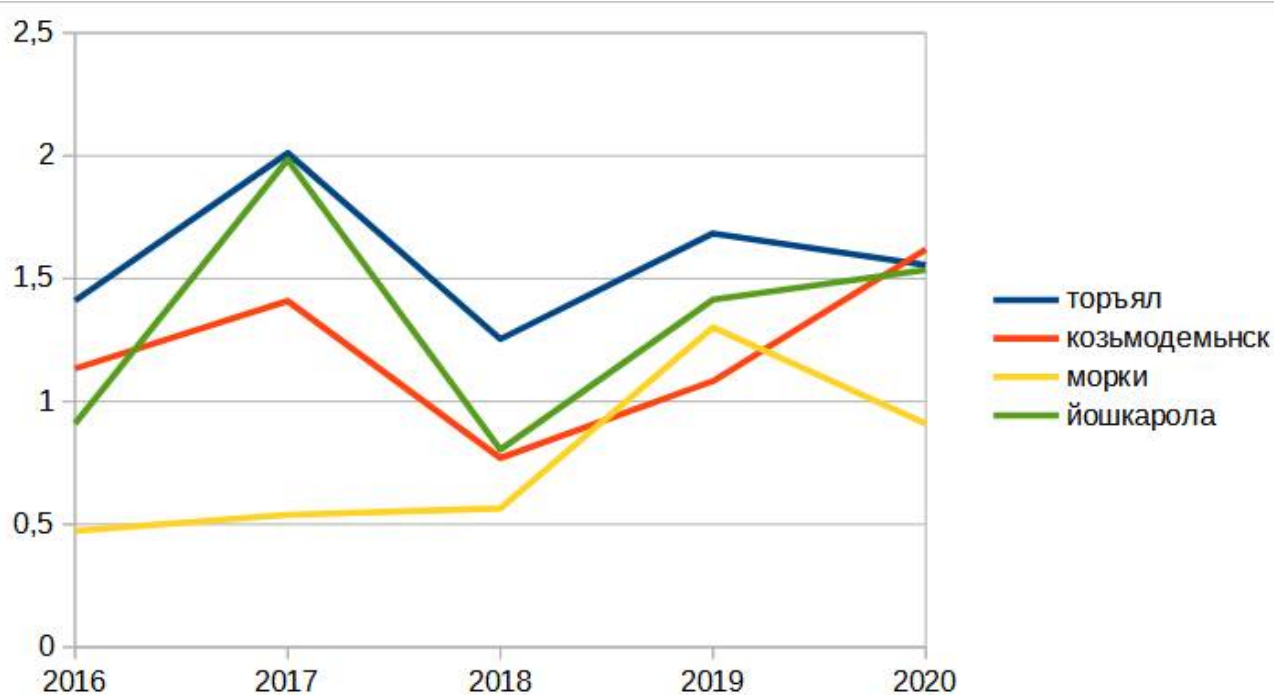


Рисунок 3.4. ГТК в разных частях Марий Эл.

Как говорилось выше, Марий Эл является территорией с непостоянным увлажнением: в один год там может быть влажной, а в другой год достаточно засушливо. Ярким примером этого является период с 2016 по 2018 год. В городе Йошкар-Ола в 2016 и в 2018 годах наблюдался засушливый год — ГТК Селянинова не превысил единицы и тогда находился в засушливой зоне. А в 2017 году ГТК приблизился к двойке, что относилось к зоне избыточного увлажнения. В целом, такая ситуация, когда ГТК имел очень разные значения, наблюдалась по всей территории Республики Марий Эл. Из этого выбивается город Морки, в котором период с 2016 по 2018 годы был засушливый период. Это произошло из-за того, что Морки находятся в таком районе Марий Эл, где выпадает достаточно мало осадков. Так же в 2016 году Морки находился в зоне, где требовалось орошение.

В таблице 3.6 представлены средние значения ГТК Селянинова в разных городах Республики Марий Эл. Средние значения собраны за пятилетний период с 2016 по 2020 годы.

Таблица 3.6. Средние значения ГТК Селянинова

Населенный пункт	ГТК
Новый Торъял	1.58
Морки	0.75
Козьмодемьянск	1.2
Йошкар-Ола	1.32

Из таблицы видно, что самый засушливый город – Морки, а самый увлажненный — Новый Торъял. Йошкар-Ола и Новый Торъял находятся в зоне избыточного увлажнения, при чем Йошкар-Ола характеризуется немногим выше значением зоны обеспеченного увлажнения. Город Козьмодемьянск находится в зоне обеспеченного увлажнения. Самый засушливый город – это Морки, он находится в зоне ирригации — в зоне, где требуется орошение. В

целом, можно сделать вывод, что Марий Эл достаточно обеспечена влагой, то есть регион не засушливый.

### 3.2. Микроклиматическая изменчивость агроклиматических ресурсов

Республика Марий Эл, как и любая другая территория, подвержена пространственной изменчивости метеорологических параметров. Это означает, что погодные явления и климатические характеристики могут меняться в различных районах республики в зависимости от характеров подстилающей поверхности.

На территории Республики Марий Эл можно выделить несколько основных факторов формирующие микроклимат, такие как: рельеф, местоположение населенного пункта или метеостанции, близость водоемов и водных поверхностей (р. Волга).

Рассмотрим далее особенности микроклиматической изменчивости агроклиматических показателей.

Пространственная изменчивость такого агроклиматического ресурса, как фотосинтетическая активная радиация (ФАР), как производная от суммарной радиации, определяется формой рельефа местности, в особенности ориентацией по сторонам света склонов возвышенностей и понижений рельефа местности и их углом наклона. Чем больше разнообразнее рельеф, тем большим разбросом ФАР будем встречаться (рис.3.5).

Формирование микроклимата тепловых ресурсов происходит за счет различий типов подстилающей поверхности, как в случае ФАР, так и наличием водной поверхности. Микроклиматические особенности водоемов и прилегающих к ним территорий возникают в основном из-за различий в структуре теплового баланса. Суша нагревается быстрее, чем вода, но и быстрее остывает. В связи с разностью температур над водоемом и сушей возникает местная циркуляция воздушных масс. С водоемами связаны как суточные, так и сезонные движения воздушных масс.



Рисунок 3.5. Холмистая местность

Суточные движения связаны с изменениями температур воды и суши в течение суток. Такая местная циркуляция называется бризом. Название происходит от французского слова *brise* – легкий ветер. Ветер, подобный морскому бризу, но более слабый, дующий с поверхности большого озера в сторону берега в дневные часы, называется озерный бриз. В ночное время он сменяется береговым бризом. В холмистой местности температура будет изменяться с высотой. В более низких местах будет прохладнее, чем в местах с более большой высотой. Так же внизу могут образовываться туманы.

Фотосинтетически активная радиация, как и другие виды солнечной радиации, меняются на значительные величины в пределах одного региона.

Фотосинтетически активная радиация поступает на северный, южный, восточный и западный склоны по-разному. Для расчета поступившей ФАР на какой-либо склон за месяц, нужно месячную сумму ФАР умножить на коэффициент выбранного склона, рассчитанные Гольцбергом в ГГО. Разные углы наклона имеют разные коэффициенты. К примеру, восточный склон с наклоном 5 градусов имеет отличный коэффициент от восточного склона с наклоном 10 градусов (табл.3.7.).

Таблица 3.7. Коэффициенты ФАР для различных наклонов склона

Угол наклона	Ориентация	Месяцы					
		Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
5	Север	0.92	0.96	0.97	0.98	0.94	0.9
	Юг	1.07	1.03	1.02	1.02	1.04	1.1
	Восток	1	1	1	1	1	1
	Запад	1	1	1	1	1	1
	Север	0.83	0.91	0.93	0.9	0.87	0.76
10	Юг	1.12	1.05	1.03	1.03	1.1	1.17
	Восток	1	1	1	1	1	1
	Запад	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98

Имея рассчитанные значения ФАР (табл.3.8) и используя соответствующие коэффициенты пересчитаем месячные суммы фар на соответствующие формы рельефа местности.

Таблица 3.8. Месячные суммы ФАР

Апрель	178.36
Май	300.56
Июнь	336.44
Июль	306.28
Август	153.4
Сентябрь	143.52

В таблице 3.9 представлены результаты пересчета месячной суммы фар на склоны возвышенностей с разной ориентацией по сторонам света и углом наклона.

Эти значения мы получили следующим образом: берется значение из таблицы 3.7, дальше умножается на коэффициенты из таблицы 3.8. К примеру: нам нужно узнать значение ФАР в июне на северном склоне при уклоне 10 градусов. Мы берем значение за июнь, а именно 336.44, умножаем на

коэффициент 0.83, и получаем 312.89. Так же делаем и с остальными месяцами. После всех действий мы получаем таблицу 3.9.

Таблица 3.9. Значения ФАР на склонах

Угол наклона	Ориентация	Месяцы					
		Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
5	Север	163.76	288.54	326.35	300.15	144.2	129.17
	Юг	190.85	183.71	343.17	312.41	159.54	157.87
	Восток	178.36	300.56	336.44	306.28	153.4	143.52
	Запад	178.36	300.56	336.44	306.28	153.4	143.52
10	Север	148.04	273.51	312.89	275.65	133.46	109.08
	Юг	199.76	315.59	346.53	315.47	168.74	167.92
	Восток	178.36	300.56	336.44	306.28	153.4	143.52
	Запад	174.79	294.55	329.71	300.15	150.33	140.65

После анализа таблицы 3.9 мы видим следующее: на разных уклонах склона при одинаковой ориентации значения ФАР не одинаковы. Северный склон при уклоне 10 градусов получает меньше ФАР, чем при уклоне 5 градусах.

На южном склоне наблюдаются противоположная ситуация. Южный склон при уклоне 10 градусов получает больше фотосинтетически активной радиации, чем тот же склон при уклоне 5 градусов. Это связано с тем, что на широте Республики Марии Эл Солнце освещает лучше южную сторону склона, чем северную. Это лучше заметно при больших углах уклона склона.

При уклоне 5 градусов восточные и западные получают одинаковые суммы ФАР, которая не меняется. Коэффициент на этих склонах равняется 1. Так же при уклоне 10 градусов восточный склон получает такое же количество ФАР, как и при уклоне 5 градусов. Западный склон при уклонах 5 и 10 градусов различается незначительно.

Для понимания микроклимата ФАР необходимо обратиться к физико-географической карте Республики (рис.3.6).



Рисунок 3.6. Физико-географическая карта Марий Эл

Водораздельные возвышенности, которые разделяют реки, впадающие Волгу на территории Марийского полесья, своими оконечностями имеют пологий наклон в сторону юга, следовательно эти районы будут получать значительные величины ФАР, по сравнению с равнинными участками – это прежде всего верхние участки водораздельных возвышенностей. Склоны этих возвышенностей в большей степени имеют восточную и западную ориентацию, в виду того реки, впадающие Волгу, имеют широтную направленность.

Большое разнообразие приходящей ФАР можно будет наблюдать на территории Марийско-Вятском увале, где рельеф отличается значительным разнообразием.

Далее рассмотрим особенности микроклимата агроклиматических тепловых ресурсов по значению САТ и продолжительностью безморозного периода. На физико-географической карте указаны населенные пункты, по которым приведены метеорологические данные и рассчитаны агроклиматические показатели.



В таблице 3.10 приведены суммы активных температур в разных городах Республики Марий Эл. Эти города находятся в разных местах Республики, так же рельеф местности рядом с этими городами не одинаков.

Таблица 3.10. Средние значения суммы активных температур.

САТ, гр.С	Населенный пункт
2222	Козьмодемьянск
2106	Йошкар-Ола
2006	Новый-Торъял
2129	Морки

Например, город Козьмодемьянск находится на высоком берегу Волги, и имеет самую высокую среднюю сумму активных температур. Это связано с тем, что на него имеет смягчающее влияние водохранилища. Осенью тепло, накопленное в воде, движется в сторону города, а также ночные бризы несут тепло в город тепло, поэтому микроклимат там теплее и сумма активных температур выше.

Город Новый Торъял находится в низине, между двумя возвышенностями. Это означает, что в местонахождении города будет скапливаться прохладный воздух, тем самым снижая температуру, что влияет на сумму активных температур. По таблице так же видно, что в Новом Торъяле самая малое значение средней суммы активных температур. На сумму повлияло как раз то, что город находится в низине. Так же низинах возможны поздние заморозки весной, а также ранние осенью. Это влияет на длительность безморозного периода. Это мы рассмотрим чуть дальше.

Города Морки и Йошкар-Ола имеют практически равные значения суммы активных температур. Это происходит из-за того, что они находятся на практически одинаковом рельефе, только в разных местах Республики. Они находятся на равнинах, без сильных перепадов высот, что не влияет на перепады температур. Так же в районе этих городов нет крупных водоемов,

которые могли бы повлиять на температуру и другие агроклиматические показатели.

Рассмотрим особенности формирования микроклимата продолжительности безморозного периода. Фактические данные были приведены ранее в таблице 3.3.

Возьмем для оценки микроклимата среднюю продолжительность безморозного периода. Для Козьмодемьянска она составляет 175 дней, для Нового Торъяла 135 дней, для Йошкар-Олы 158 дней. Как видно, что самым большим периодом без заморозков является город Козьмодемьянск. Самым маленьким Новый Торъял. Город Йошкар-Ола находится по середине со средней продолжительностью 158 дней. Неблагоприятными факторами для сельского хозяйства являются поздние весенние заморозки, либо ранние осенние. Как видно из таблицы, самые поздние заморозки весной наблюдаются в городе Новый Торъял.

По данным видно, что самую малую продолжительность безморозного периода имеет город Новый Торъял. Это связано с тем, что город находится в низине, куда стекается холодный воздух, тем самым вероятность заморозков увеличивается. Выше была представлена таблица заморозков весной и осенью. В Новом Торъяле были самые поздние заморозки весной и ранние заморозки осенью. На это оказало влияние географическое положение города. Как было сказано выше, город находится в понижении. Холодный воздух, имея повышенную плотность относительно теплого воздуха, скатывается по склонам с вершин вниз. Тем самым вызывая заморозки, и укорачивая безморозный период.

Город Козьмодемьянск имеет самый длинный безморозный период. Последние заморозки наблюдаются в последние 10 дней апреля, а последние с середины по конец октября. Это означает, что в период выращивания сельскохозяйственных культур можно не бояться заморозков.

Город Козьмодемьянск имеет самый продолжительный период без заморозков. Он находится на берегу водохранилища и оно оказывает на город

смягчающее действие, которое обуславливает более длительный безморозный период. Земля нагревается и остывает быстрее воды, а вода дольше прогревается и сохраняет тепло, в виду высокого коэффициента теплоемкости. И так как остывает медленнее суши, в сторону земли движется теплая воздушная масса с поверхности водоема, тем самым не давая появиться ранним заморозкам, увеличивая продолжительность безморозного периода.

В Йошкар-Оле последние заморозки весной случаются в конце апреля или начале мая, а первые заморозки осенью в конце сентября или в начале октября. Безморозный период в Йошкар-Оле средний, меньше, чем в Козьмодемьянске, и больше, чем в Новом Торъяле. Он достаточно неплохо подходит для выращивания сельскохозяйственных культур.

Йошкар-Ола находится в относительно равнинной местности. В районе города нет водохранилищ или возвышенностей, которые могли повлиять на агрометеорологические показатели. Из-за этого в городе безморозный период длиннее, чем в Новом Торъяле и короче, чем в Козьмодемьянске.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что агрометеорологические показатели зависят от месторасположения и от рельефа места, где находится наблюдательный пункт. Где-то величины будут выше, где-то ниже. Это нужно учитывать для растениеводства.

Для сельскохозяйственной деятельности это достаточно неприятно, так как сельскохозяйственные культуры боятся заморозков. Так же безморозный период влияет на продолжительность вегетационного периода. Чем безморозный период короче, тем короче вегетационный период.

По данным и анализу, приведенным выше, можно сделать вывод, что Марий Эл достаточно хорошо подходит для сельского хозяйства и выращивания различных культур, начиная от тех, которым требуется большая суммы активных температур, до тех, которым для технического созревания не требуется больших температурных ресурсов. Правда для этого нужно учитывать, в каких районах Республики их нужно выращивать.

В районе города Козьмодемьянск нужно выращивать те сельскохозяйственные культуры, которым требуется большая сумма активных температур, так как в районе города рано заканчиваются заморозки и за вегетационный период набирается большая сумма активных температур. В районе города Новый Торъял не выйдет выращивать теплолюбивые культуры, такие как кукурузу или сорго, так как не хватит суммы активных температур, чтобы они смогли вызреть. Так же их могут погубить поздние весенние заморозки. Например, в Новом Торъяле возможно выращивать картошку, так как ей не требуется большого количества суммы активных температур

На территории Марий Эл можно выделить несколько зон:

Южные районы территории Марий Эл, примыкающие к долине реки Волга, характеризующиеся мягким климатом. Если сравнивать с другими регионами Республики, то здесь наблюдается длинный безморозный период, самые высокие суммы активных температур. Так же в южных территориях наблюдается зона обеспеченного увлажнения. В данных районах наблюдаются восточные и западные районы. Из таблицы коэффициентов изменения ФАР мы делаем вывод, что фотосинтетически активная радиация здесь не меняется

Центральные, северо-западные и западные территории имеют равнинный рельеф. Данные районы обладают средними значениями по сумме активных температур и безморозному периоду. Здесь наблюдаются зоны избыточного и обеспеченного увлажнения. Наблюдается зона водораздела. Так же, как и в южных районах склоны на данных территориях в основном восточные и западные. В меньшем количестве наблюдаются северные и южные склоны. На южных склонах ФАР больше, чем на остальных.

Северные, восточные и северо-восточные районы Республики имеют холмистый рельеф. Из-за этого в понижениях здесь чаще наблюдаются заморозки, безморозный период короче, а так сумма активных температур меньше, чем в других районах Республики. Так же здесь наблюдается территория избыточного увлажнения. Это связано с тем, что данные районы находятся в зоне Республики, где выпадает больше всего осадков. В данных

районах наблюдаются склоны всех ориентаций. Восточных и западных больше, чем северных и южных, но ненамного. Больше всего южных и северных склонов наблюдается на западе. Из того мы делаем вывод, что сюда приходится больше ФАР, чем восточные территории.

В целом, территория Республики относится к умеренному агроклиматическому поясу. В рамках исследуемого района можно выделить следующие микроклиматические агроклиматических районы:

- 1) Север-Западная оконечность Приволжской возвышенности. Наиболее теплый высокий правый берег Волги, где меньше всего застаивается холодный воздух, а Волга оказывает отепляющее воздействие.
- 2) Марийское полесье. Центральный умеренно-теплый район. По характеру ресурсов увлажнения можно выделить два подрайона:
  - 2а) северо-западный подрайон – более увлажненный;
  - 2б) – юго-восточный, менее увлажненный;
- 3) Северо-восточный агроклиматический район, расположенный на холмистой равнине, достаточно увлажненный, но менее обеспеченный теплом.

По условиям влагообеспеченности республика относится к зоне достаточного увлажнения вегетационного периода при засухах в отдельные годы (гидротермический коэффициент Селянинова составляет 1,1-1,3, вероятность засух менее 25).

Устойчивый снежный покров устанавливается в среднем 13-19 ноября. Он нарастает в течение зимы. Наибольшая высота снежного покрова отмечается в 3-й декаде февраля – 1-й декаде марта составляет на полевых участках 35-50 см. В среднем постоянный снежный покров сохраняется в течение 150-155 дней. Снежный покров сходит в среднем 7-18 апреля.

## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе было рассмотрено влияние микроклимата на агроклиматические ресурсы в Республике Марий Эл, а также выделены районы, отличающиеся по агрометеорологическим характеристикам и ресурсам.

Были описаны типы рельефа в Марий Эл, а также рассчитаны агроклиматические показатели. Так же была выявлена и описана связь между рельефом и агроклиматическими ресурсами. Были рассчитаны показатели ФАР на различных склонах Республики, характеристики тепловых ресурсов.

Рассмотрены какие культуры можно выращивать на территории Марий Эл.

Цель выпускной квалификационной работы полностью достигнута, задачи решены и по их результатам можно сделать следующие выводы.

- 1) Было доказано, что агроклиматические показатели меняются в зависимости от микроклимата, который формируется от условий подстилающей поверхности территории.
- 2) Республика Марий Эл имеет различные типы рельефа, и как следствие агроклиматические показатели в ней заметно меняются
- 3) Марий Эл разделена на несколько микроклиматических районов, которые по-разному подходят для выращивания разных типов культур.
- 4) Южные прибрежные районы больше подходят для выращивания теплолюбивых растений
- 5) Северо-западные и западные районы Республики подходят для тех культур, которым не требуется большое количество суммы активных температур.

## Список литературы

1. Экологический паспорт Марий Эл
2. И.А Гольцберг Микроклимат СССР
3. С.А Сапожников Микроклимат и местный климат
4. Оценка термических и световых ресурсов  
[https://studref.com/655409/agropromyshlennost/otsenka\\_termicheskikh\\_svetovyh\\_resursov\\_vegetatsionnogo\\_perioda](https://studref.com/655409/agropromyshlennost/otsenka_termicheskikh_svetovyh_resursov_vegetatsionnogo_perioda)
5. Лесная метеорология с основами климатологии
6. Эколого-географический атлас Республики Марий Эл
7. Реферат Микроклимат леса <http://turboreferat.ru/geography/mikroklimat-lesa/173069-866223-page3.html>
8. Агрометеорология <http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785953207713-SCN0000.html>
9. В.В Севастьянов. Микроклимат. Методы исследования
10. Тепловой режим почв
11. И.М Аблова. Диссертация: Агроклиматический потенциал урожайности зерновых культур
12. Е. Н. Романова, Е. О. Гобарова, Е. Л. Жильцова. Методы мезо- и микроклиматического районирования.