



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(Магистерская диссертация)


На тему «Экологические аспекты устойчивого развития сельского хозяйства с
учетом климатических изменений (на примере Псковской и Ленинградской
областей)»

Исполнитель Миргородская Вероника Александровна

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

Рижия Елена Яновна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

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

Дроздов Владимир Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

« » 2023 г.

Санкт-Петербург

2023

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| 1. КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ПОГОДНЫЕ ФАКТОРЫ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО | 6 |
| 1.1 Географическая широта | 9 |
| 1.2 Распределение суши и океана, отдаленность территории от океанов и морей, морские течения | 11 |
| 1.3 Рельеф | 14 |
| 1.4. Влияние климата на сельское хозяйство | 15 |
| 2. ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И КЛИМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПСКОВСКОЙ И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ..... | 27 |
| 2.1. Псковская область | 27 |
| 2.2 Ленинградская область | 29 |
| 3. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ..... | 31 |
| 4. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПСКОВСКОЙ И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТЕЙ | 32 |
| 4.1 Агроклиматические ресурсы теплообеспеченности (суммы активных температур)..... | 32 |
| 4.2. Агроклиматические ресурсы влагообеспеченности | 44 |
| 4.3 Опасные метеорологические явления | 52 |
| 5. ОЦЕНКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРОДУКТИВНОСТИ ПСКОВСКОЙ И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТЕЙ | 59 |
| 5.1. Биоклиматический потенциал | 59 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 64 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ..... | 67 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 72 |
| Приложение 1 | 72 |
| Приложение 2 | 73 |
| Приложение 3 | 74 |
| Приложение 4 | 75 |

ВВЕДЕНИЕ

Земля, как главное средство производства любой страны мира, в силу своей функции, является основой сельского хозяйства и агропромышленного комплекса в целом [1]. При этом, важным аспектом сельскохозяйственного производства является риск (комплекс факторов, действий или процессов, которые могут вызывать материальные и другие потери) из-за неопределенностей, связанных с погодой, урожайностью, ценами, государственной политикой, глобальными рынками и другими факторами. Управление рисками включает выбор альтернатив, уменьшающих последствия, которые могут возникнуть в результате такой неопределенности [11].

В первую очередь, уделяется внимание риску - факторам неподвластных природным климатическим условиям природных процессов: наводнениями, засухой и заморозками вегетационного периода. Изменение климата влияет на погодные условия и состояние океана, таяние ледников, количество, качество и доступность водных ресурсов, ареал и характер миграции природных экосистем, а также увеличивает частоту и суровость экстремальных погодных явлений, воды, и климатические явления. Воздействие этих изменений варьируется в зависимости от региона и включает изменение уровня моря, уровня озер, увеличение частоты сильных ливней и питания, более длительные и интенсивные периоды засухи, изменение вегетационного периода, повышенный риск лесных пожаров, усиление прибрежных опасностей и усиление нагрузки на биоразнообразие и живые морские ресурсы. Кроме того, различия в космической среде между Солнцем и Землей создают значительные и возрастающие риски для общества, экономики, национальной безопасности и здоровья. Эти риски усугубляются сопутствующими проблемами, такими как рост населения, экономическое развитие и изменение землепользования, ухудшение состояния инфраструктуры и изменение географии рек и прибрежных районов. Именно

они определяют особенности технологических процессов конкретного года, конечные результаты производства, темпы инфляции; ужесточение конкуренции со стороны импортной продукции [28].

Не следует забывать и о нарастающих серьезных проблемах, связанных с загрязнением и деградацией земель, распространением насекомых и сорняков, влияющих на сельскохозяйственные культуры, потере почвенного плодородия. Поэтому ключевой задачей для обеспечения устойчивости сельского хозяйства к климатическим рискам является адаптивная экологическая политика, включающая анализ погодных и природных условий региона страны. Устойчивое сельское хозяйство следует рассматривать как разновидность климатически оптимизированного сельского хозяйства.

Стратегический прогноз потепления климата в России для сельского хозяйства смещен на адаптацию и приспособляемость на основе оценки воздействия изменения климата и уязвимости к нему. МГЭИК подчеркивает, что для сельскохозяйственного сектора очень важно адаптироваться к изменению климата. Это связано с тем, что даже если выбросы парниковых газов уменьшатся, глобальное потепление будет продолжаться в течение следующих нескольких десятилетий из-за ранее выбрасываемых парниковых газов, что приведет к падению урожайности, которое грозит осложнить экономику многих регионов. На юге страны могут образоваться пустыни, а в более северных регионах интенсивное ведение сельскохозяйственной деятельности невозможно из-за отсутствия плодородных почв [1].

Сельское хозяйство является климатозависимой биоиндустрией с заметными региональными особенностями. Псковская и Ленинградская области расположены в районах так называемого неустойчивого и рискованного земледелия, и сельскохозяйственное производство осуществляется за счет подбора культур, подходящих для климата Северо-западного региона с применением правильных методов агротехники. Региональные характеристики относятся к характеристикам экосистем, определяемым климатом региона [13].

Для смягчения негативных последствий изменения климата необходимо оценить его изменение, определить последствия для сельскохозяйственного производства и принять необходимые меры. Мониторинг условий роста и развития сельскохозяйственных культур в условиях изменяющегося климата необходим для разработки национальных, отраслевых и региональных планов адаптации к изменениям климата. Поэтому изучение экологических аспектов устойчивого развития сельского хозяйства с учетом климатических изменений (на примере Псковской и Ленинградской областей) является актуальной темой исследования.

Основная цель данного исследования — анализ климатических характеристик термического режима теплого периода года и сопутствующих им циркуляционных условий, а также оценка роли погодного фактора вегетационного периода в урожайности зерновых культур во Псковской и Ленинградской областях Северо-Западного Федерального округа.

Задачи исследования:

1. Изучить основные направления развития сельского хозяйства в условиях изменяющегося климата в мире и Российской Федерации
2. Исследовать динамику основных климатических характеристик вегетационных периодов Псковской и Ленинградской областей;
3. Рассчитать биоклиматический потенциал областей.

1. КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ПОГОДНЫЕ ФАКТОРЫ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Изменение климата и ухудшение состояния окружающей среды по-прежнему остаются одними из наиболее серьезных вызовов текущего столетия. Экстремальные погодные условия давно наблюдаются на всех континентах мира. Чаще всего их связывают с глобальными изменениями в климате, которые объясняются увеличением количества парниковых газов, добавившихся к природным от антропогенной деятельности. Глобальное изменение климата обычно происходило очень медленно, в течение тысяч или миллионов лет. Однако исследования показывают, что нынешний климат меняется быстрее, чем это показано в геологических записях. На сегодняшний день глобальное потепление служит самой значимой угрозой для устойчивости функционирования как экономики в целом, так и для сельского хозяйства в частности. Сценарии продолжающегося глобального потепления планеты затрагивают вопрос усугубления проблем для сельского хозяйства на национальном и глобальном уровнях. Они требуют срочных действий со стороны всех стран, чтобы покончить с нищетой и голодом, улучшить здоровье и образование, уменьшить неравенство и стимулировать экономический рост, борясь с изменением климата и работая над сохранением природных ресурсов планеты [43].

Дополнительные антропогенные парниковые газы в нашей атмосфере являются основной причиной того, что Земля становится теплее. Парниковые газы, такие как двуокись углерода, метан и закись азота задерживают солнечное тепло в атмосфере Земли. С одной стороны, это нормально, что в нашей атмосфере есть парниковые газы. Они помогают сохранять Землю достаточно теплой, чтобы на ней можно было комфортно жить. Но слишком много парниковых газов может вызвать саморазогрев планеты с глобальными катастрофами, в виде таяния ледяных шапок полюсов, затоплением большого количества низких территорий суши, усиление засухи [40].

Почему так важно, что климат Земли меняется? За миллионы лет климат Земли многократно нагревался и охлаждался. Однако сегодня планета нагревается намного быстрее, чем за всю историю человечества. Глобальная температура воздуха у поверхности Земли за последнее столетие выросла примерно на 2 градуса по Фаренгейту. Пара градусов может показаться не такой уж большой. Однако это изменение может оказать большое влияние на здоровье растений и животных Земли [16].

Ожидается, что многие из воздействий будут продолжаться или усиливаться в будущем. Из-за чувствительности сельского хозяйства к погодным и климатическим условиям эти воздействия могут оказывать существенное прямое и косвенное воздействие на сельскохозяйственное производство и прибыльность.

Последствия изменения климата и изменчивости климата уже наблюдаются в Среднем Западе; за последнее столетие температура повысилась во все времена года, вегетационный период стал длиннее, изменился режим выпадения осадков, а экстремальные осадки стали более частыми и сильными. Влияние климата на сельскохозяйственное производство на Среднем Западе варьируется в зависимости от года, особенно в отношении производства зерна, овощей и фруктов. Разнообразие однолетних и многолетних культур на Среднем Западе создает ряд реакций на климат и погоду. Кроме того, прогнозируемое сокращение количества осадков и более высокая скорость эвапотранспирации из-за теплого климата, вероятно, вызовут увеличение потребности в воде. В таких регионах, как Греция (расположенная в более теплой части Средиземноморского бассейна), может возникнуть необходимость в перемещении сельскохозяйственных полей на возвышенности в зависимости от скорости и диапазона глобального потепления [48].

В настоящее время 30 % многих продуктов питания в Африке и Азии производится на фермах площадью менее 2 га, а 60–75 % — на фермах площадью менее 20 га. Хотя широкомасштабная интенсификация

производства срочно необходима и в других странах, мелкие землевладельцы Африки и Южной Азии по-прежнему будут составлять ключевую целевую группу стран, которых затронет глобальное потепление, и жизнь аграрных производителей и большого количества населения кардинально изменится [47].

Сельскохозяйственные исследования должны проводиться не только на полях крупных агрохолдингов, но и совместно с подавляющим большинством из более чем 600 миллионов мелких землевладельцев, которые будут заниматься сельским хозяйством в 2030 г. и далее. Установлено, что более 2,5 миллиардов человек зарабатывают на жизнь в сельскохозяйственном секторе [42 и складывается ситуация, когда средства к существованию подавляющего большинства в развивающихся странах сельхозпроизводителей находятся на переднем крае изменения климата.

Согласно данным Росгидромета, на территории России в XXI веке потепление климата существенно превышает среднее глобальное потепление. Физические риски могут проявляться в виде опасных природных явлений в краткосрочном периоде или накопленных климатических изменений в долгосрочном периоде. В 2020 году в регионах по всей России наблюдались самые высокие температуры за всю историю наблюдений, что привело к лесным пожарам, охватившим огромную площадь и выбрасывающим в атмосферу на треть больше углекислого газа, чем в 2019 году (на российские леса приходится пятая часть всего мира). Внезапные наводнения в Сибири уничтожили целые деревни и вытеснили тысячи ее жителей. В 2020 году снежный покров был на рекордно низком уровне, а площадь арктического морского льда сократилась до второго наименьшего значения за более чем 40 лет [33].

Вечная мерзлота, покрывающая почти две трети территории России, быстро тает. Резкие циклы замерзания-оттаивания в недрах разрушают инфраструктуру, представляют опасность для нефте- и газопроводов. Таяние вечной мерзлоты недавно, в 2020 году, разрушило резервуар для хранения

дизельного топлива недалеко от арктического города Норильска, вылив 21 000 тонн дизельного топлива в реку Амбарная и прилегающие недра [23]. При нынешней скорости оттаивания, примерно при подъеме температуры в 1 градус Цельсия в десятилетие, слой вечной мерзлоты в России в скором будущем перестанет промерзать через три десятилетия. Это может привести к потенциально катастрофическим разовым выбросам углерода и метана в атмосферу, что уже не будет проблемой только России. Согласно одному исследованию, сокращение площади приповерхностной вечной мерзлоты на 30-99 процентов приведет к выбросу в атмосферу дополнительно от 10 до 240 миллиардов тонн углерода и метана и к 2100 году потенциально поставит земной шар «на грань» жизни его населения [4].

Сельское хозяйство — это традиционная отрасль экономики. Для нее характерен длительный опыт, устоявшиеся технологии и отраслевая специализация для тех или иной территорий. Последние несколько десятилетий как в глобальном, так и национальном масштабе демонстрируют изменение многолетних климатических условий, рост количества опасных гидрометеорологических явлений, к которым аграрный сектор имеет особо высокую чувствительность [3].

Помимо деятельности человека существует множество естественных причин, которые также приводят к изменениям в климатической системе. Необходимо учитывать их влияние. Краткая характеристика данных причин будет представлена ниже.

1.1 Географическая широта

Известно, что траектория Земли в Солнечной системе и наклон ее оси не постоянен и меняются в течение сезонов, годов и сотен тысячелетий (описаны как циклы Миланковича), что приводит к изменению температуры Земли [5].

Географическая широта определяет зональность в распределении элементов климатического спектрального состава. Климатические зоны — это

области с отличным климатом, которые расположены в направлении восток-запад вокруг Земли и могут быть классифицированы с использованием различных климатических параметров. Как правило, климатические зоны имеют форму пояса и окружности вокруг полюсов. В некоторых районах климатические зоны могут прерываться горами или океанами.

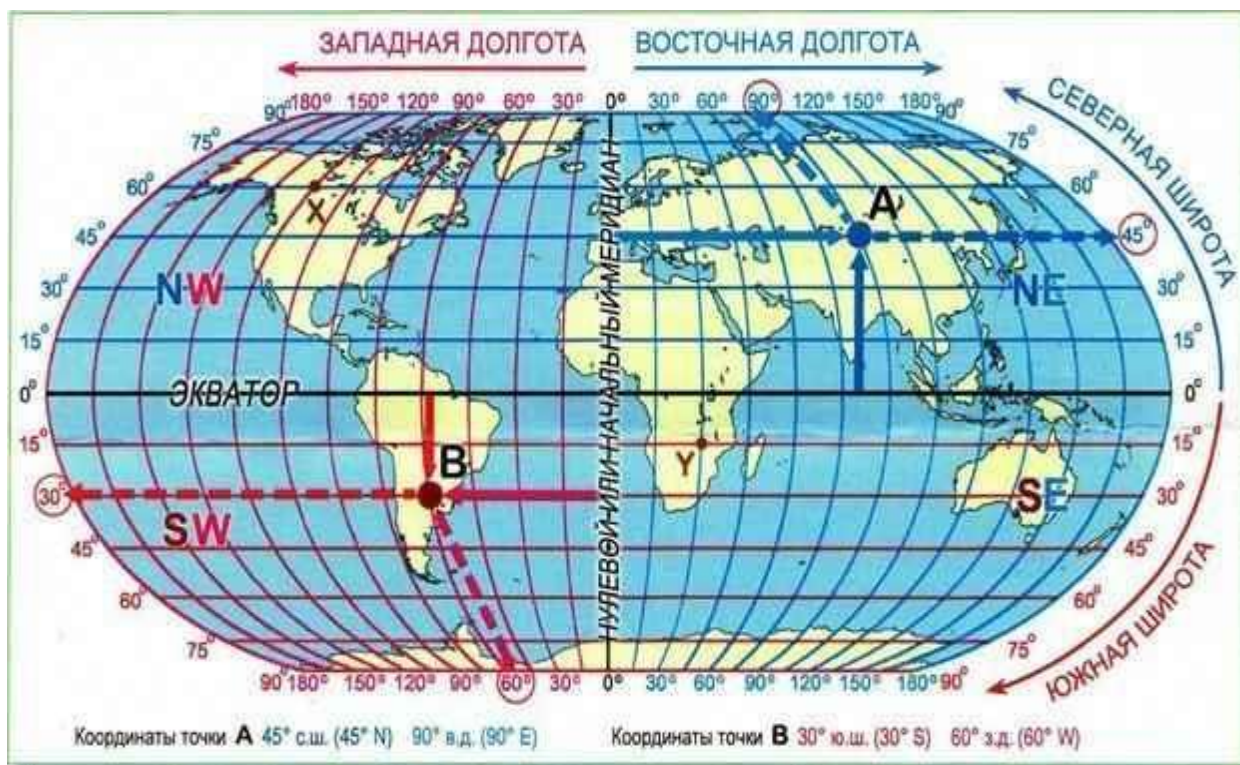


Рисунок 1.1 - Географические координаты планеты

Солнечная радиация достигает земли в разных частях Земли под разными углами. На экваторе солнечный свет падает на землю почти перпендикулярно, тогда как на полюсах угол наклона Солнца ниже или даже ниже горизонта во время полярной ночи [49]

В течение сезона положение Солнца относительно Земли и, следовательно, угол падения солнечного света также меняются. Угол наклона Солнца в полдень варьируется от перпендикулярного (90°) в тропиках до горизонтального (0° = Солнце не появляется на горизонте или появляется лишь частично) в пределах полярного круга. Таким образом, солнечный свет прогревает Землю в районе экватора гораздо сильнее, чем на полюсах. Из-за

разницы температур, вызванной разницей в радиации, развиваются повторяющиеся климатические условия, такие как зима и лето. Эти условия характеризуются определенным количеством осадков летом или определенной средней температурой воздуха.

Различные климатические условия, регулярно возникающие в определенных районах, обобщены и описаны в приведенной ниже классификации. Солнечная радиация поступает на верхнюю границу атмосферы, где расположена земная поверхность и плотность воздуха. Поглощенная радиация распределяется по всей атмосфере, так как зависит от облачности и прозрачности воздуха на земной поверхности [50].

1.2 Распределение суши и океана, отдаленность территории от океанов и морей, морские течения

Другим важными климатообразующим фактором служит отдаленность территории от морей и океанов [22].

Океанические течения разносят тепло вокруг Земли. По мере того, как океаны поглощают больше тепла из атмосферы, температура поверхности моря повышается, а модели океанской циркуляции, переносящие теплую и холодную воду по всему миру, изменяются. Направление этих токов может меняться, так что разные области становятся теплее или холоднее. Поскольку океаны долго нагреваются, но затем и дольше удерживают тепло, то даже небольшие изменения океанских течений могут оказать большое влияние на глобальный климат

Континентальный климат характеризуется изменчивым погодным режимом и значительными колебаниями температуры. Континентальность — это мера степени, в которой климат региона типичен для внутренней части большого массива суши. Этот тип климата встречается в средних широтах, где температура не регулируется никаким водоемом, таким как море или океан, а преобладающий ветер дует над головой. В таких регионах более холодная

зима и жаркое лето, поскольку здесь нет водоемов, которые сохраняли бы климат более мягким зимой и прохладным летом. Это связано с тем, что камни и почва имеют меньшую теплоемкость по сравнению с водой, а также намного быстрее теряют тепло. Таким образом, континентальный климат относительно сухой, так как воздушные массы, исходящие из далеких океанов, теряются, не достигнув места. Континентальный климат встречается в основном в Северном полушарии, где для развития климата требуется большая территория (рисунок 1.2)

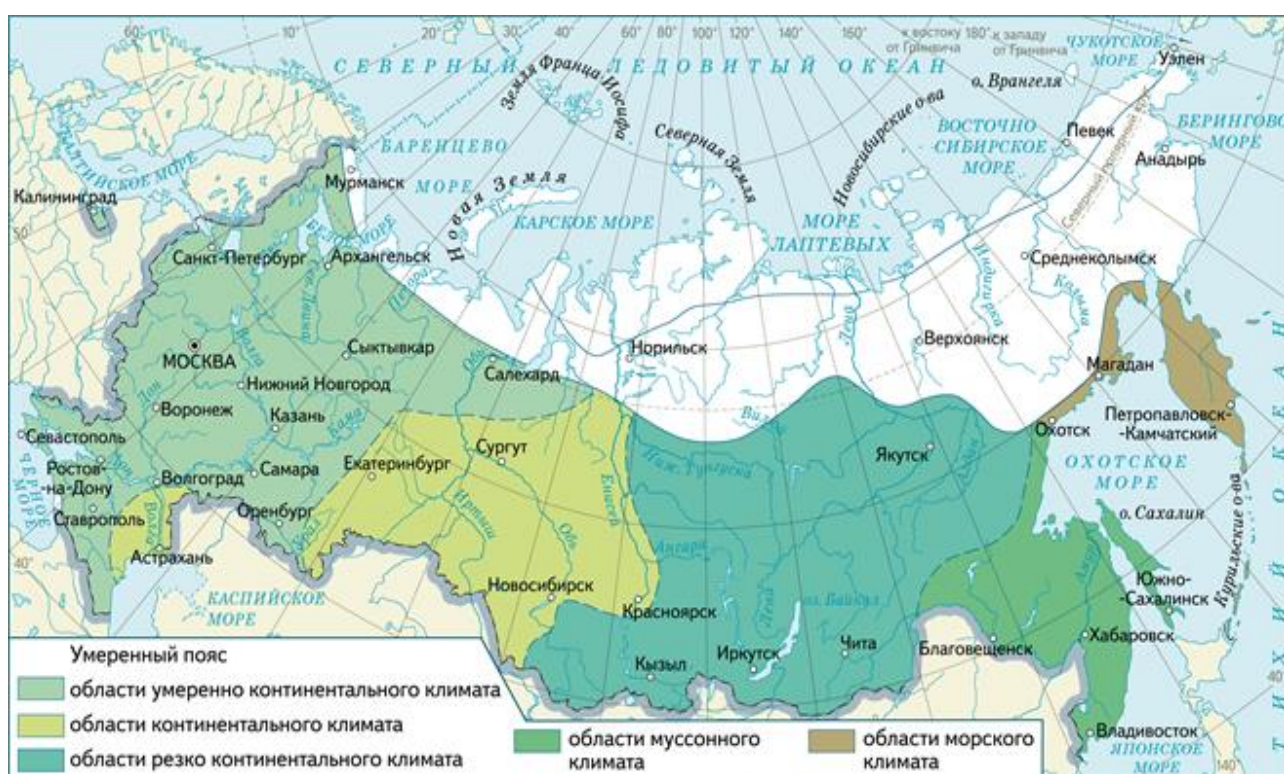


Рисунок 1.2 – Климатические пояса Российской Федерации

Значительные отличия фиксируются и в амплитудах температур, давлении, характере и времени выпадения осадков. Поэтому отличают морской и континентальный климат [38]. Континентальный климат встречается в основном во внутренних и восточных частях континента. Теплое лето и холодная зима способствуют росту разнообразных растений, от растений до многолетних и почвопокровных. Большая часть климатической области была покрыта лесами до того, как земли были расчищены для

сельского хозяйства. Леса в пределах климатической зоны делятся на хвойные и лиственные [26].

Мировой океан влияет на погоду и климат, играя важную роль в поддержании тепла на нашей планете. Большая часть солнечной радиации поглощается океаном, особенно в тропических водах вокруг экватора, где океан действует как массивная, сохраняющая тепло солнечная панель. Участки суши также поглощают часть солнечного света, а атмосфера помогает удерживать тепло, которое в противном случае быстро излучалось бы в космос после захода солнца.

За пределами экваториальных районов Земли погодные условия в основном определяются океанскими течениями. Течения — это непрерывные движения океанской воды, создаваемые главным образом поверхностными ветрами, но также частично градиентами температуры и солености, вращением Земли и приливами. Основные системы течений обычно текут по часовой стрелке в северном полушарии и против часовой стрелки в южном полушарии, образуя круговые узоры, которые часто повторяют береговые линии.

Изменение климата, ведущее к повышению температуры океана, испарению морской воды и таянию ледников и морского льда, может привести к притоку теплой пресной воды на поверхность океана. Это заблокирует образование морского льда и нарушит погружение более плотной холодной соленой воды. Данные события могут замедлить или даже остановить океанский конвейер, что приведет к глобальным изменениям климата, включая резкое снижение температуры в Европе из-за нарушения Гольфстрима [26].

1.3 Рельеф

Один из важных факторов, который влияет на формирование климата, — это рельеф. Рельеф места влияет на климат места, в особенности если поблизости есть горы, которые служат преградой для холодных и горячих ветров. Они также влияют на количество осадков, если они очень высоки. Они заставляют ветер давать сильный дождь с наветренной стороны и меньше дождя с подветренной стороны.



Рисунок 1.3 - Физическая карта России

Равнины занимают преобладающую часть территории России. Горы отсутствуют на севере и западе нашей страны, поэтому воздушные массы с Атлантического и Северного Ледовитого океанов без преград проникают во внутренние районы Российской Федерации. Тихий океан воздействует только на небольшую часть Дальнего Востока, так как горные хребты проходят здесь параллельно побережью и препятствуют передвижению воздушных масс.

Если горы находятся на пути влажных воздушных масс, то на их наветренных склонах выпадает большое количество осадков. Поэтому горы, даже невысокие, являются самыми влажными районами нашей страны.

Различия в климатических условиях между формами рельефа на равнине менее заметны. Но тем не менее возвышенности и низменности, долины рек и междуречья различаются по температуре воздуха, количеству атмосферных осадков, режиму ветров.

1.4. Влияние климата на сельское хозяйство

Различные виды сельского хозяйства подходят для определенных климатических условий и требуют определенных температур и количества пресной воды. Изменение климата и сельское хозяйство тесно связаны отклонениями в погодных условиях и температурах. Мир нагревается быстрее, чем когда-либо прежде, что оказывает непосредственное влияние на сельскохозяйственное производство и людей, которые этим зарабатывают.

Изменение климата влияет на сельскохозяйственное, поскольку изменение условий может привести к привлечению новых вредителей и болезней, а также изменить районы, пригодные для ведения сельского хозяйства в непригодные.

Сельское хозяйство чувствительно к экстремальным погодным условиям и изменениям климата. За последние декады отмечено выпадение меньшего количества дождей весной и летом, а зимой снежный покров может в последние годы вообще отсутствовать. Это означает уменьшение количества воды, доступной для выращивания сельскохозяйственных культур.

Напротив, в некоторых районах осадки стали выпадать реже, но они достаточно экстремальны по своей силе. Подобного рода дожди могут смыть почву и повредить урожай. Земля также не может впитать столько воды во время внезапных паводков, что означает, что земля может оставаться сухой, даже если только что прошел дождь.

Более высокие температуры способствуют более продолжительным засухам и более суровой пожарной обстановке. Это может сделать землю непригодной для сельского хозяйства, вызвать стресс у сельскохозяйственных культур и привлечь новых вредителей, которые процветают при более высоких температурах. Более высокие температуры и засуха также вызывают стресс у животных, снижают продуктивность и создают проблемы с благополучием животных.

В глобальном масштабе модели растительности и климата тесно связаны. Растительность поглощает CO₂, и это может смягчить некоторые последствия глобального потепления. С другой стороны, опустынивание усиливает глобальное потепление за счет выброса CO₂ из-за уменьшения растительного покрова.

Уменьшение растительного покрова, например, из-за вырубki лесов, имеет тенденцию к увеличению локального альбедо, что приводит к охлаждению поверхности. Альбедо относится к тому, сколько света отражает поверхность, а не поглощает. Как правило, темные поверхности имеют низкое альбедо, а светлые поверхности имеют высокое альбедо. Лед со снегом имеет высокое альбедо и отражает около 90 процентов поступающей солнечной радиации. Земля, покрытая темной растительностью, скорее всего, будет иметь низкое альбедо и будет поглощать большую часть радиации. Стабильность климатических условий играет важную роль в сельском хозяйстве региона, а изменение климата может привести к снижению урожайности сельскохозяйственных культур и качества питательных веществ из-за засухи, аномальной жары и наводнений, а также к увеличению числа вредителей и болезней растений [1].

Последствия катализменных ситуаций неравномерно распределены по всему миру, но вызваны изменениями температуры, осадков и уровня углекислого газа в атмосфере из-за глобального изменения климата [2]. В 2019 году миллионы людей в Средней и Южной Азии, а также в Африке уже страдали от отсутствия продовольственной безопасности из-за изменения

климата. Ученые подсчитали, что прогнозируемое снижение мирового производства растениеводческой продукции составляет 2-6% с каждым десятилетием [3]. В этом же коронавирусном году было предсказано, что к 2050 году цены на продовольствие вырастут на 80%, что, вероятно, приведет к усилению продовольственной незащищенности, непропорционально сильно затронув более бедные регионы.

Исследование, проведенное в 2021 году, показало, что за последние 50 лет в Европе тяжесть последствий аномальной жары и засухи для растениеводства утроилась – с потерь в 2,2% в 1964-1990 годах до потерь в 7,3% в 1991-2015 годах [3].

По мере изменения климата на планете усиливаются проблемы, связанные с сельскохозяйственным производством и продовольственной безопасностью. Серьезно страдают от изменений почвы сельхоз угодья и водные ресурсы — под угрозой находится продовольственная безопасность человечества в целом. Ядерные и изотопно-углеродистые методы играют важную роль в оценке влияния изменений климата.

МАГАТЭ и ФАО стремятся повысить уровень информации в применении ядерных изотопов для оценки воздействия на климатические тенденции. В результате упрочнения потенциала государств - членов ООН, а также развития технологии их производства сельскохозяйственных культур наиболее эффективно сохраняются природные ресурсы.

Изменение климата может вызвать непредсказуемые изменения погоды, эрозию почвы, сокращение площади тропического леса, нарушение работы существующих ирригационных систем и опустынивание обрабатываемых земель. Что в свою очередь окажет серьезное влияние на продовольственную безопасность и на сельское хозяйство. Для смягчения последствий изменения климата для обеспечения продовольственной безопасности необходимо применять разнообразные устойчивые и экологически чистые методы, такие как севооборот, комплексная борьба с вредителями, гидропоника, выращивание солеустойчивых растений и эффективные методы орошения.

В условиях изменения климата происходит изменение животноводства и создание животноводческой продукции. Для решения этого вопроса необходимо продолжать исследования, целью которых является разработка необходимого инструментария для оптимизации сельскохозяйственных методов (наиболее эффективного в данном случае).



Рисунок 1.4 - Климатическая карта России

Любая страна делится на агроклиматические зоны в соответствии с различными агроклиматическими условиями. Средняя температура в каждой сельскохозяйственной климатической зоне за последние 50 лет (1972–2022 гг.) повысилась на 0,95 °С.

В долгосрочной перспективе часть территории РФ, особенно северо-западная, центральная, Сибирь и субарктические регионы будут находиться в зоне более значительного потепления относительно глобального уровня, предполагается повышение среднегодовых температур на 1-2 °С.

Число дней с заморозками к середине текущего века уменьшится на 10 - 15, а по европейской части России — минимум до 30.

Прогнозируется рост количеств осадков в летний период, особенно в ливневых количествах, которые будут сопровождаться градами или паводками.

Несмотря на такие прогнозы, в южных регионах будет наблюдаться усиление засушливых условий вегетационного периода.

Зимой на европейской части России будет наблюдаться незначительное накопление снежной массы. Сокращение периода с устойчивым снегом может достигнуть месяца — это будет видно по большей степени во многих районах европейской части России, Восточной Сибирью или на Дальнем Востоке.

Климатические прогнозы предполагают, что последствия будут включать изменение средних условий выращивания, увеличение изменчивости климата и погоды и большую неопределенность в прогнозировании завтрашнего климата и погодных условий. Управление сельскохозяйственными рисками идеально подходит для поддержки заинтересованных сторон в повышении устойчивости к этим повышенным рискам в краткосрочной и среднесрочной перспективе.

Наводнения. Наблюдается рост наводнений во многих сельскохозяйственных регионах. Повышение уровня моря также увеличивает частоту и интенсивность наводнений на фермах в прибрежных районах. Эти дорогостоящие наводнения уничтожают посевы и домашний скот, ускоряют эрозию почвы, загрязняют воду и повреждают дороги, мосты, школы и другую инфраструктуру.

Засухи. Слишком мало воды может быть столь же вредным, как и слишком много. Сильные засухи нанесли уже наносят тяжелый урон урожаю, домашнему скоту и фермерам во многих частях страны. Вероятно, приведет к таким засухам, что еще хуже, истощаются запасы воды и, в некоторых случаях, провоцируются разрушительные лесные пожары.

Изменения в жизнеспособности сельскохозяйственных культур и скота. Фермеры выбирают сорта сельскохозяйственных культур и породы животных, которые хорошо подходят для местных условий. Поскольку в ближайшие десятилетия эти условия быстро изменятся, многие фермеры будут вынуждены переосмыслить некоторые из своих решений, что может означать новые капиталовложения, поиск новых рынков и изучение новых методов.

Новые вредители, патогены и проблемы с сорняками. Точно так же, как фермерам нужно будет найти новые культуры, домашний скот и методы, им придется справляться с новыми угрозами. Насекомое или сорняк, которые не могли процветать к северу от Техаса в прошлые десятилетия, могут найти Айову идеальным местом для будущего, и фермерам придется приспосабливаться.

Деградированные почвы. Типичные системы выращивания монокультур оставляют почву голой большую часть года, полагаются на синтетические удобрения и регулярно вспахивают поля. Эти методы оставляют почвы с низким содержанием органических веществ и предотвращают образование глубоких сложных корневых систем. Среди результатов: снижение водоудерживающей способности (что усугубляет воздействие засухи) и повышенная уязвимость к эрозии и загрязнению воды (что усугубляет воздействие наводнений).

Упрощенные пейзажи. Промышленное сельское хозяйство рассматривает ферму как растениеводческую фабрику, а не как управляемую экосистему с минимальным биоразнообразием на больших участках земли. Это отсутствие разнообразия в сельскохозяйственных операциях подвергает фермеров большому риску и усиливает климатические воздействия, такие как изменение жизнеспособности сельскохозяйственных культур и нашествие вредителей.

Интенсивные входы. Сильная зависимость промышленной фермы от удобрений и пестицидов может стать еще более дорогостоящей для испытывающих трудности фермеров, поскольку воздействие климата

ускоряет эрозию почвы и увеличивает проблемы с вредителями. Интенсивное использование таких химикатов также увеличит бремя загрязнения, с которым сталкиваются сообщества, расположенные ниже по течению, по мере увеличения наводнений. Фермеры могут также увеличить орошение в ответ на повышение экстремальных температур и засуху, что еще больше истощит запасы драгоценной воды.

По мере усиления летней жары фермеры и сельскохозяйственные рабочие будут сталкиваться со все более изнурительными и потенциально небезопасными условиями труда.

Ускорение неурожая и падежа скота сделает фермеров, имеющих доступ к страхованию или программам помощи при стихийных бедствиях, более зависимыми от этой поддержки, финансируемой налогоплательщиками, в то время как те, у кого нет достаточной социальной защиты, столкнутся с дополнительными проблемами. Разорение ферм и стагнация прибыли также усугубят страдания многих сельских общин.

Фермерские общины будут одними из первых, кто почувствует, как экстремальные погодные условия усугубляют воздействие сельского хозяйства на водные ресурсы — близлежащие источники воды загрязняются или истощаются до того, как ущерб распространяется на питьевую воду и рыболовство далеко вниз по течению.

Человечество должно помнить, что риски изменения климата распределяются неравномерно, равно как и пути адаптации к изменению климата. Государственная политика и институциональная практика долгое время лишали цветных сообществ, групп с низким доходом и племенных сообществ доступа к важнейшим ресурсам [39].

МГЭИК прогнозирует, что к 2050 году урожайность сельскохозяйственных культур снизится на 5 % по кукурузе, 14 % по рису и 22 % по пшенице, что подтолкнет большое количество и без того уязвимых людей, средства к существованию которых зависят от сельского хозяйства к смене жительства территорий.

Адаптационные исследования, проводимые в настоящее время, позволяют принимать как краткосрочные тактические, так и долгосрочные стратегические обоснованные решения по приспособлению ведения сельского хозяйства с учетом культурных, институциональных и экономических факторы.

Таблица 1.1 Прогноз климатически обусловленных изменений урожайности зерновых культур в России на период 2011-2030 гг.

| Федеральный округ | Изменение урожайности зерновых культур, % (отклонения от современного уровня) | |
|-------------------|--|------------------|
| | Сценарий RCP 4.5 | Сценарий RCP 8.5 |
| Северо-Западный | +18,7 | +15,9 |
| Центральный | +9,4 | +6,9 |
| Приволжский | +3,1 | +2,0 |
| Южный | -5,1 | -5,8 |
| Уральский | -2,7 | -3,5 |
| Сибирский | -0,8 | -1,4 |
| Дальневосточный | +13,0 | +11,7 |
| Россия в целом | +3,6 | +2,2 |

Расчеты, проведенные на базе динамических климатических моделей для сценариев RCP 4.5 и RCP 8.53, показывают, что прогнозируемые в будущем изменения в антропогенном земном покрове, приведут к биогеохимическому потеплению и биофизическому похолоданию, масштабы которых зависят от сценария (высокая степень достоверности).

Биогеохимическое потепление прогнозируется для RCP8.5 как с помощью глобальных климатических моделей от $+0,20 \pm 0,15$ °C до $+0,28 \pm 0,11$ °C (высокая степень достоверности).

Глобальное биофизическое похолодание на $0,10 \pm 0,14$ °C оценивается на основе моделей глобального климата и, по прогнозам, ослабит потепление на суше (низкая степень достоверности). Для RCP4.5 биогеохимическое потепление, оцененное по глобальным климатическим моделям от $+0,12 \pm 0,17$ °C до $+0,01 \pm 0,04$ °C, но основанное на ограниченных данных, как и биофизическое похолодание ($-0,10 \pm 0,21$ °C). Для России прогноз изменений по урожайности зерновых культур представлен в табл. 1.1.).

Важно согласовать масштабы (пространственный, временной и секторальный) и достоверность информации с масштабом и характером решений по адаптации сельского хозяйства к таким прогнозам. Следует отметить, что краткосрочная адаптация ведения сельского хозяйства к изменению климата может быть достигнута путем учета местных климатических тенденций, если между этими тенденциями и прогнозируемыми изменениями климата существует четкое соответствие. Особое внимание следует уделить средствам прогнозирования климата в масштабе от суточного до межгодового. Сельхозпроизводители могут найти пользу в долгосрочных прогнозах климата, учитывая высокую неопределенность в более мелких пространственных и временных масштабах, в которых принимаются их решения, потому что смогут подобрать сорта культур, которые обеспечат необходимый урожай в зависимости от представленного прогноза на будущее.

Общие тенденции в больших временных и пространственных масштабах, которые можно более надежно спрогнозировать с помощью современных климатических моделей, могут быть весьма полезными для ввода в анализ политики и инвестиций при условии включения потенциально критических факторов, таких как изменения экстремальных климатических явлений.

Значительная польза от исследований в области адаптации может состоять в том, чтобы понять, как краткосрочные стратегии реагирования могут быть связаны с долгосрочными вариантами, чтобы гарантировать, что, как минимум, управленческие и/или политические решения, принимаемые в течение следующих одного-трех десятилетий, не подорвут возможности чтобы справиться с потенциально более серьезными последствиями в конце века [35].

Для систем земледелия существует много потенциальных способов изменить управление, чтобы справиться с прогнозируемыми климатическими и атмосферными изменениями. Эти приспособления включают в себя:

- Изменение вводимых ресурсов, таких как сорта/виды, на более подходящие по тепловому времени и требованиям к яровизации и/или с повышенной устойчивостью к тепловому шоку и засухе, изменение норм удобрений для поддержания качества зерна или плодов в соответствии с преобладающим климатом, изменение количества и времени полива и другое водное хозяйство.

- Более широкое использование технологий для «сбора» воды, сохранения влаги в почве (например, задержание пожнивных остатков) и более эффективного использования и транспортировки воды там, где уменьшается количество осадков.

- Управление водными ресурсами для предотвращения заболачивания, эрозии и выщелачивания питательных веществ при увеличении количества осадков.

- Изменение времени или места посевных работ. Диверсификация доходов за счет изменения интеграции с другими видами сельскохозяйственной деятельности, такими как животноводство.

- Повышение эффективности методов борьбы с вредителями, болезнями и сорняками за счет более широкого применения интегрированной борьбы с вредителями и патогенами, разработки и использования сортов и видов,

устойчивых к вредителям и болезням, а также поддержания или улучшения карантинных возможностей и программ мониторинга.

- Использование климатического прогнозирования для снижения производственного риска [36].

В случае широкого распространения эти адаптации по отдельности или в сочетании имеют значительный потенциал для компенсации негативных последствий изменения климата и использования положительных последствий [10].

Растущая актуальность разработки эффективных мер адаптации к изменению климата предполагает несколько направлений исследований:

- Совершенствование существующего управления климатическими рисками;
- Эффективное представление процессов, с помощью которых ключевые климатические факторы влияют на сельское хозяйство;
- Оценка эффективности вариантов адаптации;
- Понимание вероятных темпов внедрения и того, как для их улучшения и разработки более устойчивых сельскохозяйственных систем.

Во многих регионах сельское хозяйство остается чувствительным к изменчивости климата, и возможности управления этим риском неодинаковы. Учитывая, что изменение климата будет выражаться через изменения изменчивости в нескольких временных диапазонах, расширение возможностей управления климатическими рисками является основной адаптационной стратегией.

Развитие данного потенциала включает в себя повышение «знаний о климате» лиц, принимающих решения, чтобы они стали более осведомленными о воздействии климата на свои системы и о том, как использовать варианты управления для вмешательства, тем самым уменьшая негативное воздействие и используя возможности [10].

Таким образом, изменение климата к настоящему времени представляет собой некий риск для ведения сельского хозяйства. Время и взаимодействие стрессов на разных стадиях роста сельскохозяйственных культур могут привести к более высоким потерям и ухудшению продовольственной безопасности в будущем. Неблагоприятные погодные условия могут также нарушить работу фермерских и полевых работ, влияя на производственные затраты, а также на урожайность и качество сельскохозяйственных культур. Даже если фермеры справятся с опасностью, эти меры по преодолению могут быть связаны с затратами. Уровень риска воздействия на чистый доход агропредприятий высок, если неблагоприятное погодное явление совпадает с чувствительной стадией урожая, и будут включены другие неблагоприятные последствия, такие как более высокая частота появления сорняков, болезней и проблемы с работоспособностью, которые влияют на способность фермера справиться с ситуацией.

Адаптация, как правило, направлена на воздействие изменений среднего климата, и оценки преимуществ адаптации в основном не учитывают возможные изменения изменчивости климата или связанных с ними условий, таких как наличие местных водных ресурсов [39].

Изменение климата может стать одним из триггеров широкой дестабилизации продовольственной безопасности, включая риск высоких и неустойчивых цен на продукты питания, которые временно ограничивают потребление продуктов питания бедными людьми [44].

2. ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И КЛИМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПСКОВСКОЙ И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

2.1. Псковская область

Псковская область входит в состав Северо-Западного федерального округа Российской Федерации. Относится к субъектам Федерации, который граничит сразу с тремя государствами – Эстонией, Латвией и Белоруссией. В пределах государства область граничит с Ленинградской, Новгородской, Тверской и Смоленской областями.

Площадь территории области составляет 55,3 тысячи квадратных километров. Протяженность района с севера на юг 380 км, с запада на восток 260 км.

Рельеф области сформирован ледниками. Большинство холмов, гряд, ложбин, котловин и равнин образованы в результате деятельности последнего (валдайского) оледенения. В зависимости от особенностей деятельности ледника возникло несколько типов рельефа, формы которых имеют сходный внешний облик и сложены одинаковыми породами - моренами, озерно-ледниковыми. Выделяются зандровые равнины, озо-камовые комплексы, холмистый рельеф краевых гряд и ледораздельных возвышенностей.

Основной тип почв – подзолистый (с разновидностями дерновых, карбонатных). Кроме того, область богата болотами.

Территория области расположена в умеренном климатическом поясе, между 55° и 59° северной широты. Отмечаются черты морского климата - влажное, умеренно теплое лето и сравнительно мягкая зима; к востоку — более теплая весна, прохладная осень.

Область входит в зону повышенной циклонической деятельности атмосферы. За год проходит до 130 циклонов, т. е. почти каждый третий день в году. Прохождение циклонов в пределах области в холодный период года сопровождается резким потеплением, оттепелями, часто со сплошной низкой

облачностью, осадками и туманами. В летнее время циклоны обуславливают здесь понижение температуры, заметное похолодание, облачную и дождливую погоду. Гораздо реже над территорией области устанавливаются антициклоны (около 50 в течение года, причем максимум их приходится на весну). При антициклоне наблюдается сухая, солнечная, зимой морозная, а летом жаркая погода.

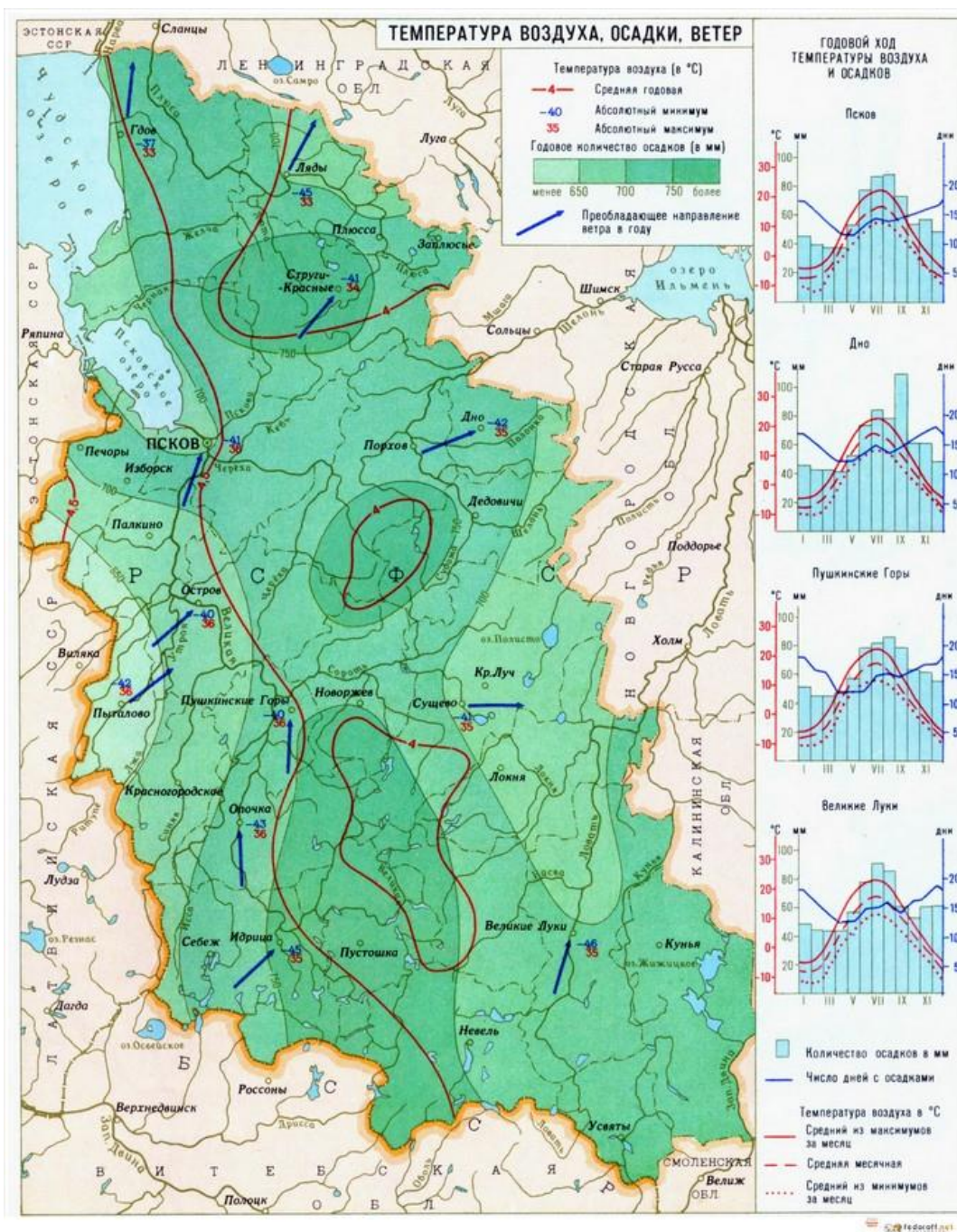


Рисунок 2.1 - Климатическая карта Псковской области

В течение года преобладают юго-западные и западно-восточные ветры (16-21 % от повторяемости всех остальных направлений), а также северо – восточные. Средняя температура самого холодного месяца равна -8° - 10°C с максимумами до -32° . В июле (самом теплом месяце) средняя температура составляет 17° - 18° , а максимальная - достигает 32° . Среднем по области в течение года насчитывается 178 дней с температурой выше 10° .

2.2 Ленинградская область

Ленинградская область расположена на северо-западе Европейской территории России и является частью Русской равнины. Включает в себя весь Карельский перешеек и берег Финского залива до Нарвы, простирается на восток вдоль южного берега Ладожского озера и реки Свирь до Онежского озера.

Близость Балтийского моря и активность атлантических климатических депрессий делают климат области менее холодным, но более влажным и изменчивым, чем на большей части Европейской России. Количество осадков колеблется от 450 до 775 мм в год в низинах и до 610 мм на возвышенностях с заметным летним максимумом.

На севере, востоке и в центре области — заболоченные леса, или тайга, преимущественно из ели, сосны и березы. На западе смешанный лес; В более влажных районах широко распространены ольха и осина. Повсюду торфяные и травяные болота, хотя многие из них осушены.

Погода характеризуется значительной изменчивостью, вследствие чего здесь случаются засухи, туманы, длительные дожди, сильные ветра и шквалы, а также град, грозы и гололед. К особенностям климата Ленинградской области можно отнести непостоянство, например в один год средняя температура может быть ниже на 10 - 12 градусов чем обычно.

Наводнения вызывают юго-западные сильные ветра, приводящие к нагону воды в Финский залив, а также являются фактор подтапливания Санкт-Петербурга и прибрежных зон.

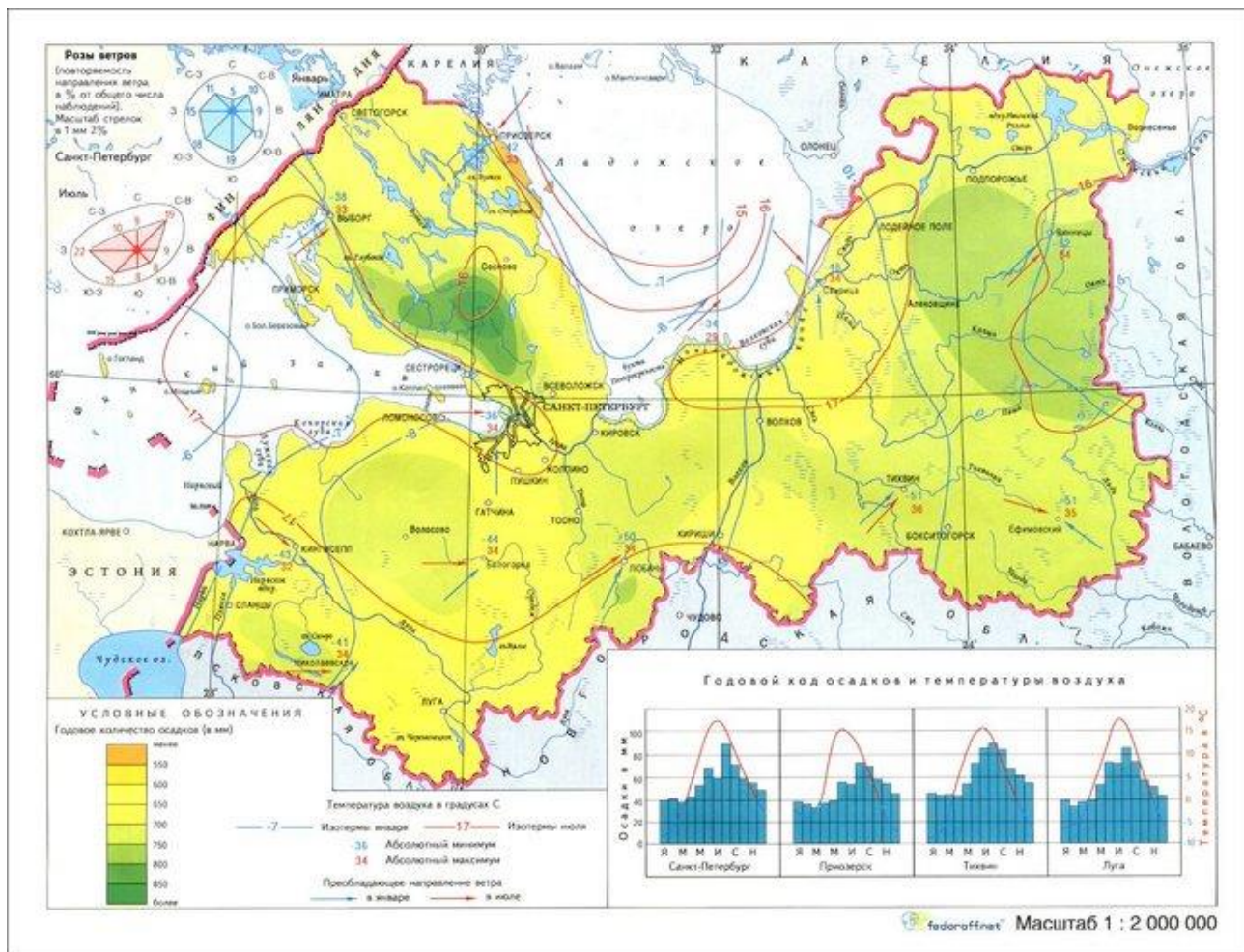


Рисунок 2.2 - Климатическая карта Ленинградской области

Для области важным показателем служит влажность почвы. Т.к. сельскохозяйственные почвы чаще всего лёгкого гранулометрического состава, недостаток влаги приводит к засухам, а переизбыток — к переувлажнению почв. Тепловые условия и теплоресурсы определяются продолжительностью вегетационного периода.

3. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.

При решении задач в системе «климат-сельскохозяйственная культура» проводится кропотливая обработка массивов метеорологических, фенологических и других наблюдений.

Все действия осуществляются на основе принятой методологии обработки общих метеорологических данных. Во внимание принимается, что для выполнения данной работы требуется контроль ежесуточных климатических наблюдений, вычисление средних величин, устранение неоднородностей в рядах наблюдений, приведение данных к многолетнему периоду и другие действия.

В климатологии и агроклиматологии обычно используются средние многолетние значения, рассчитываемые путем осреднения измеренных величин за ряд лет. Средняя арифметическая величина может быть средней во времени или в пространстве. Например, средней арифметической величиной во времени является средняя суточная температура воздуха, вычисленная по данным наблюдений за все сроки наблюдений в течение суток в одном пункте. Или средней арифметической величиной в пространстве может служить средняя районная (областная) сумма осадков за какой-либо период (декада, месяц, вегетационный период), полученная по всем станциям, расположенным в исследуемой территории [8].

Для агроклиматической оценки тепловых ресурсов вегетационного периода (или его отдельных подпериодов) обычно используют такие показатели, как суммы температур, продолжительность (в сутках) со средней температурой выше величины биологического минимума конкретной культуры, средней декадной, месячной температуры, их амплитуды, экстремальных температур, их повторяемости и т.п.

4. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПСКОВСКОЙ И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

4.1 Агроклиматические ресурсы теплообеспеченности (суммы активных температур)

Для решения агроэкологических задач особое внимание уделяется климату. По сути, когда речь идет о климате, то во внимание принимаются все его компоненты (температура, влажность воздуха, атмосферные осадки, солнечная радиация, скорость ветра, а также температура и влажность почв) совместно определяют состояние и продуктивность экосистем. От сочетания данных компонентов зависят технологические приемы по выращиванию культур и экономическая выгода по количеству полученного урожая.

Температура, возможно, является наиболее важным фактором окружающей среды, влияющим на развитие, рост и урожайность растений. Все биологические процессы реагируют на температуру, и все реакции можно суммировать с точки зрения трех основных температур: базовой или минимальной (T_{min}), оптимальной (T_{opt}) и максимальной (T_{max}). Однако характер реакции на температуру между этими сторонами света важен для расчета фенологии, адаптации и урожайности различных культур. Характеристики термического режима включают агроклиматические показатели: суммы активных температур за период с температурой выше 10°C и 5°C , а также продолжительность основного периода.

Необходимо отметить такой параметр как сумма активных температур. В его состав входит среднесуточная температура воздуха, почвы и показатели ее на несколько градусов выше биологических минимумов температуры; это позволяет рассчитать агроклиматическую характеристику климата.

Определение таких показателей, как температурный стресс в течение вегетационного периода является одним из важнейших параметров агроклиматических условий. Значениями, указывающими на ограничения,

являются один или несколько периодов продолжительностью не менее 10 дней подряд с минимальной температурой воздуха в 0 °С (заморозки) и максимальной температурой воздуха выше 28 °С (засуха). Температура выше 28°С является балластом, замедляющим рост и губящим растения из-за теплового напряжения.

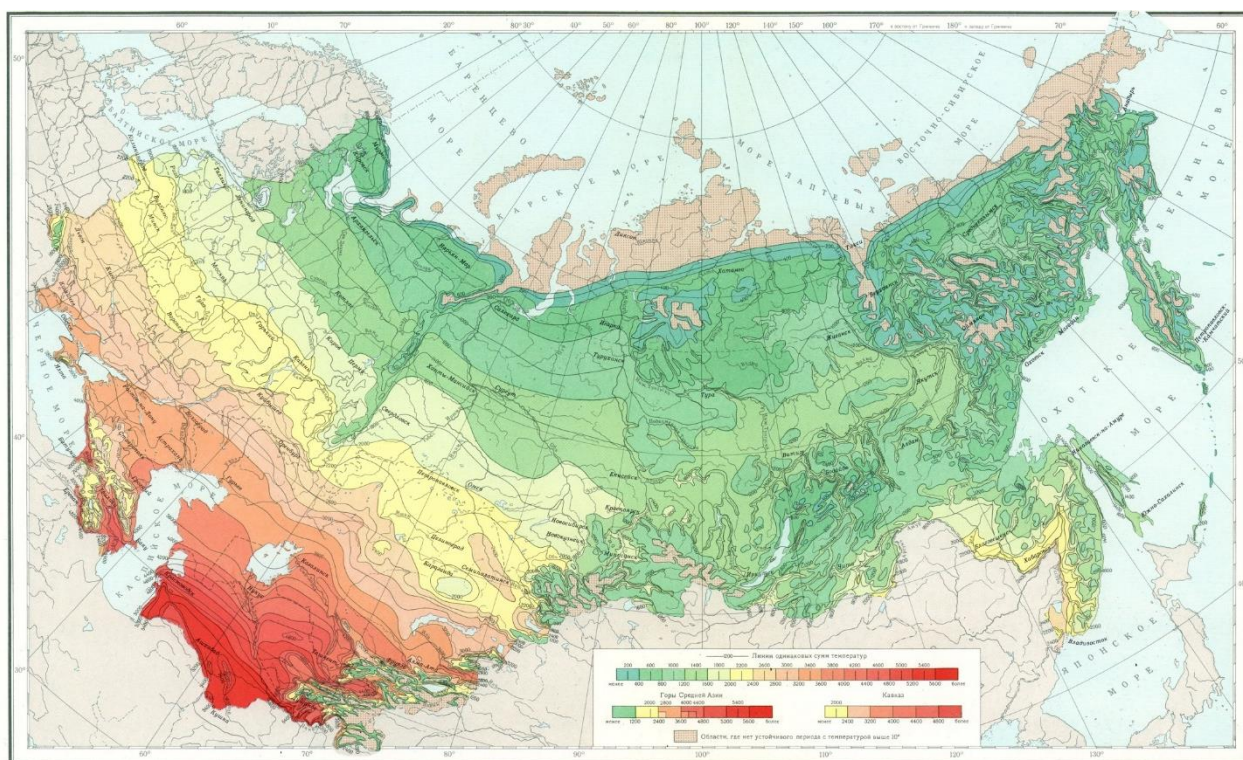


Рисунок 4.1 - Карта сумм активных температур России

Составляющими, в наибольшей степени ограничивающим рост, развитие и формирование урожаев сельскохозяйственных культур, являются условия увлажнения, присутствующие за счет атмосферной и почвенной влаги. Наиболее наглядным показателем является годовая сумма дождей или их сумма по периодам со среднесуточной температурой выше 5 и 10°С. Данный показатель показывает агроклиматический характер почвенного покровного слоя посевных культур по срокам выращивания сельскохозяйственных растений. Определяет время сбора урожая и его качественную характеристику, а также необходимость использования защитных укрытий [45].

Таблица 4.1 Потребность некоторых культур в тепле (сумма активных температур выше 10 °С)

| | |
|----------------|-------------|
| Яровая пшеница | 1200 — 1700 |
| Ячмень | 960 — 1450 |
| Овёс | 1000 — 1600 |
| Просо | 1410 — 1950 |
| Гречиха | 1200 — 1400 |
| Кукуруза | 1100 — 2900 |
| Картофель | 1200 — 1800 |
| Подсолнечник | 2000 — 2300 |

Для оценки значения суммы активных температур берутся данные с учетом среднесуточных температур 0°, +5°, +15° и +20°С. Потребность некоторых культур в тепле (сумма активных температур выше 10 °С) представлена в таблице 4.1.

Любые фрукты, овощи или травы, созревание которых зависит от теплой погоды, будут плодоносить только в диапазоне активных температур выше 10 °С, характерных для территории. Повышение температуры воздуха создает теплую почву, подходящую для выращивания овощей теплого сезона. И как видно из данных, представленных в таблице, для созревания яровой пшеницы требуется сумма активных температур выше 10 °С от 1200 — 1700, а подсолнечника – от 2000 — 2300 °С. Для нормального роста и развития подсолнечника необходимой температурой является от +20 до +27 °С. Всходы холодоустойчивы и выдерживают температуру воздуха до -5 °С, но для прорастания нуждаются в почве, прогретой до +8.

На северо-западе, даже модифицированные сорта не успевают созреть и чаще всего используются на корм для животных. Данные о суммах активных или эффективных температурах позволяют рассчитать наиболее подходящие

сроки для начала различных сортов растений в определённой области при условии, что изучена потребность этих растений во тепле [17].

Температуры, выходящие за пределы ежегодно наблюдаемых, могут иметь серьезные последствия для сельскохозяйственных культур, значительно снижая урожайность. Как высокие, так и низкие температуры снижают скорость производства сухого вещества биомассы. По-видимому, растения реагируют на абсолютные, а не на относительные изменения температуры, т. е. существуют прерывистые пороговые реакции на температуру. Это отличается от их реакции, например, на дефицит воды. Здесь существует постоянная и устойчивая взаимосвязь между поглощением воды и производством сухого вещества в широком диапазоне водообеспеченности, потому что потери воды и поглощение CO₂ имеют один и тот же физический путь в листья и из них.

Это означает, что в исследованиях последствий изменения климата необходимо отдельно изучить влияние экстремальных климатических явлений на рост сельскохозяйственных культур. Снижение производительности земли и труда может в конечном итоге привести к снижению производства сельскохозяйственной продукции. Кроме того, использование производственных факторов, таких как химические удобрения, пестициды и обрабатываемые земли, является основным фактором, влияющим на общую продуктивность сельского хозяйства. Изменение климата приводит к росту болезней и вредителей, а также к размножению сорняков, что приводит к увеличению применения пестицидов и гербицидов

В таблице 4.2 представлены данные по среднемесячным температурам во Псковской области.

Таблица 4.2. Среднемесячная температура воздуха, наблюдаемая во Псковской области

| Месяц года | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|------------|-------|------|------|------|------|------|
| Январь | -10,5 | -4,2 | -2,5 | -6,1 | 2,2 | -4,3 |
| Февраль | 0,5 | -3,2 | -8,4 | 0,0 | 1,2 | -7,6 |
| Март | 0,1 | 1,6 | 3,5 | 1,7 | 2,4 | 0,3 |
| Апрель | 6,7 | 3,9 | 7,4 | 7,8 | 4,9 | 5,8 |
| Май | 14,6 | 10,7 | 15,8 | 2,4 | 10,2 | 11,6 |
| Июнь | 16,9 | 13,9 | 16,3 | 19,1 | 19,5 | 20,2 |
| Июль | 18,7 | 16,2 | 20,1 | 16,4 | 17,2 | 22,0 |
| Август | 16,6 | 16,4 | 18,2 | 16,2 | 16,9 | 16,0 |
| Сентябрь | 12,4 | 12,3 | 14,0 | 11,2 | 13,7 | 10,1 |
| Октябрь | 4,1 | 5,3 | 6,3 | 7,3 | 9,1 | 6,6 |
| Ноябрь | -1,3 | 2,0 | 2,0 | 2,8 | 3,5 | 2,5 |
| Декабрь | -0,8 | -0,2 | -2,9 | 1,7 | -0,9 | -6,9 |

Из данных таблицы можно отметить, что самым холодным месяцем для Псковской области является февраль, причем в 2021 году отмечен самые низкие средние температуры для данного месяца - $-9,9$ °С. В марте месяце могут преобладать отрицательные температуры, а в апреле может превышать 5 °С. Только в мае температура воздуха преодолевает 10-градусный рубеж, который означает начало вегетационного периода, а заканчивается в сентябре. В последние годы декабрь может характеризоваться положительными среднемесячными температурами, как, например, в 2017 и 2019 годах.

В таблице 4.3, представлены данные по среднемесячным температурам во Ленинградской области.

Таблица 4.3. Среднемесячная температура воздуха, наблюдаемая во Ленинградской области

| Месяц года | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|------------|-------|------|------|------|------|------|
| Январь | -11,2 | -3,9 | -2,9 | -6,4 | 1,5 | -4,6 |
| Февраль | 0,0 | -3,5 | -7,7 | -0,5 | 0,6 | -9,2 |
| Март | 1,0 | 1,3 | -4,4 | 0,1 | 2,2 | -0,8 |
| Апрель | 6,3 | 2,8 | 6,0 | 7,3 | 4,2 | 5,6 |
| Май | 14,7 | 9,4 | 15,1 | 12,1 | 10,0 | 12,1 |
| Июнь | 16,4 | 13,6 | 16,2 | 18,6 | 19,1 | 21,4 |
| Июль | 19,0 | 16,5 | 20,8 | 16,6 | 17,6 | 23,1 |
| Август | 17,2 | 17,4 | 19,2 | 17,0 | 17,2 | 16,9 |
| Сентябрь | 12,9 | 12,5 | 14,5 | 12,2 | 14,2 | 10,2 |
| Октябрь | 5,0 | 5,6 | 7,3 | 6,1 | 9,1 | 8,0 |
| Ноябрь | -1,8 | 2,3 | 2,8 | 1,9 | 3,9 | 2,2 |
| Декабрь | -1,2 | 0,4 | -3,2 | 1,8 | -0,7 | -7,5 |

Данные таблицы показали схожие тренды изменения среднемесячных температур в Ленинградской области со среднемесячными температурами во Псковской области. Различия по годовым значениям составили 7,02 и 7,07 °С, соответственно для Псковской и Ленинградской областей.

Дата последних заморозков весной и дата первых заморозков осенью знаменуют собой начало и конец вегетационного периода естественного сада. Знание данных дат требуется для планирования начала посева, пересадки и сбора урожая. Для оценки изменения продолжительности вегетационного периода были отобраны данные о дате перехода среднесуточной температуры воздуха выше 5°С весной и осенью Псковской и Ленинградской областей из

ВНИИГМИ-МЦД. На основе этих данных была рассчитана продолжительность вегетационного периода в днях.

На рисунках 4.2 и 4.3 представлены межгодовые среднесуточные температуры воздуха в Ленинградской и Псковской областях в период с 2017 по 2021 год.

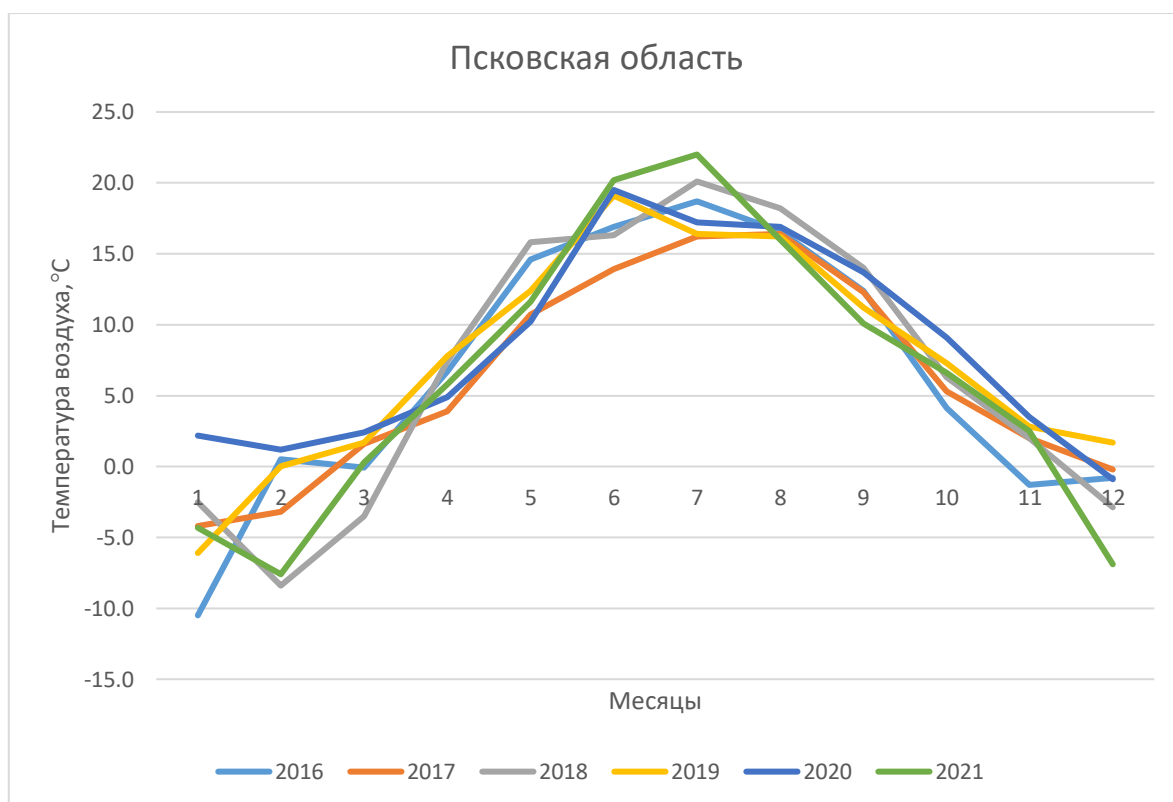


Рисунок 4.2 - Средняя месячная температура воздуха в Псковской области

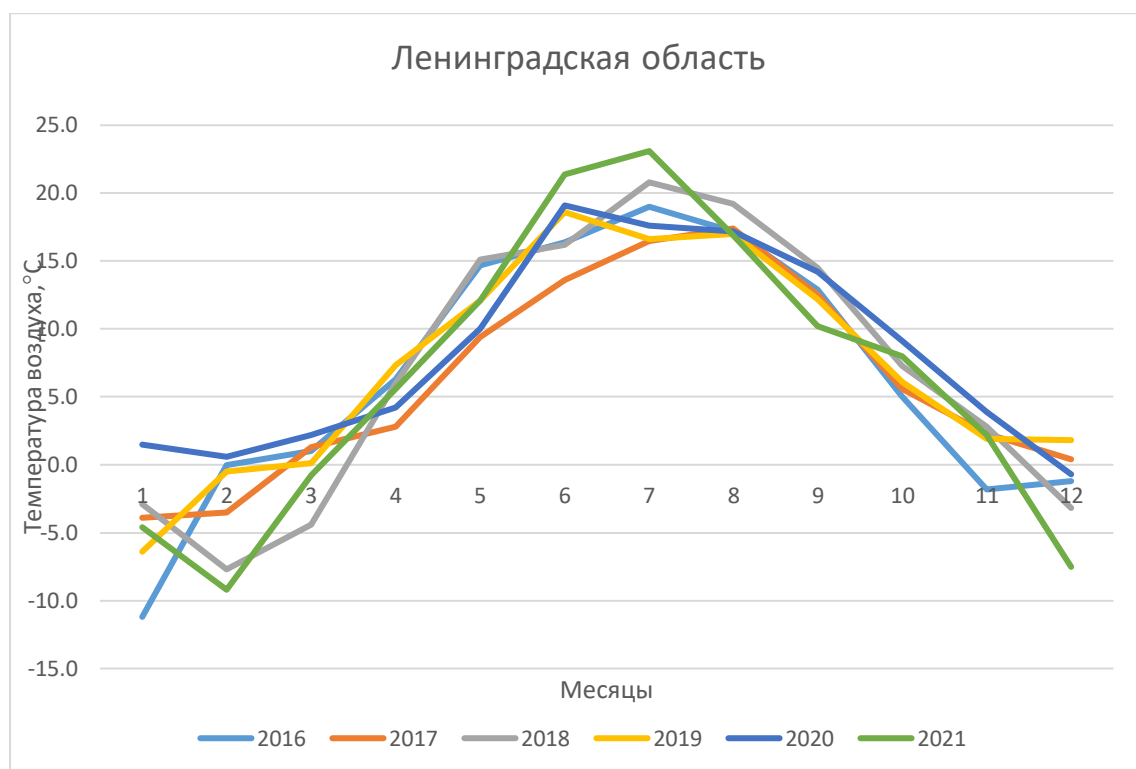


Рисунок 4.3 - Средняя месячная температура воздуха в Ленинградской области

В таблице 4.4, представлена продолжительность вегетационного периода во Псковской и Ленинградской областях с 2016 по 2021 гг.

Таблица 4.4 Продолжительность периода вегетации во Псковской и Ленинградской областях

| Область | Дата начала периода вегетации | Дата конца периода вегетации | Продолжительность вегетации |
|---------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Ленинградская | 24.04.2016 | 10.10.2016 | 170 дней |
| | 13.05.2017 | 20.10.2017 | 161 день |
| | 24.04.2018 | 23.10.2018 | 183 дня |
| | 15.04.2019 | 03.10.2019 | 172 дня |
| | 01.05.2020 | 15.10.2020 | 168 дней |
| | 06.05.2021 | 15.10.2021 | 165 дней |

Продолжение таблицы 4.4

| | | | |
|-----------|------------|------------|----------|
| Псковская | 24.04.2016 | 09.10.2016 | 169 дней |
| | 12.05.2017 | 19.10.2017 | 161 день |
| | 12.04.2018 | 18.10.2018 | 190 дней |
| | 05.05.2019 | 22.09.2019 | 141 день |
| | 01.05.2020 | 15.10.2020 | 168 дней |
| | 06.05.2021 | 07.10.2021 | 155 дней |

Более наглядно данные представлены на рисунке 4.4.

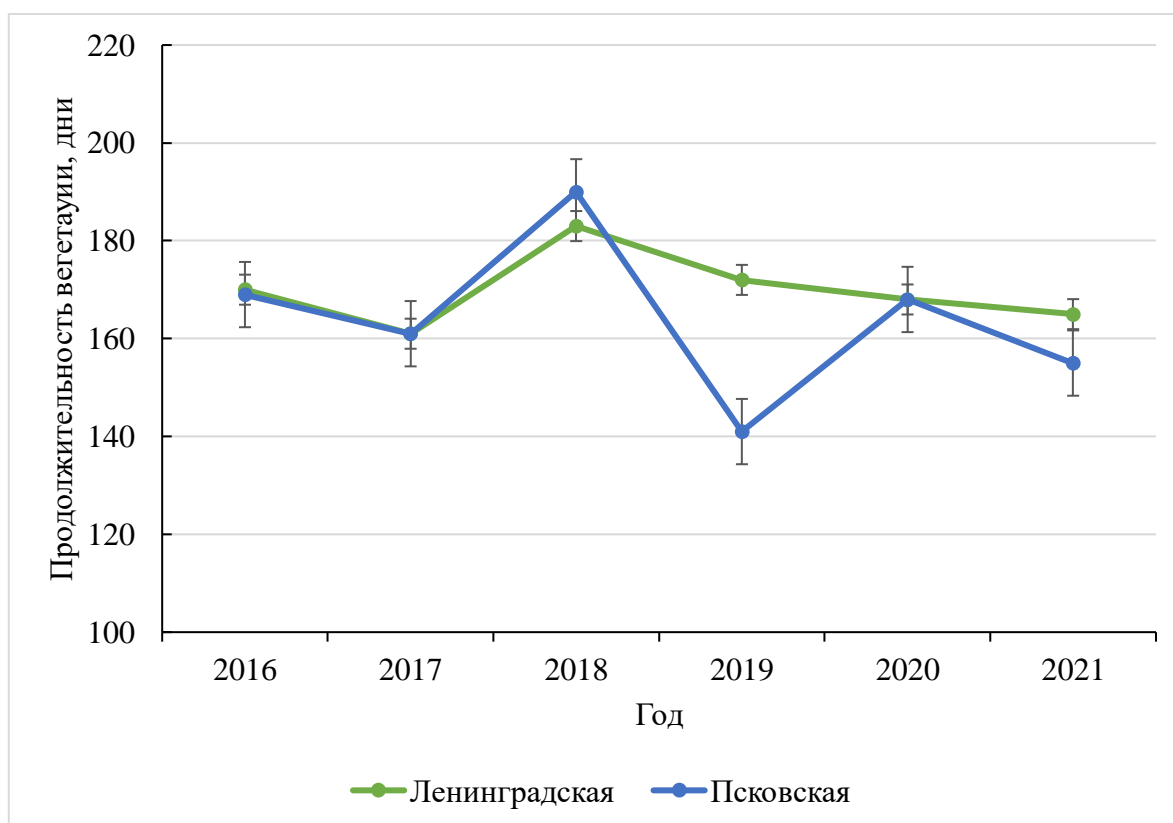


Рисунок 4.4 - Продолжительность периода вегетации во Псковской и Ленинградской областях

Отчетливо видно, что вегетационные периоды сравниваемых областей различаются по годам. Наблюдается варьирование данного показателя, самый продолжительный период вегетации наблюдался в 2018 году, в Псковской

области он длился 190 дней, а в Ленинградской 183 дня. Самый короткий период вегетации был в 2019 году в Псковской области и длился 141 день. В среднем период вегетации в Псковской и Ленинградской областях составляет 168 дней.

Продолжительность вегетационного периода и отдельных фаз роста имеет существенное значение. Растения обладают уникальной способностью расти на протяжении всей своей жизни, благодаря наличию в их теле «меристем». Меристемы имеют клетки, которые могут делиться и саморазмножаться. Это называется «открытой формой роста», потому что новые клетки постоянно добавляются к телу растения клетками меристемы, которые отвечают за «первичный рост растения». Они увеличивают высоту растения. С другой стороны, боковые меристемы увеличивают ширину растения. Это известно, как «вторичный рост растения», ограниченный жесткими календарными сроками. Растения используют сумму эффективных положительных температур для накопления сухой надземной биомассы.

В каждом климатическом регионе желательно высевать несколько сортов, различающихся по длине вегетационного периода и по времени созревания. Такой подход позволяет снизить напряженность в период уборки урожая [29].

Другой важный показатель – сумма активных температур на территории, знание которого позволяет получить информацию о вегетации конкретного вида растений, позволяющий определить, будет ли расти тот или иной вид в данной местности, и как повлияет микроклимат участка на его рост и развитие - биологический минимум температуры, необходимой для развития определённого растения.

Таблица 4.5 Сумма активных температур в Псковской и Ленинградской областях

| Область | Год | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Сумма активных температур |
|---------------|------|-------|-------|-------|--------|----------|---------------------------|
| Ленинградская | 2016 | 455,7 | 492,0 | 589,0 | 533,2 | 387,0 | 2456,9 |
| | 2017 | 291,4 | 408,0 | 511,5 | 539,4 | 375,0 | 2125,3 |
| | 2018 | 468,1 | 486,0 | 644,8 | 595,2 | 435,0 | 2629,1 |
| | 2019 | 375,1 | 558,0 | 514,6 | 527,0 | 366,0 | 2340,7 |
| | 2020 | 310,0 | 573,0 | 545,6 | 533,2 | 426,0 | 2387,8 |
| | 2021 | 375,1 | 642,0 | 716,1 | 523,9 | 306,0 | 2563,1 |
| Псковская | 2016 | 452,6 | 507,0 | 579,7 | 514,6 | 372,0 | 2425,9 |
| | 2017 | 331,7 | 417,0 | 502,2 | 508,4 | 369,0 | 2128,3 |
| | 2018 | 489,8 | 489,0 | 623,1 | 564,2 | 420,0 | 2586,1 |
| | 2019 | 384,4 | 573,0 | 508,4 | 502,2 | 336,0 | 2304,0 |
| | 2020 | 316,2 | 585,0 | 533,2 | 523,9 | 411,0 | 2369,3 |
| | 2021 | 359,6 | 606,0 | 682,0 | 496,0 | 303,0 | 2446,6 |

Зная интервал суммы активных температур, можно ранжировать сорта растений, которые будут гарантировать:

- 2000-2200 очень раннее созревание сортов
- 2200-2500 смогут созреть раннеспелые сорта
- 2500-2700 средний срок созревания сортов
- 2700-2900 позднее созревание сортов
- >2900 очень позднее созревание сортов

Потребность некоторых культур в тепле (сумма активных температур выше 10 °С) для Псковской и Ленинградской областей: яровая пшеница — 1200—1700, в зависимости от сорта; ячмень — 960—1450; овёс — 1000—1600; просо — 1410—1950; гречиха — 1200—1400; картофель — 1200—1800.

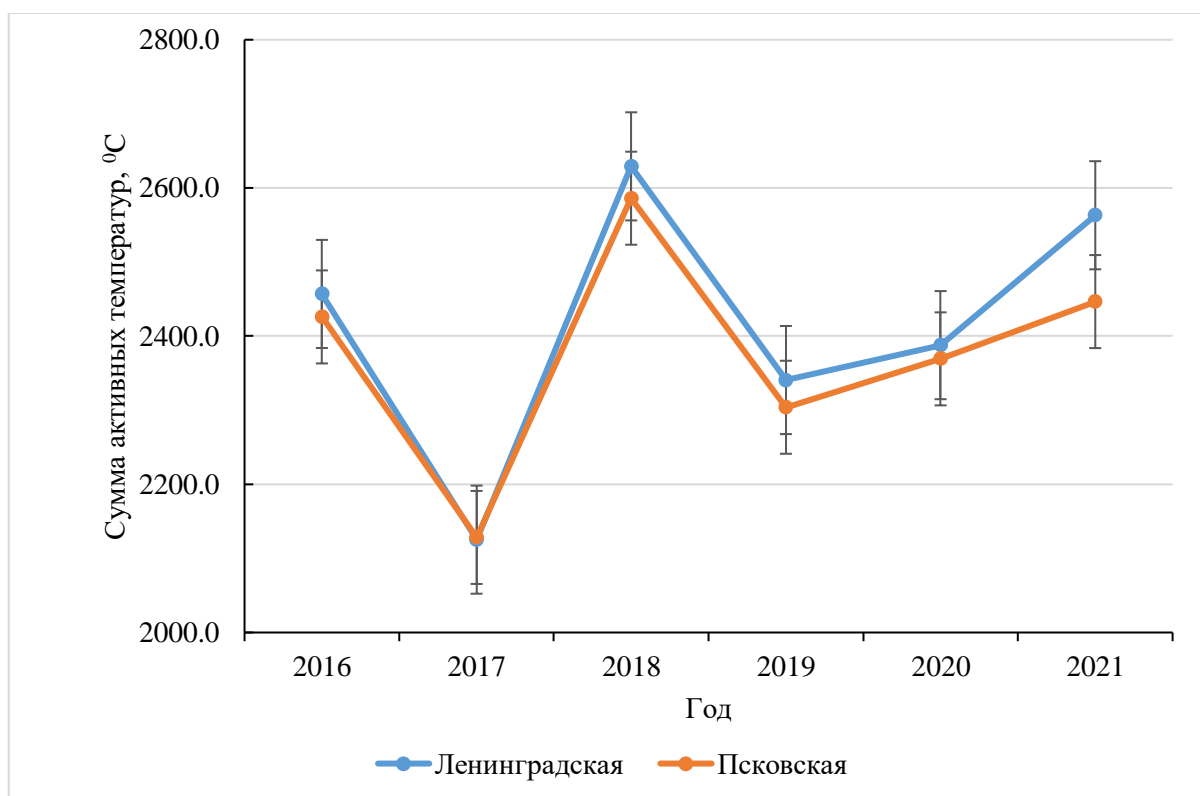


Рисунок 4.5 Суммы активных температур в Ленинградской и Псковской областях

Детальный анализ суммы активных температур воздуха на территории области за последние десятилетия представляется важным и актуальным, особенно в условиях современных тенденций (флуктуаций), характеризующихся ростом приземных температур воздуха. Для сравнительного анализа сумм активных температур во Псковской и Ленинградской областях, была построена диаграмма межгодовой динамики сумм активных температур, представленная на рисунке 3.3. Из рисунка 3.3 видно, что максимальный запас тепла в обеих областях приходится на 2018 год. Самая высокая сумма активных температур в Ленинградской области

составила 2621,1°C и 2586,1°C в Псковской. Минимальный запас тепла в обеих областях наблюдался в 2017 году. Самая низкая сумма активных температур в Ленинградской области составила 2125,3°C и 2128,3°C в Псковской.

Территория по обеспеченности теплом (по Гордееву):

- Мало обеспеченная теплом – менее 1200°C;
- Недостаточно обеспеченная – 1200...1600°C;
- Обеспеченная ниже среднего – 1600...2200°C;
- Среднеобеспеченная – 2200...2800°C;
- Обеспеченная выше среднего – 2800...3400°C;
- Повышено-обеспеченная теплом – более 3400°C.

Результаты исследований показали, что существенные различия по сумме активных температур отсутствовали, но наблюдается тренд увеличения в Ленинградской области, по сравнению со Псковской. Как Псковская, так и Ленинградская территория относятся к обеспеченным ниже среднего с периодическим средним обеспечением.

4.2. Агроклиматические ресурсы влагообеспеченности

Кроме температуры, другим важным компонентом климатического параметра служат осадки в период вегетации. Все культуры нуждаются в воде для роста и получения урожая. Важнейшим источником воды для роста сельскохозяйственных культур являются осадки. Выпадение осадков, а именно интенсивность и продолжительность может быть положительным или отрицательным для выращиваемых культур. Когда осадков недостаточно, можно ожидать гибель растений от засухи, а переизбыток – гибель от переувлажнения. Засуха приводит к уменьшению накопления в растениях органических веществ, как результат - они увядают, засыхают, плоды опадают [41].

В оценочном отчете Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) об экстремальных явлениях подтверждается, что изменение климата вызывает изменения в интенсивности, серьезности и продолжительности экстремальных явлений в виде ливней, потопов или продолжительных засух, и, таким образом, представляет серьезные риски как для людей, так и для окружающей среды.

Засухи трудно предсказать из-за сложности факторов, способствующих их возникновению, но постоянный мониторинг засух необходим. Имеются неопределенности в разграничении понятий исторической засушливости и опустынивания, вызванных климатом, и будущих прогнозов засушливости, поскольку различные методы измерения засушливости не согласуются с историческими или прогнозируемыми изменениями. Тем не менее, тенденции к потеплению над засушливыми землями в два раза превышают среднемировой показатель [46], и прогнозируется, что некоторые засушливые земли умеренного пояса превратятся в субтропические засушливые земли в результате увеличения частоты засух, вызывающих снижение доступности почвенной влаги в вегетационный. Поэтому потепление климата приведет к региональному увеличению пространственной протяженности засушливых земель в сценариях со средним и высоким уровнем выбросов и что эти регионы будут нагреваться быстрее, чем глобальные средние темпы потепления.

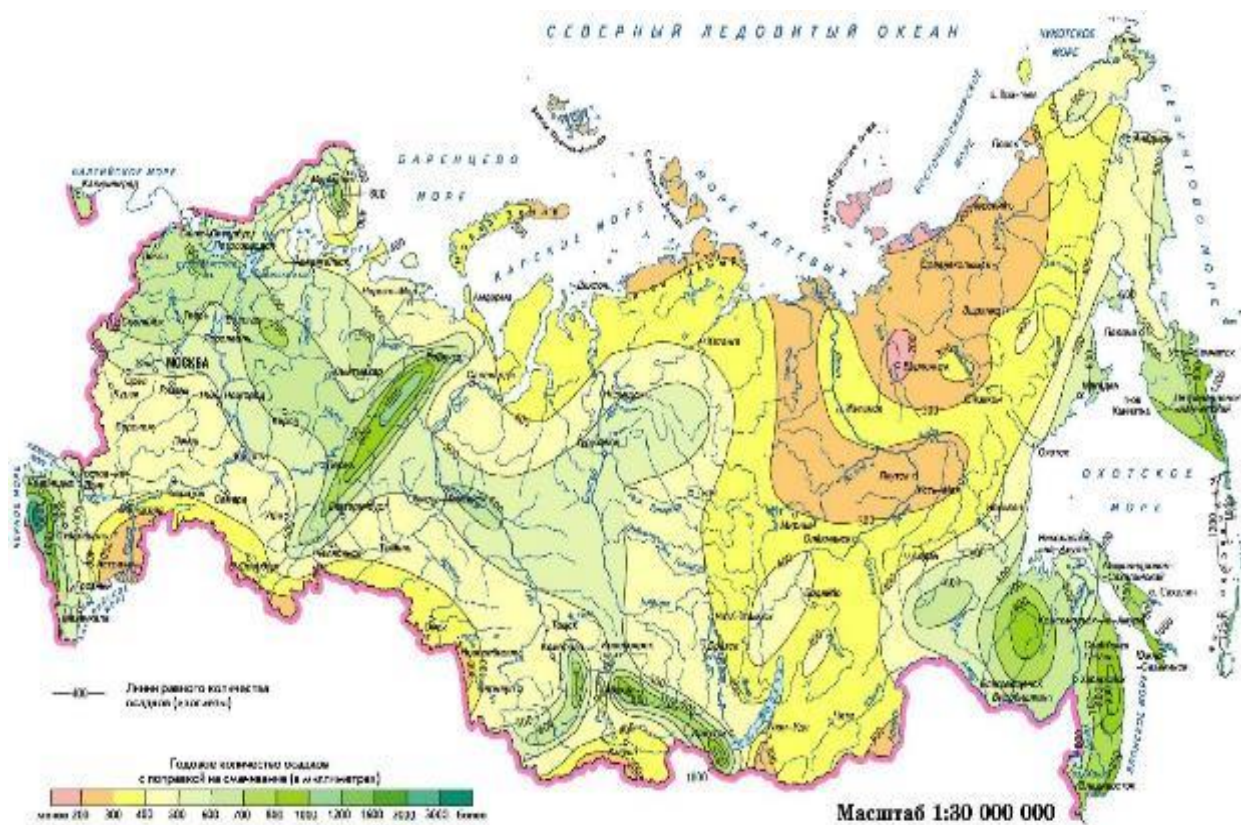


Рисунок 4.6 Карта годового количества осадков в России

Тепловой стресс может не только непосредственно повреждать ткани растений, но также способствовать дефициту влаги в почве и засушливости атмосферы при увеличении автотрофного дыхания. Было высказано предположение, что локальные обратные связи между землей и атмосферой играют решающую роль в этом процессе: по мере высыхания почв температура и атмосферная засушливость еще более повышаются, что может усугубить дефицит воды и тепловой стресс и снизить урожайность. Эти локальные обратные связи между землей и атмосферой обусловлены возникновением специфических крупномасштабных синоптических систем. Сочетание локальных изменений циркуляции вод и крупномасштабных атмосферных циркуляций, таких как Североатлантическое течение, Арктическое течение и восточноазиатский западный воздушный поток, существенно влияют на пространственное распределение осадков. Низкое давление приводит к переносу теплого и влажного воздуха из низкоширотного океана на континент.

Изменение климата может повлиять на интенсивность и частоту осадков. Более теплые океаны увеличивают количество воды, которая испаряется в воздух. Когда воздух, насыщенный влагой, перемещается над землей или сливается в ливневую систему, он может вызывать более интенсивные осадки, например, более сильные дожди и снежные бури. Потенциальные последствия сильных осадков включают повреждение урожая, эрозию почвы и увеличение риск наводнения из-за проливных дождей, что, в свою очередь, может привести к травмам, утоплению и другим связанным с наводнением последствиям для здоровья.

Гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) - показатель увлажнённости территории; установлен советским климатологом Г. Т. Селяниновым. ГТК Селянинова вычисляется следующим образом:

$$ГТК = \frac{\sum P}{0,1 \cdot \sum t}$$

Где $\sum P$ - сумма атмосферных осадков за период с $t \geq 10^\circ\text{C}$; $\sum t$ - сумма температур воздуха за тот же период, $^\circ\text{C}$.

Таблица 4.6 Зоны увлажнения по ГТК Селянинова

| Зона увлажнения | ГТК |
|------------------|-----------|
| Переувлажненная | >1,6 |
| Влажная | 1,5 – 1,6 |
| Умеренно влажная | 1,2-1,5 |
| Засушливая | 0,4 – 1,2 |
| Сухая | <0,4 |

Чтобы проанализировать динамику влагообеспеченности Ленинградской и Псковской области с учетом тенденций изменения климата

были проведены расчеты количества осадков за год, а также за период вегетации. Результаты среднегодовых количеств осадков, выпавших во Псковской и Ленинградской областях представлены на рисунке 4.7.

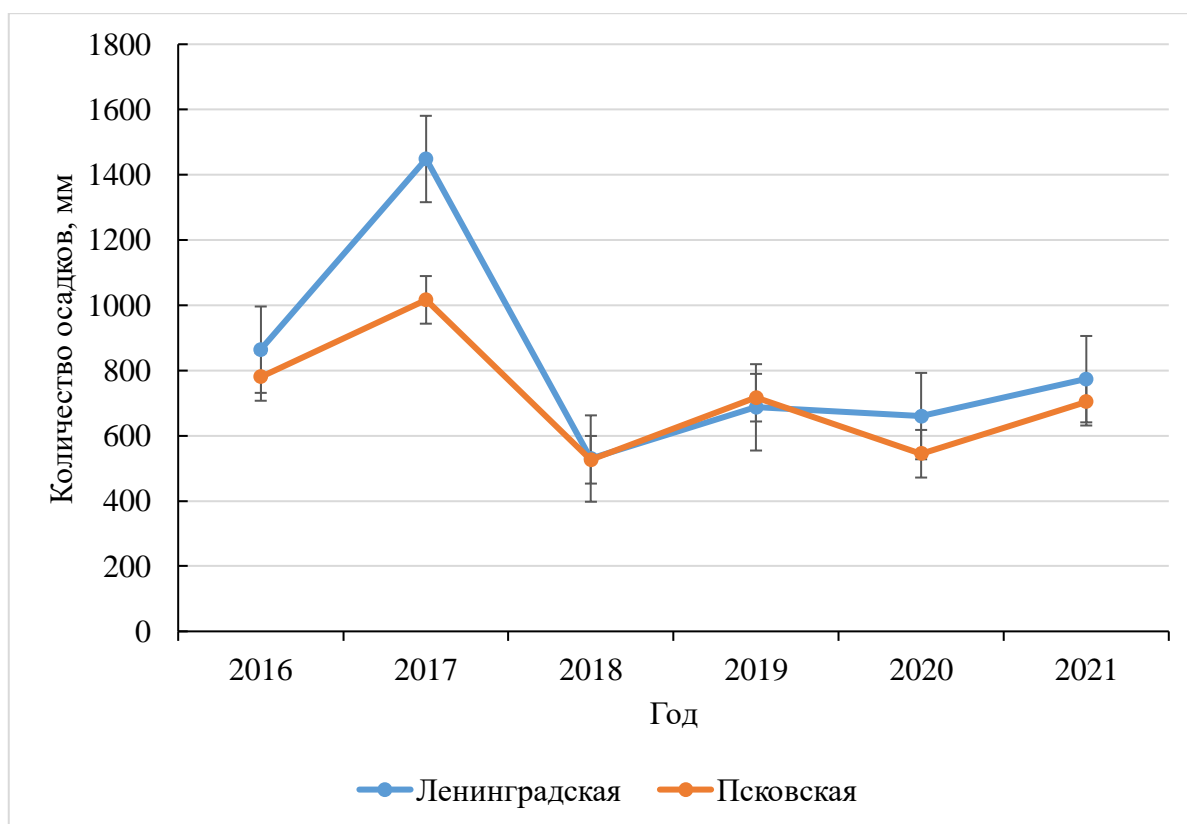


Рисунок 4.7 - Межгодовое количество осадков во Псковской и Ленинградской областях с 2016 по 2021 гг

Изучено межгодовое распределение выпадения осадков на территориях Псковской и ленинградской областей. Результаты исследования показали, что не смотря на соседство двух областей Северо-западного региона, наблюдаются года, как, например, 2017 год, когда Ленинградской области выпало существенно большее количество осадков, чем во Псковской, в среднем, в 1,4 раза. Но в другие исследуемые годы данной разницы не наблюдалось, с общим трендом возрастания количества данного показателя в Ленинградской области. Возможно, сказывается расположение этой области на берегу крупных водных объектов, а именно – Финского залива и Ладожского озера.

Результаты 6-летнего исследования показали, что среднее годовое количество влаги во Псковской области составляет до 715 мм, что на 115 мм выше среднегодовых значений 10-летней давности. А в Ленинградской области в среднем за последние 6 лет выпало до 815 мм, соответственно превысив значения в 100 мм.

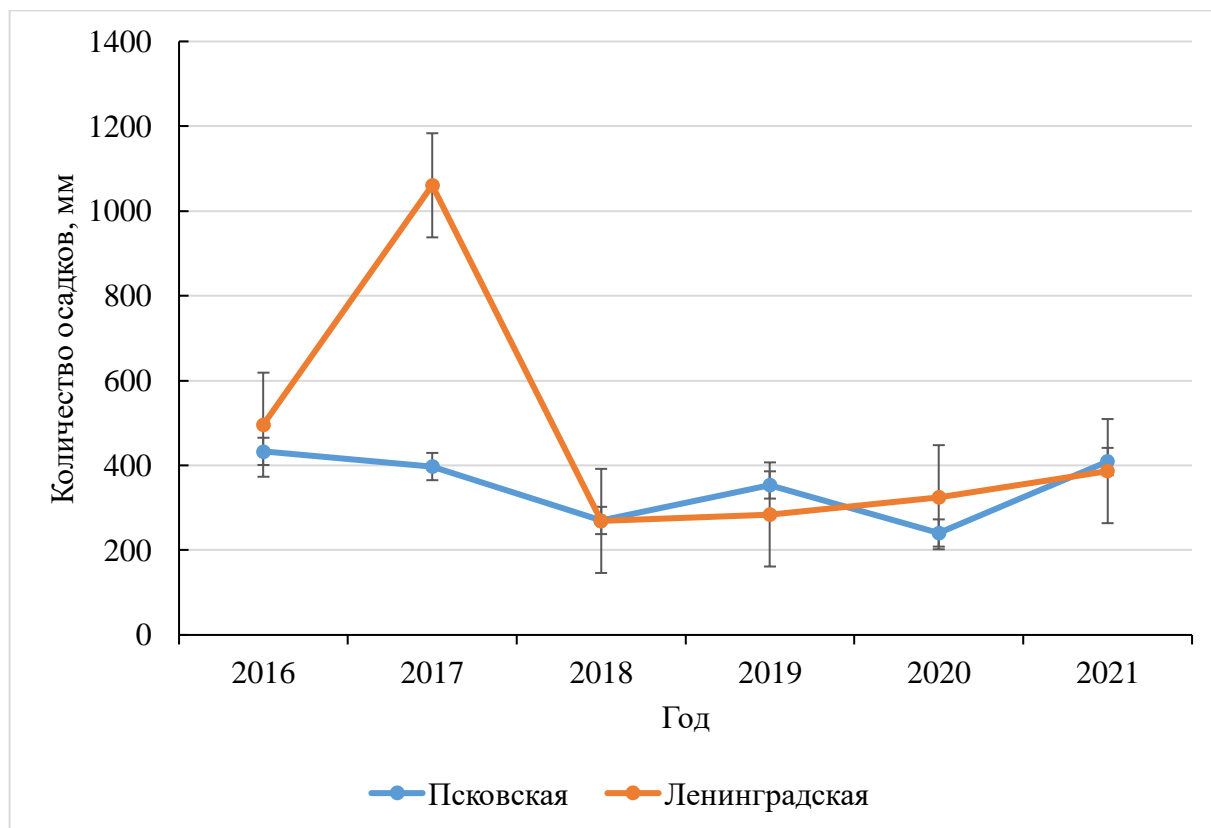


Рисунок 4.8 - Суммы осадков в период вегетации в изучаемых областях

Данный график удостоверяет, что больше половины осадков во Псковской и Ленинградской областях выпадает в летне-осенний период, из них на май-июнь приходится только около 100 мм, когда влага необходима для прорастания растений. По аналогии с годовым распределением осадков в изучаемых областях, наблюдается тренд увеличения осадков в период вегетации в Ленинградской области по сравнению со Псковской. Существенные различия наблюдались в том же 2017 году, когда в ЛО выпало в 2,7 раза осадков по сравнению со Псковской.

Таблица 4.7 Градации влагообеспеченности в Ленинградской и Псковской областях по ГТК Селянинова в вегетационный период с 2016 по 2021гг.

| Область | Год | ГТК | Зона увлажнения |
|---------------|------|-----|------------------|
| Ленинградская | 2016 | 2,0 | Переувлажненная |
| | 2017 | 5,0 | Переувлажненная |
| | 2018 | 1,0 | Засушливая |
| | 2019 | 1,2 | Умеренно влажная |
| | 2020 | 1,4 | Умеренно влажная |
| | 2021 | 1,5 | Влажная |
| Псковская | 2016 | 1,8 | Переувлажненная |
| | 2017 | 1,9 | Переувлажненная |
| | 2018 | 1,0 | Засушливая |
| | 2019 | 1,5 | Влажная |
| | 2020 | 1,0 | Засушливая |
| | 2021 | 1,7 | Переувлажненная |

В течение вегетационного периода неизменным условием получения высокого урожая является их влагообеспеченность.

Для расчета гидротермического коэффициента Селянинова использовались суммы осадков за месяц и суммы активных температур ($t > 10^\circ$) за месяц, рассчитывался коэффициент для периода с мая по август. Расчет влагообеспеченности по изучаемым областям в вегетационные периоды с 2016 по 2021 годы представлены в таблице 4.6.

Результаты периода исследований показали, что наблюдалось значительное варьирование увлажненности территорий по годам – от засушливых в 2018 году и в 2020 году во Псковской области, до влажных и

переувлажненных. Самое большое значение ГТК было установлено в 2017 году в ЛЮ, которое составило 5, что свидетельствовало о переувлажненном годе. Такой ГТК в ЛЮ наблюдался не единожды, например, в 2000, 2007 годах он варьировал до 4,9 и 5,2. Конечно, в условиях большой влажности почвы и воздуха растения развиваются по-разному. При внезапной смене влажной погоды на сухую корни не обеспечивают получения достаточного количества воды из более глубоких слоев почвы и растения страдают от недостатка влаги, что приводит в дальнейшем к их полеганию. Такая влажность в период цветения препятствует нормальному опылению растений, а в период созревания – подсыханию зерна. Переизбыток влаги может приводить к возникновению и распространению грибковых заболеваний.

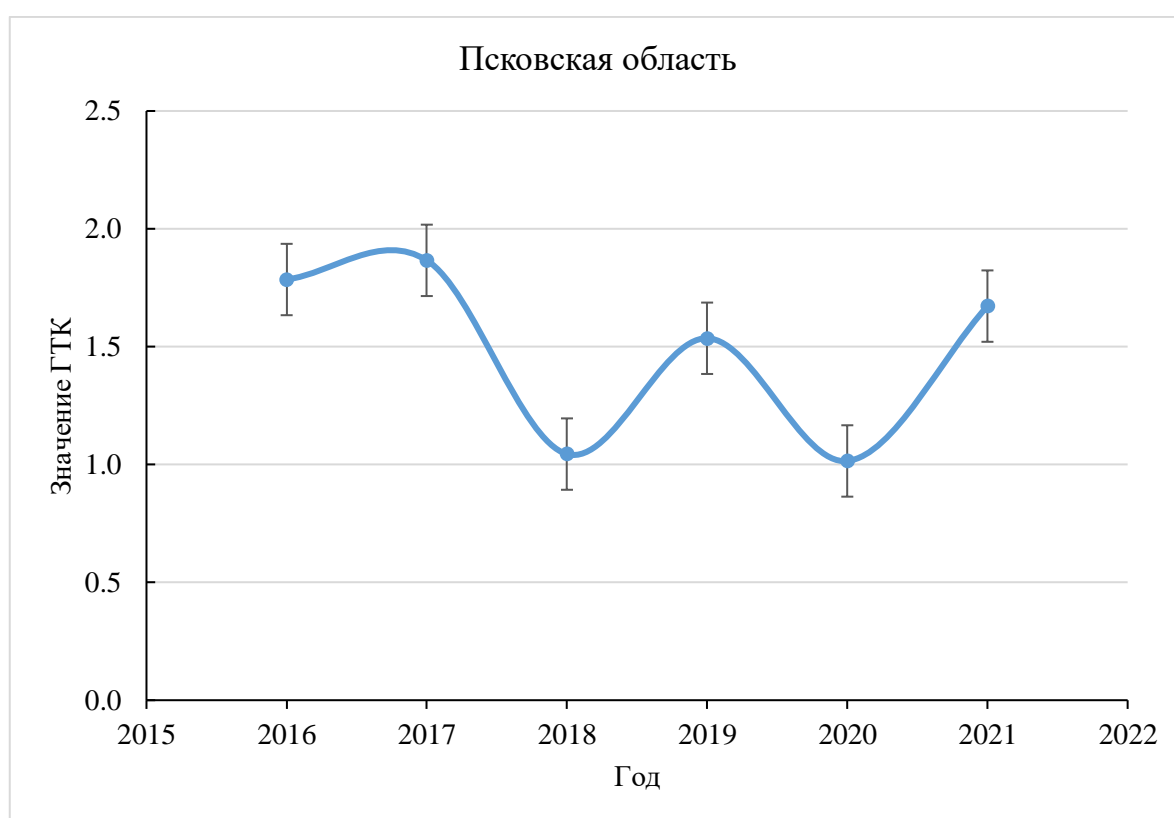


Рисунок 4.9 - Годовые значения ГТК в Псковской области

Колебания ГТК показали, что из 6-ти изученных лет во Псковской области в большей степени преобладали переувлажненные условия над засушливыми.



Рисунок 4.10 - Годовые значения ГТК в Ленинградской области

На следующем рисунке представлены данные по годовым значениям ГТК в ЛО. В данной области не выявлено преобладание условий, отмечено два года переувлажненных, два года умеренно-влажных и по одному году засушливому и влажному. По полученным данным в Ленинградской области переувлажненными оказались: 2016 и 2017; умеренно влажными: 2019 и 2020, засушливый период был в 2018 и влажный в 2021. В Псковской области переувлажненный период отмечался в 2016, 2017 и 2021; засушливый в 2018 и 2020, а влажный в 2019. Таким образом, обнаружена общая тенденция к повсеместному увеличению условий увлажнения в изучаемых областях за последние 6 лет, с трендом их возрастания в Ленинградской области.

4.3 Опасные метеорологические явления

Реакция растений на погоду тесно связана с сопряженными агрометеорологическими и биологическими показателями. Особенное внимание при этом уделяется неблагоприятным для сельского хозяйства

погодным явлениям, в число которых входят заморозки, засухи, суховеи, пыльные бури, град, сильные, ливни, туманы, сильные морозы, ледяные корки, малоснежье, многоснежье и др.

Опасность и стихийное бедствие можно ранжировать по критериям воздействия. Отношение затем между опасностью и ее вероятностью можно использовать для определения общего уровня риска. Риск иногда воспринимается как синонимом опасности, но риск имеет дополнительное значение статистической вероятности столкнуться с конкретной опасностью. Опасность лучше всего рассматривать как естественное происходящий или спровоцированный человеком процесс или событие, которое потенциально может привести к потерям (т. е. общий источник будущей опасности). Риск — это фактическое воздействие чего-либо, представляющего человеческую ценность, на опасность и часто измеряется как произведение вероятности и потери.

Заморозок относится к опасным агрометеорологическим явлениям, возникающим на фоне положительных среднесуточных температур в период начала вегетации - понижение температуры почвы и растений ночью до 0° и ниже вследствие эффективного излучения, в то время как в воздухе, по крайней мере на высоте 2 м (в метеорологической будке), температура остается выше 0° .

По степени преобладания этих явлений выделяют три типа процесса возникновения:

- Адвективные заморозки - характеризуются поступлением массы холодного воздуха, температура которого ниже 0°C . Ветер является важным параметром в этом типе мороза, так как он не характеризуется термической инверсией (т.е. температура снижается с увеличением высоты). Обычно он превышает 15 км/ч.

- Радиационные заморозки - вызываются стратификацией воздуха, при которой нижние слои холоднее, а верхние теплее (тепловая инверсия). Это связано с потерей земным теплом излучения в ночное время. Этот тип инея

возникает в условиях штиля или слабого ветра, так как отсутствие ветра препятствует смешению этих слоев, а также при ясном небе, допускающем большую потерю тепла с поверхности земли. Потери тепла больше, когда ночи становятся длиннее, а влажность воздуха ниже. Области накопления влаги и покрытые почвы благоприятствуют этому типу заморозков. Однако крыша может действовать как изолятор, предотвращая потерю тепла из земли, если ее контролировать.

- Смешанного типа при одновременном воздействии обоих факторов.

Радиационные заморозки возникают вследствие выхолаживания поверхности почвы. Радиационные заморозки характеризуются ясным небом и сухим воздухом. Часто день теплый и приятный, когда светит солнце. В течение дня земля поглощает солнечное тепло и нагревается. Ночью земля излучает это тепло обратно в небо. Слой облаков может удерживать тепло, поглощая это излучение ночью и переизлучая его обратно на поверхность. Ясное ночное небо позволяет этой тепловой энергии улетучиваться в открытое небо. Когда земля остывает, она охлаждает слой воздуха над ней. Отсутствие ветра препятствует перемешиванию атмосферы, так что земля может охлаждать все более и более толстый слой до более низких и более низких температур. Температура у земли может быть очень низкой.

Влияние низких температур на сельскохозяйственные культуры будет различным. В некоторых случаях это приведет к полной гибели пораженных частей растения. Например, замороженные цветы яблони не дадут плодов. В то же время замороженный картофель весной выживет, но случится частичная потеря урожая и качества клубней, снизится срок хранения такого картофеля, а ускорится порча здоровых клубней.

Многие заморозки, вызывающие проблемы в ЛО и Псковской области, связаны с радиационными заморозками. Эти заморозки могут произойти зимой или весной. Радиационные заморозки часто следуют за прохождением холодного фронта, предшествующего массе прохладного сухого воздуха.

Наступает штормовой период, когда проходит холодный фронт, за которым следует прояснение и слабый ветер. Ночью земля охлаждается излучением неба. Холодная земля охлаждает воздух у самой земли. Этот слой холодного воздуха становится все толще и толще, и возникает температурный градиент между холодным воздухом у земли и более теплым воздухом над ней.

Более холодный воздух плотнее и тяжелее теплого воздуха, поэтому он медленно течет вниз по склону и заполняет низинные участки, известные как морозные карманы. Дренаж воздуха — это движение этого холодного воздуха вниз по склону. Движение холодного воздуха вниз по склону происходит медленно, и часто для начала потока требуется большая масса холодного воздуха.

Понижение температуры ниже 0 °С является одним из самых опасных погодных условий для растений в вегетационный период. Угроза заморозков сельскохозяйственным культурам возникает особенно на стадии их всходов и цветения, а у некоторых видов также на стадии созревания. Весеннее повышение температуры воздуха вызывает начало онтогенетического развития. Вначале содержание воды в почках увеличивается, и, как следствие, происходят первые видимые изменения. Начиная с этой стадии развития устойчивость почек к холоду постоянно снижается. Заморозки до начала цветения могут привести к повреждению цветочных почек, но ущерб еще больше в период цветения, когда заморозки могут привести к полной потере урожая.

На юго-западе Псковской области, расположенные выше на холмах с хорошим дренажем воздуха, часто могут избегать холода, который повреждает более низкие районы или районы, где скапливается холодный воздух.

На возникновение и развитие заморозка влияют метеорологические факторы динамического характера, климатические факторам местного происхождения способствуют метеофакторы локального влияния.

Для того, чтобы исследовать изменения количества заморозков были использованы данные температуры воздуха Псковской и Ленинградской областей из ВНИИГМИ-МЦД за период с 2016 - 2021 год.

Таблица 4.7 Дата последнего весеннего и первого осеннего заморозка с 2016 по 2021 гг.

| Область | Дата заморозка | | Продолжительность периода без заморозков (дни) |
|---------------|-------------------|-------------------|--|
| | Последнего весной | Последнего осенью | |
| Ленинградская | 22.04.2016 | 18.10.2016 | 180 |
| | 14.05.2017 | 20.10.2017 | 160 |
| | 24.04.2018 | 04.10.2018 | 164 |
| | 30.04.2019 | 05.10.2019 | 159 |
| | 01.05.2020 | 20.10.2020 | 173 |
| | 30.04.2021 | 19.10.2021 | 173 |
| Псковская | 29.04.2016 | 12.10.2016 | 166 |
| | 17.05.2017 | 20.10.2017 | 156 |
| | 23.04.2018 | 05.10.2018 | 165 |
| | 09.05.2019 | 23.09.2019 | 137 |
| | 23.05.2020 | 18.10.2020 | 148 |
| | 09.05.2021 | 08.10.2021 | 152 |

Безморозный период — период года от средней даты последнего весеннего заморозка до средней даты первого осеннего заморозка. Результаты исследования показали, что длительность безморозного периода практически совпадает с вегетационным периодом (корреляция при $p < 0,05$ составляет 0,57). Чаще всего в ЛО и Псковской области пытаются высаживать культуры

и сеять семена в начале мая, но это может привести к отрицательным последствиям, т.к. видно из таблицы 3.7, самой поздней датой наступления заморозков может быть отмечено в середине мая (на примере 14.05.2017) в Ленинградской области, а также и в последней декаде мая, например, 23.05.2020 в Псковской области. Наблюдения показывают, что чем длиннее безморозный период, тем длиннее вегетационный.

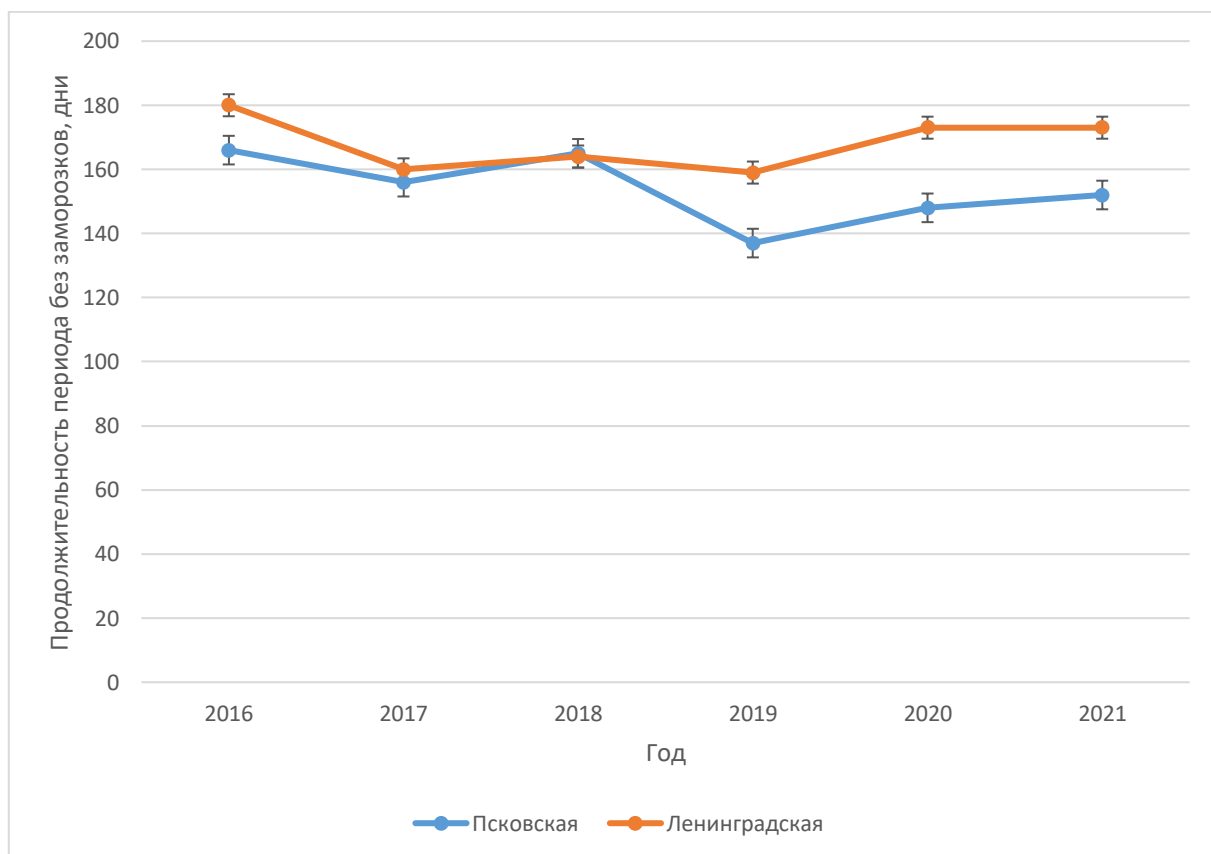


Рисунок 4.11 Продолжительность периода без заморозков Псковской и Ленинградской областях

Продолжительность безморозного сезона (и соответствующего вегетационного периода) является основным фактором, определяющим типы растений и сельскохозяйственных культур, которые хорошо себя чувствуют в конкретном регионе. Продолжительность безморозного сезона постепенно увеличивается с 1980-х гг. С 1991-2021 гг. средний безморозный период стал примерно на 10 дней длиннее, чем в начале XX века. Эти наблюдаемые изменения климата нашли отражение в изменениях в биосфере, в том числе в

повышении продуктивности лесов, а также в спутниковых оценках продолжительности вегетационного периода.

Таблица 4.8. Сравнительная характеристика продолжительности вегетационного периода и безморозного периода в Ленинградской области и Псковской областях

| Область | Год | Продолжительность вегетации (дни) | Продолжительность безморозного периода (дни) |
|---------------|------|-----------------------------------|--|
| Ленинградская | 2016 | 170 | 180 |
| | 2017 | 161 | 160 |
| | 2018 | 183 | 164 |
| | 2019 | 172 | 159 |
| | 2020 | 168 | 173 |
| | 2021 | 165 | 173 |
| Псковская | 2016 | 169 | 166 |
| | 2017 | 161 | 156 |
| | 2018 | 190 | 165 |
| | 2019 | 141 | 137 |
| | 2020 | 168 | 148 |
| | 2021 | 155 | 152 |

Более длительный вегетационный период обеспечивает более длительный период роста и продуктивности растений и может замедлить увеличение концентрации CO₂ в атмосфере за счет увеличения поглощения CO₂ живыми существами и окружающей их средой. В некоторых случаях, когда влажность ограничена, большее испарение и потеря влаги из-за транспирации растений (выделение воды из листьев растений), связанное с более длительным вегетационным периодом, может означать меньшую продуктивность из-за повышенного высыхания и более ранних и более продолжительных сезонов пожаров.

5. ОЦЕНКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРОДУКТИВНОСТИ ПСКОВСКОЙ И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

5.1. Биоклиматический потенциал

Биологическую продуктивность земли, которую определяют на конкретно взятой территории, называют биоклиматическим потенциалом. Это комплексный показатель, и он характеризует общую потенциальную продуктивность земли при влиянии на нее таких важных климатических факторов, как температура, увлажненность и инсоляция.

Расчет значений биоклиматического потенциала (суммарной сухой массы, синтезируемой за теплый период года) начинается с даты перехода температуры воздуха через 5°C весной и продолжается до достижения посевом стандартного состояния. Затем посев «скашивается», после чего на следующие сутки рост продолжается вплоть до достижения очередного стандартного состояния или снижения температуры воздуха ниже 5°C осенью. Для расчета биоклиматического потенциала использовались суммы осадков за период май-август, суммы дефицитов насыщения воздуха за этот же период, а также суммы активных температур ($t > 10^{\circ}\text{C}$) за вегетационный период и средние многолетние значения этих температур.

Д.И. Шашко предложил рассчитывать БКП по формуле:

$$\text{БКП} = K_p(\sum t > 10^{\circ}\text{C} / 1000)$$

K_p – коэффициент роста, зависящий от коэффициента годового увлажнения (КУ) и определяемый как отношение фактической урожайности к величине урожая при оптимальных условиях увлажнения

1000 °C - сумма активных температур на северной границе полевого земледелия

$\sum t > 10^{\circ}\text{C}$ - сумма температур, характеризующая теплообеспеченность территории

Для того, чтобы рассчитать K_p , нужны данные по фактической и потенциально-возможной урожайности культур, выращиваемых на исследуемых территориях. Урожайность - определяется как количество растениеводческой продукции, получаемой с единицы площади. И рассчитывают в центнерах с гектара (ц/га), а в теплично-парниковом производстве в кг с 1 м^2 .

Потенциальная урожайность – это максимальное количество продукции, получаемое с 1 га земли при полной реализации продуктивных возможностей сельхоз культуры и сорта. Чтобы определить рациональный состав земледельческих отраслей и агрохозяйства, используют показатель потенциальной урожайности.

Плановая – количество продукции, полученное с 1 га в конкретных хозяйственных условиях. Определяется до посева сорта и оценивается с учетом возможностей сорта, качества почвы, уровня урожайности, техническим обеспечением хозяйства и минеральными удобрениями.

Урожайность на корню (биологическая урожайность) – количество выращенной продукции, выборочно установленное или установлено глазомерно-оценочным методом, также может быть использовано методом взятия проб (до уборки урожая) или расчетно-балансовым (после уборки урожая) по данным о фактическом намолоте и потерях в процессе сбора. Для изыскания резервов снижения потерь урожая во время проведения экономического анализа, используют показатель биологической урожайности.

Фактический сбор – показатель урожайности, который определяется по оприходованному или чистому (после обработки) весу выращенной продукции на 1 га посевных площадей.

Под урожайностью в расчете на 1 гектар земельной площади государства обычно подразумевается средний размер той или иного вида продукции растениеводства с единицу посевной территории данной культуры (обычно центнеры).

Для некоторых сельскохозяйственных культур значение имеет чистый

сбор с 1 га весенней продуктивной площади, поскольку в зависимости от состояния озимых и яровых зерновых может быть наложено ранняя или поздняя гибель семян, обуславливающая за собой потерю соответствующего количества семян.

Таблица 5.1 Средняя урожайность зерновых и зернобобовых культур*, центнеров с одного гектара убранной площади

| Регион | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Ленинградская область | 32,6 | 33,1 | 33,9 | 32,1 | 37,8 | 32,2 |
| Псковская область | 28,4 | 29,9 | 32,5 | 31,1 | 32,3 | 34,6 |
| Российская Федерация (С-З регион) | 26,8 | 30,1 | 31,5 | 31,4 | 31,9 | 32,2 |

*Зерновые и зернобобовые культуры: пшеница; рожь; ячмень; овес; зернобобовые культуры.

По данным таблицы, в Ленинградской (2020) и Псковской (2018,2021) ярко выражен рост урожайности зерновых и зернобобовых культур. Также в Ленинградской области прослеживается тенденция то роста, то снижения производства продукции. В Псковской области прослеживается тенденция к росту.

Таблица 5.2 Средняя урожайность ярового ячменя, ц/га

| Регион | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
| Ленинградская область | 22,1 | 26,2 | 21,6 | 24,0 | 23,4 | 18,7 |

Продолжение таблицы 5.2

| | | | | | | |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Псковская область | 23,4 | 25,9 | 20,4 | 23,4 | 24,2 | 19,4 |
| Российская Федерация (С-З регион) | 25,0 | 28,3 | 23,2 | 25,9 | 26,0 | 21,3 |

По данным таблицы, за последние анализируемые года урожайность ярового ячменя снизилась на 3,4 ц/га в Ленинградской и на 4,0 ц/га в Псковской областях.

Максимально точное определение величины биоклиматического потенциала для зоны исследований дает возможность повысить устойчивость производства зерновых злаков, с наименьшими затратами обеспечить рост ее урожайности и улучшить качество зерна. В работе изучался урожай ячменя в Псковской и Ленинградской областях и сравнивался со средними значениями по Северо-Западному региону Российской Федерации.

Таблица 5.3 Коэффициент роста в Псковской и Ленинградской области

| Регион | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Ленинградская область | 0,68 | 0,79 | 0,64 | 0,75 | 0,62 | 0,58 |
| Псковская область | 0,82 | 0,87 | 0,63 | 0,75 | 0,75 | 0,56 |
| Российская Федерация (С-З регион) | 0,93 | 0,94 | 0,74 | 0,82 | 0,82 | 0,66 |

Расчет БПК для Псковской и Ленинградской областей представлен в таблице 5.4.

Таблица 5.4 БПК Псковской и Ленинградской областей за 2016-2021 годы

| Регион | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Ленинградская область | 1,44 | 2,08 | 1,49 | 1,79 | 1,59 | 1,41 |
| Псковская область | 2,00 | 1,84 | 1,62 | 1,73 | 1,78 | 1,37 |
| Российская Федерация (С-З регион) | 2,12 | 2,24 | 1,81 | 1,93 | 2,01 | 1,61 |

Результаты исследования показали, что в среднем, как по Северо-Западному региону в целом, так и по изучаемым областям наблюдалось снижение биоклиматического потенциала в период с 2026 по 2021 год. Отмечены периоды с пониженной биологической продуктивностью в Ленинградской области в 2016, 2018, 2020 и 2021 годах. В 2017 году, когда в области наблюдалось высокое выпадение осадков, и в 2019 году, были достигнуты значения средней биологической продуктивности ячменя. Во Псковской области средняя биологическая продуктивность ячменя была средней в до 2021 года, когда данный показатель снизился до 1,37 и характеризовался как год с пониженной биологической продуктивностью. Если сравнивать со средними показателями БКП по Северо-Западному региону, то по ЛО и по Псковской области он выше и относится к средней биологической продуктивности.

Потенциал ячменя используется в Ленинградской области в среднем только на 58%, а в благоприятные годы до 64%, во Псковской области – на 56%, а в благоприятные годы на 84%. Сопоставление природных факторов с фактической урожайностью демонстрирует возможность дальнейшего совершенствования растений ячменя для увеличения использования возможностей климата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В условиях изменяющегося климата сельскохозяйственное производство в мире и в Российской Федерации изыскивает потенциальные способы изменения управления данной отраслью, чтобы справиться с прогнозируемыми климатическими изменениями:

1.1. Подбор сортов и видов, подходящих по тепловой обеспеченности территории и их повышенной устойчивости к стрессу во время засухи, заморозков, переувлажнения, изменения норм внесения удобрений с поддержанием качества зерна или плодов в соответствии с преобладающим климатом.

1.2. Более широкое использование технологий по сохранению влаги в почве, эффективное использование и транспортировка воды на те территории, где уменьшается количество осадков.

1.3. Управление водными ресурсами для предотвращения заболачивания, эрозии и выщелачивания питательных веществ при увеличении выпадения количества осадков.

1.4. Изменение времени посевных работ. Диверсификация доходов за счет изменения интеграции с другими видами сельскохозяйственной деятельности, такими как животноводство.

1.5. Повышение эффективности методов борьбы с вредителями, болезнями, сорняками, патогенами, подбор сортов и видов, устойчивых к вредителям и болезням.

1.6. Использование программ климатического прогнозирования для снижения производственного риска.

2. В работе рассматривались агроклиматические условия на территории Ленинградской и Псковской областей при современных изменениях климата. Был проведен анализ изменения дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через заданные температурные интервалы; исследовались межгодовые изменения

продолжительности вегетационного периода и выполнен анализ изменения сумм активных и эффективных температур воздуха за вегетационный период.

- 2.1. За последние 6 лет средний вегетационный период в Ленинградской области составлял 169 дней, а в Псковской области – 164 дня.
- 2.2. Продолжительность безморозного периода в Ленинградской области на 14 дней длиннее, чем во Псковской области
- 2.3. С 2016 по 2021 год теплообеспеченность вегетационного периода в Ленинградской области варьировал от 2629 до 2153 °С, а в Псковской области – от 2128 до 2586 °С, что соответствовало зонам обеспеченным ниже среднего и среднего обеспечения теплом.
- 2.4. По градации влагообеспеченности в Ленинградской и Псковской областях по ГТК Селянинова с 2016 по 2021гг. наблюдалось значительное варьирование – от засушливых в 2018 году и в 2020 году во Псковской области, до влажных и переувлажненных. Самое большое значение ГТК было установлено в 2017 году в ЛО, которое составило 5, что свидетельствовало о переувлажненном годе.

3. Выполнен временной анализ биоклиматического потенциала исследуемых областей.

- 3.1. С 2016 по 2021 годы средняя урожайность ярового ячменя снизилась на 3,4 ц/га в Ленинградской и на 4,0 ц/га в Псковской областях.
- 3.2. Результаты исследования показали, что в среднем, как по Северо-Западному региону в целом, так и по изучаемым областям наблюдалось снижение биоклиматического потенциала в период с 2026 по 2021 год. Отмечены периоды с пониженной биологической продуктивностью в Ленинградской области в 2016, 2018, 2020 и 2021 годах. В 2017 году, когда в области наблюдалось

высокое выпадение осадков, и в 2019 году, были достигнуты значения средней биологической продуктивности ячменя. Во Псковской области средняя биологическая продуктивность ячменя была средней до 2021 года, когда данный показатель снизился до 1,37 и характеризовался как год с пониженной биологической продуктивностью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абашина Е., Алексахин Р.М., Анисимова Г., Барабанов А.Т., Барталев С.А., Благовещенская Г.Г., Вильфанд Р.М. и др. Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России. М.: Российская академия сельскохозяйственных наук, 2009. 518 с.
2. Буздалов И.Н. Научные основы и направления модернизационной стратегии аграрной политики // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2014. № 3 (20). С. 2-8.
3. Васильцов В.С., Яшалова Н.Н., Яковлева Е.Н., Харламов А.В. Национальная климатическая политика: концептуальные основы и проблемы адаптации // Экономика региона. 2021. т. 17, вып. 4. С. 1123-1136.
4. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. С. 551–587.
5. Гледко Ю.А. Общее земледование // Минск: Вышэйшая школа, 2015.320 с.
6. Гордеев А. В., Клещенко А. Д., Черняков Б. А., Сиротенко О. Д. Биоклиматический потенциал России: теория и практика // М., КМК, 2006. — ISBN 5-87317-304-4 — 512 с.
7. Грингоф И.Г., Фёдорова З.С. и др. Практикум по агрометеорологии. Часть I. Метеорологические измерения и наблюдения. Часть II. Агрометеорологические измерения и наблюдения. // Учебное пособие. Обнинск. 2018 г. 384 с.
8. Грингоф И.Г., Павлова В.Н. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Изд-во: Обнинск, Том 3. 2013. 384 с.
9. Доклад Первой рабочей группы 5-го оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата. Изменение климата 013: Физическая научная основа, 27 стр.

10. Дружинин П.В., Поташева О.В., Прокопьев Е.А. Влияние климатических изменений на развитие сельского хозяйства региона // Региональная экономика. Юг России. 2014. № 4. С. 114–119.
11. Живрова А.А. Классификация рисков сельского хозяйства // Вестник Алтайского государственного аграрного университета 2016. № 1(135). С. 186-190.
12. Зверев А.С. Синоптическая метеорология, Ленинград, Гидрометеиздат, 1968, 711 с.
13. Иванов А.И., Иванова Ж.А., Рижия Е.Я., Архипов М.В., Соколов И.В., Вязовский А.А. Эффективность вторичного освоения кормовых угодий в условиях Тосненской низины. Земледелие. 2019. № 3. С. 7-11.
14. Климат России. Под ред. Кобышевой Н.В., СПб, Гидрометеиздат, 2001, 655 стр.
15. Ксенофонтов М.Ю., Ползиков Д.А. К вопросу о влиянии климатических изменений на развитие сельского хозяйства России.
16. Кутровский В.Н., Штырхунов В.Д. Основные факторы повышения устойчивости производства зерна в Центральном регионе России в условиях глобальных изменений климата // Зерновое хозяйство России. 2010. № 6. С. 17–23.
17. Лихенко Н.Н. Зависимость продуктивности и зависимость качества зерна мягкой яровой пшеницы от продолжительности вегетационного периода в Северной лесостепи Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2006. № 5. С. 19-25.
18. Лосев А.П. Практикум по агрометеорологическому обеспечению растениеводства. Учебник. // СПб, Гидрометиздат, — 1994 — 245 с.
19. Лосев А.П., Журина Л.Л. Агрометеорология. // Учебное пособие. М. Колос. 2001 148 с.
20. Медведева О.Е. Проблемы устойчивого землепользования в России. М.: Типография ЛЕВКО, 2009. 104 с.

21. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу / Под ред. В.М. Катцова, Б. Н. Порфирьева. М.: Д'Арт, 2011. 252с.
22. Попова В.В., Шмакин А.Б. Региональная структура колебаний температуры приземного воздуха в северной Евразии во второй половине XX – начале XXI веков // Изв. РАН, Физика атмосферы и океана. 2010. Т. 46. № 2. С. 15–29.
23. Разлив топлива в Норильске и экологические проблемы России: все новости. [Электронный ресурс]: URL <https://regnum.ru/news/2971187>.
24. Розанов Б. Г. Морфология почв. М.: Изд-во МГУ, 2004. 433 с.
25. Сиротенко О.Д., Методическое пособие, Методы оценки изменений климата для сельского хозяйства и землепользования, ГУ «ВНИИСХМ», Москва, 2007, 78 с.
26. Тебиева Д.И. Практические занятия по общему землеведению. Владикавказ, Издательство: Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова. 2014. С. 58 – 125.
27. Толковый словарь по сельскохозяйственной метеорологии / Под ред. Андреевой А.С., СПб, Гидрометеиздат, 2002, 472 с.
28. Усков И. Б., Моисеев К. Г., Николаев М. В., Кононенко О. В., Усков А. О. Анализ системы «осадки – почва – дренаж» в условиях изменения климата на Северо-Западе России / // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 4(40). С. 205–226.
29. Федоров А.К. Продолжительность вегетационного периода зерновых определяется их реакцией на свет // Зерновые культуры. 1999. № 6. С. 23 – 26.
30. Шашко, Д. И. Агроклиматические ресурсы СССР / Д. И. Шашко. М., 1985.
31. Шульгин А.М. Агрометеорология и агроклиматология, Ленинград, гидрометеиздат, 1978, 200 с.

32. Чудновский А.Ф.Заморозки, Ленинград, Гидрометеиздат,1949, 124 с.
33. Яшалова Н.Н., Рубан Д.А. Долговременные риски российского растениеводства в условиях глобальных изменений климата в контексте продовольственной безопасности // Региональная экономика: теория и практика. 2018. Т. 16, № 6. С. 1127 – 1140.
34. <http://meteo.ru/data>
35. Alexandrov V., Eitzinger J., Cajic V., Oberforster M. Global Change Biol. 2002. 8:372–389.
36. Adams R.M., McCarl B.A., Mearns L.O. Climatic Change. 2003. 60:131–148.
37. Brown I. Assessing climate change risks to the natural environment to facilitate cross-sectoral adaptation policy// Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences (Series A). 2018. V. 376 (2121). P. 20170297
38. England M.H., McGregor S., Spence P. et al. Recent intensification of wind-driven circulation in the Pacific and the ongoing warming hiatus // Nature climate change. 2014. V. 4. March. www.nature.com/natureclimatechange.
39. Gatzweiler F. W. & von Braun J. (Eds.). (2016). Technological and institutional innovations for marginalized smallholders in agricultural development. Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25718-1>
40. Godde C.M., Dizyee K., Ash A. Climate change and variability impacts on grazing herds: Insights from a system dynamics approach for semi-arid Australian rangelands. Global Change Biology, Volume 47, Issue 4 <https://doi.org/10.1177/0030727018815332>.
41. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability; Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2001.

42. FAO (2012) Statistical Yearbook. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: <http://www.fao.org/docrep/017/i3138e/i3138e.pdf> (accessed 14 September 2018).

43. Hunter M.C., Smith R.G., Schipanski M.E. Agriculture in 2050: recalibrating targets for sustainable intensification. *BioScience*. 2017. 67: 386–391.

44. Kalkuhl M., von Braun, J., Torero, M. (Eds.). (2016). Food price volatility and its implications for food security and policy. Cham: Springer. Retrieved on February 16, 2020 from <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-28201-5>.

45. Kowalski W., Nawalany G. New Approach to Determine the Sum of the Active Temperatures (SAT) Exemplified by Weather Conditions of Western Malopolska. In: Krakowiak-Bal, A., Vaverkova, M. (eds) Infrastructure and Environment. Springer, 2019. Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16542-0_27

46. Lickley M., and S. Solomon. Drivers, timing and some impacts of global aridity change. *Environ. Res. Lett.* 2018. 13. 104010, doi:10.1088/1748-9326/aae013.

47. Masters W.A., Djurfeldt A.A., De Haan C. Urbanization and farm size in Asia and Africa: implications for food security and agricultural research. *Global Food Security*. 2013. 2: 156–165.

48. Ricciardi V, Ramankutty N, Mehrabi Z, et al. (2018) How much of the world's food do smallholders produce? *Global Food Security* 17: 64–72.

49. Semenov V., Latif M. Nonlinear winter atmospheric circulation response to Arctic Sea ice concentration anomalies for different periods during 1966–2012 // *Environ. Research Letters*. 2015. V. 10. P. 054020. Doi:10.1088/1748-9326/10/5/054020.

50. Zveryaev I.I., Gulev S.K. Seasonality in secular changes and interannual variability of European air temperature during the twentieth century // *J. Geophysical Research*. 2009. V. 114. D02110.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

← → ↻ aisor-m.meteo.ru/waisori/result.xhtml

Результат

Справка [Изменить станции/источники данных](#) [Изменить поля запроса](#) Включить подсказки

Раздел БД: Месяц
Источник данных: Температура воздуха
Всего выбрано станций: 2 [Список](#)

Размер ZIP-архива: 901 Б

[Загрузить](#)

Список имен столбцов результата

| N | Формат | Название столбца |
|----|--------|------------------|
| 1 | 5 | Индекс ВМО |
| 2 | 4 | Год |
| 3 | 5,1 | Январь |
| 4 | 5,1 | Февраль |
| 5 | 5,1 | Март |
| 6 | 5,1 | Апрель |
| 7 | 5,1 | Май |
| 8 | 5,1 | Июнь |
| 9 | 5,1 | Июль |
| 10 | 5,1 | Август |
| 11 | 5,1 | Сентябрь |
| 12 | 5,1 | Октябрь |
| 13 | 5,1 | Ноябрь |
| 14 | 5,1 | Декабрь |

Просмотр фрагмента выбранных данных

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|------|----|----|
| 26063 2017 | -3.9 | -3.5 | 1.3 | 2.8 | 9.4 | 13.6 | 16.5 | 17.4 | 12.5 | 5.6 | 2.3 | 0.4 | | |
| 26063 2018 | -2.9 | -7.7 | -4.4 | 6.0 | 15.1 | 16.2 | 20.8 | 19.2 | 14.5 | 7.3 | 2.8 | -3.2 | | |
| 26063 2019 | -6.4 | -0.5 | 0.1 | 7.3 | 12.1 | 18.6 | 16.6 | 17.0 | 12.2 | 6.1 | 1.9 | 1.8 | | |
| 26063 2020 | 1.5 | 0.6 | 2.2 | 4.2 | 10.0 | 19.1 | 17.6 | 17.2 | 14.2 | 9.1 | 3.9 | -0.7 | | |
| 26063 2021 | -4.6 | -9.2 | -0.8 | 5.6 | 12.1 | 21.4 | 23.1 | 16.9 | 10.2 | 8.0 | 2.2 | -7.5 | | |
| 26258 2017 | -4.2 | -3.2 | 1.6 | 3.9 | 10.7 | 13.9 | 16.2 | 16.4 | 12.3 | 5.3 | 2.0 | -0.2 | | |
| 26258 2018 | -2.5 | -8.4 | -3.5 | 7.4 | 15.8 | 16.3 | 20.1 | 18.2 | 14.0 | 6.3 | 2.0 | -2.9 | | |
| 26258 2019 | -6.1 | 0.0 | 1.7 | 7.8 | 12.4 | 19.1 | 16.4 | 16.2 | 11.2 | 7.3 | 2.8 | 1.7 | | |
| 26258 2020 | 2.2 | 1.2 | 2.4 | 4.9 | 10.2 | 19.5 | 17.2 | 16.9 | 13.7 | 9.1 | 3.5 | -0.9 | | |
| 26258 2021 | -4.3 | -7.6 | 0.3 | 5.8 | 11.6 | 20.2 | 22.0 | 16.0 | 10.1 | 6.6 | 2.5 | -6.9 | | |

Рисунок 1 - Полученный массив данных о среднесуточной температуре воздуха

← → ↻ aisor-m.meteo.ru/waisori/result.xhtml

Результат

Справка [Изменить станции/источники данных](#) [Изменить поля запроса](#) Включить подсказки

Раздел БД: Месяц
 Источник данных: Атмосферные осадки
 Всего выбрано станций: 2 [Список](#)

Размер ZIP-архива: 938 Б

[Загрузить](#)

| Список имен столбцов результата | | |
|---------------------------------|--------|------------------|
| N | Формат | Название столбца |
| 1 | 5 | Индекс ВМО |
| 2 | 4 | Год |
| 3 | 5,1 | Январь |
| 4 | 5,1 | Февраль |
| 5 | 5,1 | Март |
| 6 | 5,1 | Апрель |
| 7 | 5,1 | Май |
| 8 | 5,1 | Июнь |
| 9 | 5,1 | Июль |
| 10 | 5,1 | Август |
| 11 | 5,1 | Сентябрь |
| 12 | 5,1 | Октябрь |
| 13 | 5,1 | Ноябрь |
| 14 | 5,1 | Декабрь |

Просмотр фрагмента выбранных данных

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|------------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|----|----|
| 26063 2017 | 31.7 | 33.8 | 29.7 | 86.8 | 13.4 | 81.2 | 122.6 | 145.4 | 69.8 | 91.7 | 33.9 | 80.0 | | |
| 26063 2018 | 41.0 | 43.2 | 35.8 | 61.7 | 13.5 | 24.9 | 95.6 | 67.0 | 68.0 | 25.3 | 18.6 | 35.2 | | |
| 26063 2019 | 71.6 | 46.2 | 53.0 | 21.4 | 67.5 | 22.2 | 90.9 | 51.2 | 52.4 | 103.3 | 24.1 | 83.0 | | |
| 26063 2020 | 51.8 | 47.5 | 59.6 | 25.8 | 24.8 | 66.4 | 91.1 | 101.9 | 40.7 | 61.6 | 43.7 | 45.1 | | |
| 26063 2021 | 36.9 | 62.8 | 47.7 | 22.9 | 137.7 | 22.1 | 48.8 | 134.5 | 43.4 | 71.8 | 93.8 | 50.8 | | |
| 26258 2017 | 39.1 | 26.7 | 42.0 | 49.1 | 36.6 | 81.0 | 73.2 | 97.1 | 109.3 | 82.7 | 32.0 | 59.5 | | |
| 26258 2018 | 44.1 | 26.7 | 18.0 | 48.5 | 18.3 | 49.5 | 45.4 | 95.5 | 61.6 | 50.4 | 31.4 | 36.9 | | |
| 26258 2019 | 42.0 | 39.8 | 49.3 | 4.1 | 97.5 | 22.4 | 100.5 | 61.0 | 72.4 | 78.7 | 86.8 | 62.0 | | |
| 26258 2020 | 24.5 | 48.1 | 47.6 | 42.9 | 46.0 | 43.2 | 66.5 | 49.5 | 35.3 | 78.2 | 24.7 | 38.1 | | |
| 26258 2021 | 44.4 | 25.2 | 37.8 | 34.1 | 137.4 | 39.9 | 42.7 | 149.2 | 39.9 | 25.8 | 84.4 | 43.3 | | |

Рисунок 2 - Полученный массив данных о месячной сумме осадков

← → ↻ aisor-m.meteo.ru/waisori/result.xhtml

Результат

Справка [Изменить станции/источники данных](#) [Изменить поля запроса](#) Включить подсказки

| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Раздел БД: | Сутки |
| Источник данных: | TTTR - Температура и осадки |
| Всего выбрано станций: 1 | Список |

Размер ZIP-архива: 6.9 кБ

[Загрузить](#)

| Список имен столбцов результата | | |
|---------------------------------|--------|---------------------------------|
| N | Формат | Название столбца |
| 1 | 5 | Индекс ВМО |
| 2 | 4 | Год |
| 3 | 2 | Месяц |
| 4 | 2 | День |
| 5 | 5,1 | Минимальная температура воздуха |
| 6 | 5,1 | Средняя температура воздуха |

Просмотр фрагмента выбранных данных

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|------|---|----|------|------|---|
| 26063 | 2017 | 4 | 1 | -0.9 | 2.0 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 2 | 2.0 | 3.5 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 3 | 1.2 | 2.1 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 4 | 0.7 | 4.3 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 5 | 4.9 | 7.4 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 6 | 0.1 | 3.5 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 7 | -0.7 | 3.2 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 8 | 1.0 | 2.7 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 9 | -0.5 | 4.4 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 10 | 5.5 | 9.8 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 11 | 4.1 | 7.7 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 12 | -0.2 | 1.2 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 13 | -1.7 | 0.0 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 14 | -4.6 | -2.6 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 15 | -3.4 | -1.7 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 16 | -6.0 | -2.8 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 17 | -2.2 | -0.8 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 18 | -2.6 | -0.2 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 19 | -4.5 | 0.3 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 20 | -2.1 | 2.3 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 21 | 0.6 | 2.3 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 22 | 0.6 | 1.8 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 23 | 0.3 | 2.2 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 24 | 1.8 | 3.2 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 25 | -1.3 | 4.0 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 26 | 2.1 | 4.9 | |
| 26063 | 2017 | 4 | 27 | 1.9 | 4.6 | |

Рисунок 3 - Полученный массив данных о суточной температуре воздуха

← → ↻ aisori-m.meteo.ru/waisori/result.xhtml

Результат

Справка [Изменить станции/источники данных](#) [Изменить поля запроса](#) Включить подсказки

Раздел БД: Сутки
 Источник данных: TTTR - Температура и осадки
 Всего выбрано станций: 1 [Список](#)

Размер ZIP-архива: 7.0 кБ

[Загрузить](#)

| Список имен столбцов результата | | |
|---------------------------------|--------|---------------------------------|
| N | Формат | Название столбца |
| 1 | 5 | Индекс ВМО |
| 2 | 4 | Год |
| 3 | 2 | Месяц |
| 4 | 2 | День |
| 5 | 5,1 | Минимальная температура воздуха |
| 6 | 5,1 | Средняя температура воздуха |

Просмотр фрагмента выбранных данных

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|------|---|----|------|------|
| 26258 | 2017 | 4 | 1 | -5.8 | -0.1 |
| 26258 | 2017 | 4 | 2 | 3.7 | 10.8 |
| 26258 | 2017 | 4 | 3 | 4.1 | 6.4 |
| 26258 | 2017 | 4 | 4 | 1.4 | 5.6 |
| 26258 | 2017 | 4 | 5 | 0.0 | 8.0 |
| 26258 | 2017 | 4 | 6 | 4.0 | 6.4 |
| 26258 | 2017 | 4 | 7 | -3.6 | 4.1 |
| 26258 | 2017 | 4 | 8 | 0.8 | 3.5 |
| 26258 | 2017 | 4 | 9 | -1.3 | 4.5 |
| 26258 | 2017 | 4 | 10 | 3.4 | 11.0 |
| 26258 | 2017 | 4 | 11 | 3.7 | 8.3 |
| 26258 | 2017 | 4 | 12 | -0.1 | 3.8 |
| 26258 | 2017 | 4 | 13 | 0.1 | 3.7 |
| 26258 | 2017 | 4 | 14 | -2.6 | 0.5 |
| 26258 | 2017 | 4 | 15 | -6.5 | -0.7 |
| 26258 | 2017 | 4 | 16 | -4.3 | -0.6 |
| 26258 | 2017 | 4 | 17 | -3.0 | -0.7 |
| 26258 | 2017 | 4 | 18 | -3.3 | -0.1 |
| 26258 | 2017 | 4 | 19 | -1.3 | 2.0 |
| 26258 | 2017 | 4 | 20 | -7.1 | 1.6 |
| 26258 | 2017 | 4 | 21 | -0.4 | 2.9 |
| 26258 | 2017 | 4 | 22 | -1.5 | 2.3 |
| 26258 | 2017 | 4 | 23 | 0.6 | 2.8 |
| 26258 | 2017 | 4 | 24 | -3.2 | 2.3 |
| 26258 | 2017 | 4 | 25 | -2.2 | 2.7 |
| 26258 | 2017 | 4 | 26 | 2.1 | 5.1 |
| 26258 | 2017 | 4 | 27 | -2.2 | 4.8 |

Рисунок 4 - Полученный массив данных о суточной температуре воздуха