



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

Кафедра метеорологии, климатологии и охраны атмосферы
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
бакалаврская работа

На тему Анализ условий формирования агроклиматических ресурсов в Астраханской области

Исполнитель Айдин Аркадий Михайлович
(фамилия, имя, отчество)

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

Абанников Виктор Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

И.О.Заведующий кафедрой


(подпись)

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

Дробжева Яна Викторовна

(фамилия, имя, отчество)

«16» апреля 2025 г.

Санкт-Петербург
2025



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

Кафедра метеорологии, климатологии и охраны атмосферы
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
бакалаврская работа

На тему Анализ условий формирования агроклиматических ресурсов в Астраханской области

Исполнитель Айдин Аркадий Михайлович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Абанников Виктор Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
И.О.Заведующий кафедрой
(подпись)

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

Дробжева Яна Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«__»_____2025 г.

Санкт-Петербург
2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. Физико-географические условия и климатические ресурсы Астраханской области.....	5
1.1 Особенности местоположения и рельефа.....	5
1.2 Почва и растительность.....	11
1.3 Оценка природно-климатических ресурсов	18
Глава 2. Оценка режима метеорологических характеристик Астраханской области.....	22
2.1 Особенности продолжительности солнечного сияния и приходящей солнечной радиации.....	22
2.2 Оценка температурного режима воздуха и почвы	32
2.3 Анализ показателей влажности и характер осадков	39
Глава 3. Оценка агроклиматических условий.....	46
3.1 Оценка прихода ФАР.....	46
3.2 Оценка тепловых ресурсов.....	50
3.3 Анализ показателей влажности и характер осадков	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	62
ПРИЛОЖЕНИЕ А	64
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	65
ПРИЛОЖЕНИЕ В	66
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	68

ВВЕДЕНИЕ

Агроклиматические условия – это совокупность как климатических, так и почвенных факторов, оказывающих влияние на сельскохозяйственное производство. Все эти факторы позволяют определить возможность роста и развития сельскохозяйственных культур, а также их урожайность и качество.

К климатическим факторам относятся температура и влажность воздуха (влияют на процессы фотосинтеза и транспирации), количество и распределение выпадающих осадков (осадки обеспечивают водоснабжение для растений), продолжительность солнечного сияния (солнечный свет необходим для фотосинтеза, а от его количества зависят затраты энергии растений) и характер ветра, который способен переносить семена, пыльцу и оказывать влияние на испарение влаги.

К почвенным факторам относят тип почвы (определяет наличие тех или иных физических и химических элементов, влияющих на влагообмен и доступность питательных веществ), её плодородие (отражает уровень содержания основных питательных элементов и органических веществ в почве), а также её структура, оказывающая влияние на аэрацию, водопроницаемость и возможность корневой системы развиваться.

Кроме того, в качестве факторов могут выступать микроклиматические условия и сезонные изменения. Микроклиматические условия – это специфические климатические параметры, действие которых имеет ограничение в рамках определённой территории. Они способны варьироваться и оказывать влияние на оптимальные сроки посева культур и сбора урожая. Аналогичное влияние оказывают сезонные температуры и уровни осадков.

Агроклиматические условия являются неотъемлемой частью экосистемы. Они влияют на многообразие сельскохозяйственных культур, вследствие чего их анализ, изучение, мониторинг и оценка необходимы для разработки адаптивных стратегий в агрономии, а также повышения эффективного использования ресурсов.

Основная цель данной работы заключается в анализе выбранного для исследования региона и дальнейшие подсчёт и оценка определённых данных. Будет проведен отбор данных метеорологических параметров и климатических особенностей, подсчёт некоторых показателей для характеристики хозяйственно-климатического потенциала Астраханского региона.

Для осуществления плановой цели требуется решить ряд задач: установить ключевые черты, а также составить описание географического положения региона, выбранного для исследования; провести анализ и дать оценку следующим агрометеорологическим параметрам: солнечная радиация, режим температуры воздуха и почвы, гигроскопичность атмосферы, распределение осадков, а также высоту снежного покрова; произвести подсчёты дополнительных параметров с целью оценивания климатической пригодности для сельскохозяйственной деятельности.

Актуальность темы исследования обусловлена не только значимостью сельского хозяйства для экономики региона, но и глобальными вызовами, связанными с изменением климата. В условиях растущих температур и изменяющихся осадков, необходимо искать пути повышения устойчивости аграрного сектора как в России, так и в других странах, сталкивающихся с аналогичными проблемами.

В работе источником данных послужили многолетние значения научно-прикладного справочника по климату СССР.

На основании изложенного, можно сказать, что выпускная квалификационная работа направлена на изучение климата в регионе, исследование и оценку агроклиматических условий, выявление и описание особенных явлений и характеристик Астраханской области.

Глава 1. Физико-географические условия и климатические ресурсы Астраханской области

1.1 Особенности местоположения и рельефа

Астраханская область является поистине уникальным регионом на карте России. Роль административного центра принадлежит городу Астрахань, а сам регион является частью Поволжского экономического района. Область простирается по всей территории Прикаспийской низменности, которая, в свою очередь, располагается на юго-востоке Восточно-Европейской равнины. Территория области протянулась вдоль Волго-Ахтубинской поймы вплоть до дельты реки Волги, где она, разделяясь, впадает в Каспийское море. [1]

По географическим координатам находится между 45° и 48° с.ш., 46° и 49° в.д. Это позволяет Астраханской области занимать между Северным полюсом и линией экватора промежуточное положение. С севера и северо-запада с границей протяжённостью в 480 км с областью соседствует Волгоградская область, с запада через границу в 350 км – с республикой Калмыкия, а с восточной стороны астраханская область делит границу в 850 км с другим государством – Казахстаном. С юга омывается Каспийским морем, протяжённость границы побережья с которым составляет 120 км. Крайняя северная точка находится на границе с Волгоградской областью на $48^{\circ}52'$ с. ш., южная — на берегу Каспийского моря — $45^{\circ}31'$ с. ш. Самая западная точка расположена в Черноярском районе на границе с Волгоградской областью — $44^{\circ}58'$ в. д., восточная — на одном из маленьких островков дельты Волги в Володарском районе на $49^{\circ}15'$ в. д. Область узкой полосой протянулась по обе стороны от Волго-Ахтубинской поймы на расстоянии более 400 км. Площадь Астраханской области составляет 49024 км². [1]

Территория Астраханской области базируется в зоне двух платформ разного возраста. Эти платформы деформируются и разбиваются на разнородные части трещинами. Эти части также называют блоками. Они претерпевают

колебательные движения с небольшой амплитудой. Она может составлять десятки или сотни доли миллиметров в год. Колебательные движения блоков определяют равнинный рельеф в основании Астраханского региона. В процессе колебательных движений одни участки прогибаются или опумкаются, а другие – воздымаются, что создаёт разницу в уровнях поверхности равнины. Равнинная поверхность, сформированная эндогенными процессами, осложняется различными формами ландшафта (огромными массивами песков, бугров, сухими ложбинами, озёрами, карстовыми формами рельефа и др.), которые, в свою очередь, образовались в результате экзогенных факторов, таких как ветер, текущие воды, физическое выветривание и других факторов. [2, 6]

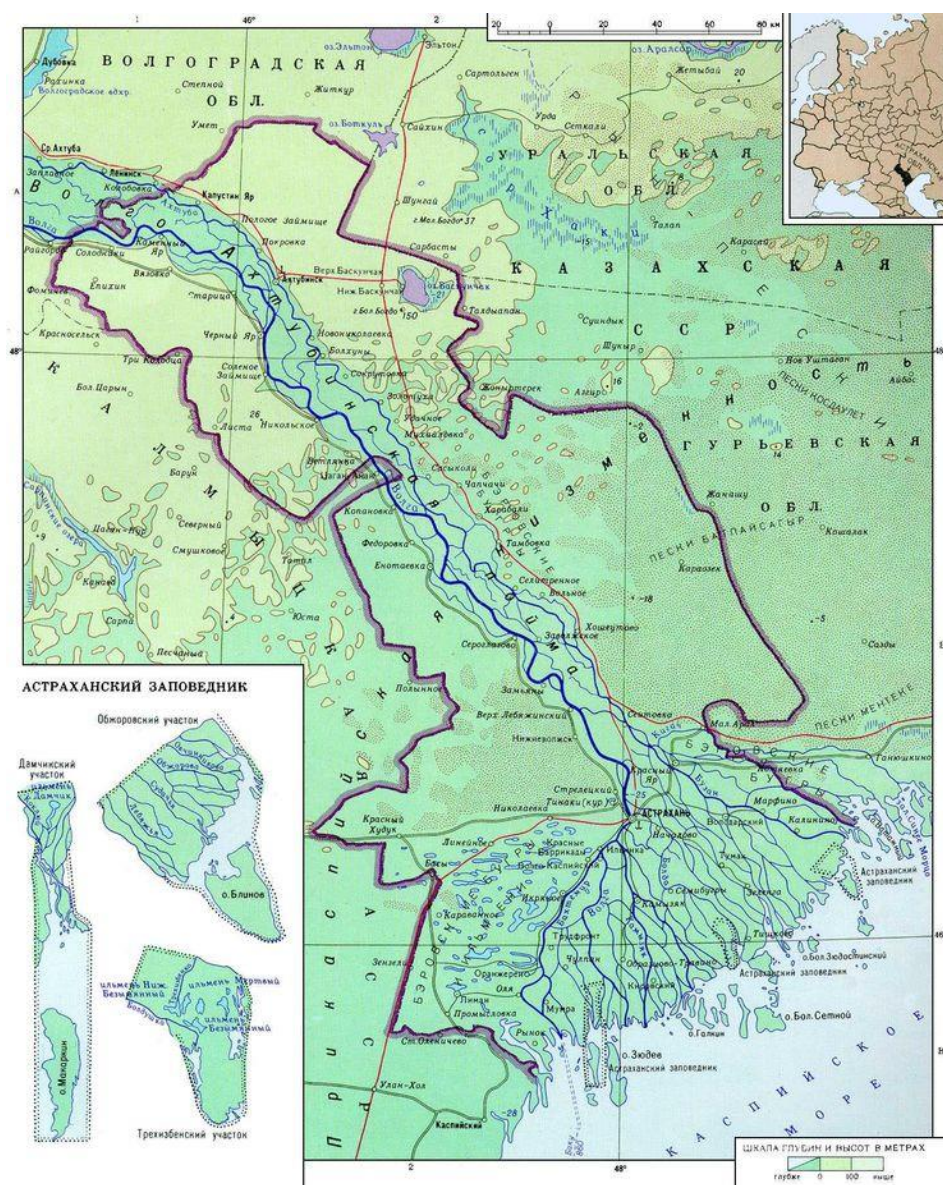


Рисунок 1.1. Физическая карта Астраханской области

Внешний вид равнины демонстрирует её пологую наклонность в направлении дельты Волги. В пределах области равнину подразделяют на по происхождению два типа: аккумулятивная и денудационная. Аккумулятивная равнина – разновидность равнины, в процессе формирования которой осадки накапливаются быстрее, чем происходит их вынос. Денудационная равнина – тип равнины, где наоборот, снос осадков имеет преимущество над их накоплением. По большей части в регионе ландшафт формируют аккумулятивные равнины. Лишь в северо-восточной части области в окрестностях озера Баскунчак находится денудационная равнина. Здесь же находится самая высокая точка области – гора Большое Богдо, высота которой достигает 149,6 м над уровнем моря. [1]

Аккумулятивная равнина на территории исследуемого региона подразделяется на морскую, эоловую и пойменно-дельтовую.

Часть суши, образовавшаяся в результате отхода вод древнего Хвалынского моря, носит название **морская равнина**. Её ландшафт осложнён руслами древних рек, сухими ложбинами, ильменями, оврагами, солончаками, а также буграми, которые являются наиболее примечательной формой рельефа данной равнины. В научной литературе им дали название бэровские бугры, так как данная форма рельефа впервые была описана в 1856 году академиком К. М. Бэром. Происхождение этой формы рельефа остаётся загадкой и по сей день, точно сказать откуда они появились так просто. Незнание происхождения породило довольно большое число гипотез относительно образования бэровских бугров. Две из них обрели наибольшую популярность. Одна предполагает, что бэровские бугры ничто иное как реликтовые прирусловые формы рельефа, а значит имеют речное происхождение. Вторая же гласит, что бугры – это древние барханы, формирование которых происходило после завершения морской регрессии, существенно изменяясь под действием каспийских, а позже и волжских вод. [2, 3]

Многие годы астраханские учёные проводили исследования в зоне распространения бэровских бугров. Эти исследования позволили

аргументированно склоняться ко второй гипотезе происхождения этой формы рельефа. В период трансгрессии Каспийское море поднялось до уровня -22 м и низменные участки затопило. Этот процесс приводил к образованию заливов и островов из барханов и песчаных гряд. Песчаные гряды насыщались влагой, что увеличивало их плотность, от этого они превращались в бугры, протянувшиеся с востока на запад. На территории, которая осталась незатопленной морем, активно протекал процесс выравнивания ландшафта. По завершению процесса регрессии бугры сохранились в местах, связанных с волжскими водами, в особенности вблизи дельты Волги. Западнее и севернее бугры менее выражены и ниже. Эти бугры имеют длину 0,8 - 5 км и ширину 0,1 - 0,5 км. Высота же колеблется в диапазоне от -20 до -5–6 м. Бугры имеют извилистую форму с плоскими или слабо выпуклыми вершинами и наклонами склонов от 4 до 10°, иногда до 30-40° из-за размывания. Бугры способны к соединению через седловины. В этом случае они образуют узкие гряды длиной до 8-12 км. Вдоль них прокладываются автомобильные дороги, а также они используются для бахчей.

Примечательной особенностью является расположение озёр-ильменей между грядами бэровских бугров. Ильмени создают определённую систему водоёмов, которая была сформирована в результате изменения уровня воды в дельте Волги или разлива рек. Эти озёра могут иметь протяженность от нескольких сотен метров до нескольких километров, в ширину в основном около ста метров, а их средняя глубина составляет 1 – 1,5 м. [2]

Если ровный ландшафт сформировался по большей части под влиянием деятельности ветров, то он носит название **эоловая равнина**. Эоловые равнины получили широкое распространение на юге области с обеих сторон от Волго-Ахтубинской поймы. Рельеф равнины данного типа представлен барханами, песчаными котловинами, а также бугристообразных гряд, которые полностью, либо на половину закреплены песками. К закрепленным пескам относят массивы, растительное покрытие которых может составлять до 80%, к полужакрепленным - менее 50%. Среди и тех, и других песков существуют

участки, лишённые растительного покрова, где происходит активное развевание барханного типа. В плане барханы представляют собой серповидную форму и асимметричное строение: наветренный склон более пологий, подветренный же более крутой. Отдельные барханы в высоту достигают 10 – 15 м. Они формируют массивы в несколько сотен квадратных метров когда соединяются друг с другом. Образование барханных песков часто объясняется антропогенным фактором, а именно тем, что человек губит растительность, которая укрепляет пески своей корневой системой, препятствуя процессам развевания. Вдоль обрывистого правого берега реки Волги на севере области активно распространяется овражный рельеф. [2]

Нижние участки морской равнины обладают особой формой рельефа. Эта особая форма рельефа называется солончаками. Объяснение их образования заключается в том, что отложения древнего моря обладают повышенной соленостью, ведь, как уже известно, они недавно вышли из-под уровня моря и в условиях малого количества осадков не успели рассолониться. Именно поэтому грунтовые воды, находящиеся ближе всего к поверхности, являются солёными. [4]

В пределах Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги расположена **пойменно-дельтовая равнина**. Пойма имеет низменное положение, занимая пространство между Волгой и Ахтубой. В период паводков это пространство заливаётся речными водами.

Пойма на юге превращается в дельту. Дельта реки Волги представляет собой практически правильный треугольник, вершиной которого находится вблизи села Верхнелебязье. В этих местах основное русло Волги расходится, от неё отходит многоводный рукав Бузан. Границей дельты с западной стороны служит рукав реки Бахтемир, а с восточной стороны – рукав реки Кигач. К югу от морского края дельты, который протянулся примерно на две сотни км, протянулось мелководное, но достаточно широкое взморье авандельта (часть дельты, находящаяся под водой). В этом месте происходит образование

новых островов за счёт накопления речных и морских отложений. Эти острова имеют ландшафт образующейся в будущем над водой дельтой.

Многочисленные водотоки больших и малых размеров рассекают поверхность поймы, образуя тем самым различные по площади равнинные острова между собой. Поверхность этих островов осложняется возвышающимися и наоборот, углубляющимися участками.

Пойменно-дельтовая равнина обладает достаточно динамичным ландшафтом, который меняется определённым образом каждый год: в результате обмеления часть водных потоков исчезают, другие же возникают; облик берегов и островов становится другим; возникают новые мелководья, и как следствие образуются новые острова. [2]

Астраханская область имеет характерную черту – полупустынный степной ландшафт с многочисленными, покрытыми редкой растительностью песчаными холмами и незакрепленными песками. Природные зоны региона сформированы засушливым климатом, близостью Каспийского моря и равнинным рельефом. [1]

Основными природными зонами являются:

- полупустыни, которые занимают основную часть всей территории области;
- пустыни, основное расположение которых приходится на юго-восточную часть региона, ближе к Каспию;
- водно-болотные угодья и пойменные леса, распространившиеся по всей территории вдоль Ахтубы, а также дельты Волги.

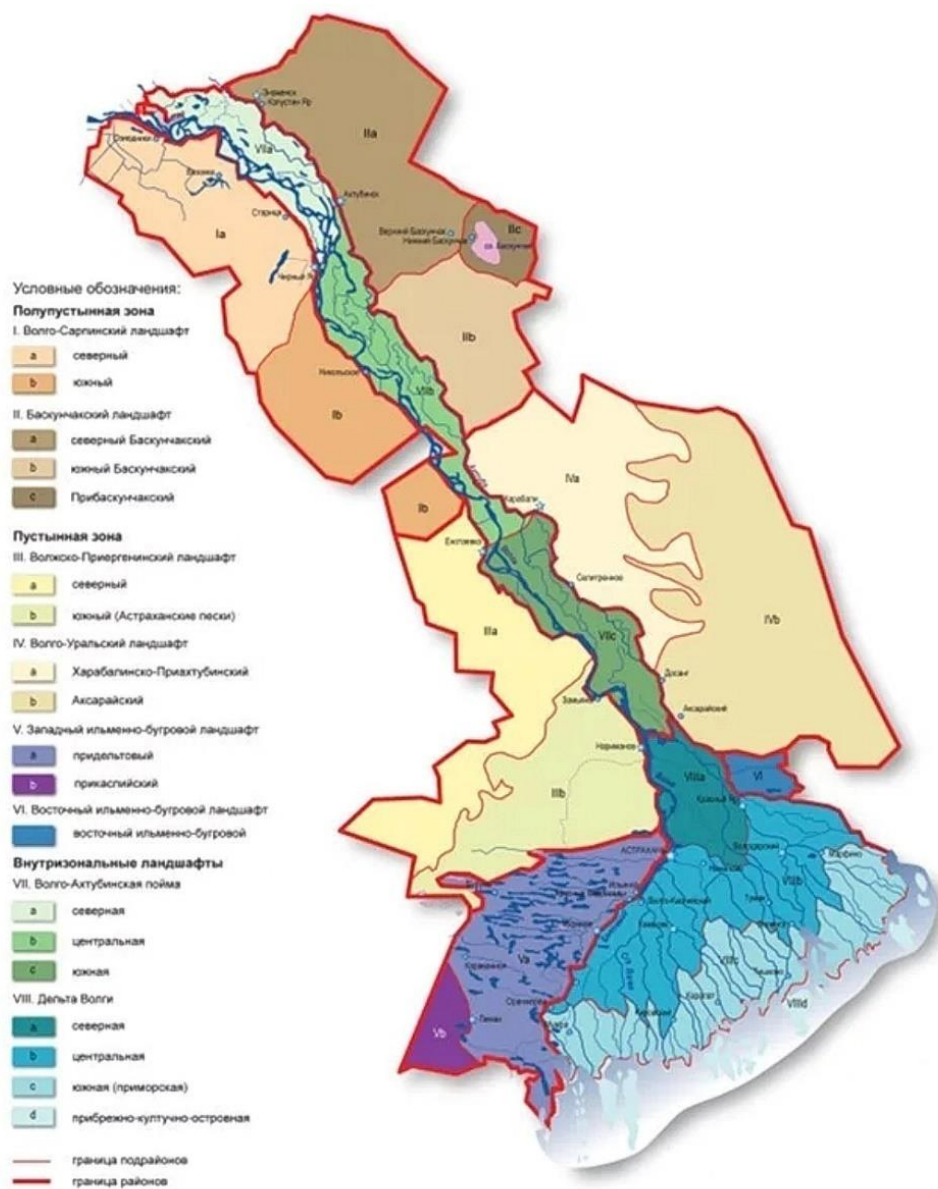


Рисунок 1.2. Природные зоны Астраханской области

Также как отдельную природную зону можно считать зону солончаков и солёных озёр.

Астраханскую область можно назвать краем контрастов, потому как в этом регионе полупустыни свободно соседствуют с цветущими поймами, а солёные озёра легко граничат с пресноводной Волгой и другими реками.

1.2 Почва и растительность

Астраханская область обладает довольно большим разнообразием почвенного покрова. На территории региона подстилающая поверхность почв

представлена осадочными породами значительной толщины. Характер почвообразования во многом определяется материнскими породами. Такие породы иногда можно встретить в научной литературе под названием четвертичные породы. К четвертичным отложениям относятся морские, дельтовые, озёрные, ветровые и речные осадки, отличающиеся по своим физическим характеристикам. Астраханская область входит в зону, где преобладают светло-каштановые и бурые почвы, характерные для пустынно-степных ландшафтов. [3]

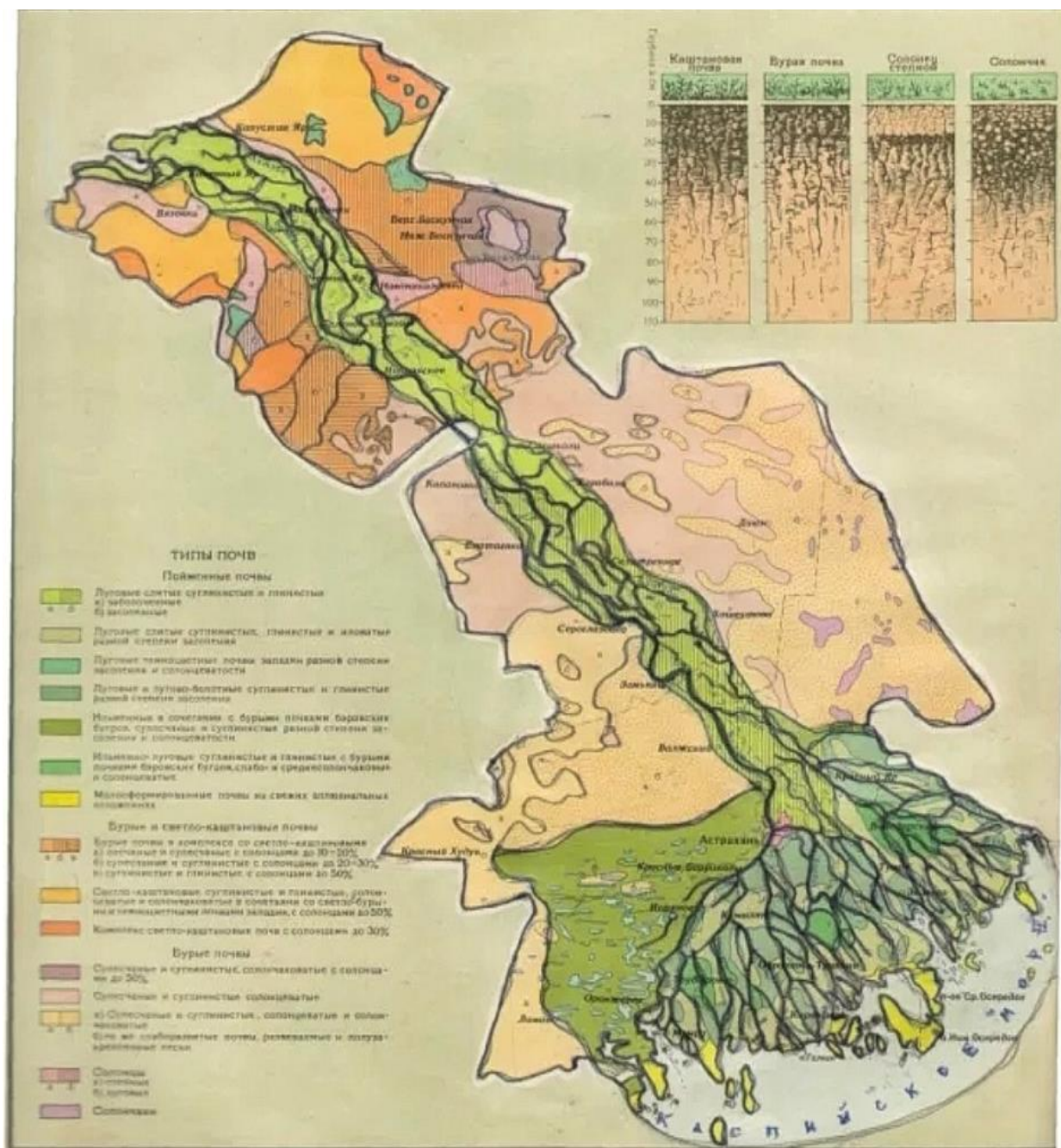


Рисунок 1.3. Карта почвенного ландшафта Астраханской области

Астраханская область, где сельскохозяйственные земли занимают 71% территории, характеризуется разнообразием почв. В северных ее частях преобладают светло-каштановые почвы, которые составляют 13,5% всей территории области, в южных районах – бурые полупустынные, они занимают 36%. Волго-Ахтубинская пойма, дельта Волги и пристепные равнины отличаются наличием аллювиальных и луговых почв занимающими 32% областной территории. Важную часть почвенного покрова области, которая составляет 18,5% представлена песчаными полупустынными почвами с низким содержанием гумуса. Солонцы и солончаки, которые относятся к интразональным почвам, образуют изолированные участки на мелких понижениях рельефа, проникая во все типы зональных почв. [4]

Ключевым аспектом в образовании почвенного ландшафта светло-каштановых и бурых полупустынных почв является сухой климат (высокие температуры периода активной произрастания растительности) на фоне ксерофитного (разреженного типа) растительного покрова. Особенности почвообразовательных процессов обуславливают незначительное содержание гумуса и небольшую толщину гумусового слоя зональных почв, что негативно сказывается на их естественном плодородии.

В северных районах Астраханской области, таких как Черноярский и Ахтубинский, доминируют светло-каштановые почвы. Они располагаются на наиболее осушенных и приподнятых территориях, образуя не сплошные массивы, а фрагментарные пятна и прерывистые полосы. Это связано непосредственно с присутствием степных низменности, где получили распространение солонцы и солоды. Под маломощным верхним слоем, содержащим чрезвычайно малое количество гумуса, находится плотный глинистый горизонт, имеющий призматическую или глыбистую структуру. Он обладает высокой твердостью пребывая в сухом состоянии, а при увлажнении становится мягким, вязким, разбухает и теряет способность пропускать воду. Данное строение формирует сложную и неоднородную структуру почвенного покрова и это является отличительной чертой светло-каштановых почв. Мощность гумусового

горизонта у этих почв невелика – всего 30-40 см, а содержание гумуса всего – 1-3%, потому их профиль распределён неравномерно. Далее следует достаточно плотный солончаковый слой. В нижней части профиля наблюдается засоление гидрофильными соединениями, а на глубине около 1,8 м часто встречается гипс. Светло-каштановые почвы чаще всего используются для выпаса скота. Они обладают потенциальным плодородием, однако при орошении на их поверхности образуется плотная растрескивающаяся корка.

Среди светло-каштановых почв встречаются участки бурых полупустынных земель, которые, по мере движения с севера на юг и усиления засухливости, занимают всё большую территорию. Они характерны для равнинных местностей, но могут также располагаться на бэровских буграх и других возвышенностях.

Образование бурых почв в условиях жаркого климата определяется составом материнских пород, как механическим, так и химическим. Высокое содержание солей является важнейшим фактором, ограничивающим их естественное плодородие. Засушливые условия поднимают из глубины соли к поверхности с помощью капиллярного подъема воды, что вызывает засоление. Растительность на бурых почвах скудная, поэтому поступление органического вещества незначительно, а отмершие остатки быстро разлагаются из-за высоких температур и аэробной активности.

В бурых полупустынных почвах содержится много подвижных соединений фосфора и калия, но наблюдается дефицит азота. Для повышения их плодородия требуется внесение как минеральных, так и органических удобрений. Орошение является обязательным условием для того, чтобы использовать почвы такого типа с наибольшей эффективностью.

Основным компонентом почвообразования в Волго-Ахтубинской пойме и дельте Волги являются ежегодные речные разливы, сопровождающиеся отложением плодородного ила и аллювиальными процессами. Это способствует формированию плодородных почв, играющих важную роль в интенсивном сельском хозяйстве Астраханской области. [2]

В зависимости от гидрологического режима и связанных с ним процессов формирования почвы, аллювиальные почвы на территории Астраханской области классифицируются на три типа: дерновые, луговые и болотные.

Дерновые почвы формируются при кратковременном затоплении паводковыми водами, характеризуются легкой структурой и, как правило, содержат мало питательных веществ и органики.

Образование луговых почв осуществляется под воздействием паводковых и грунтовых вод, которые залегают на 1–2 метра в глубину. Значительную роль в их формировании имеют наводненные отложения, имеющих существенную тяжесть, а также содержащие органические соединения и основания наилков.

В процессе длительного затопления, а также постоянного чрезмерного увлажнения атмосферными и грунтовыми водами формируется такой тип почв как болотные почвы. [2, 4]

Существенная часть территорий южно-центральных районов области покрыта песками. В этих местах почвенный покров находится в стадии формирования, которое происходит в процессе зарастаемости песков различными ксерофитами (например, саксаулом, прутняком, терескеном), которые способны закреплять пески и препятствовать их ветровому раздуванию. Первыми растениями, которые селятся на подвижных песках являются песчаный овес, кумарчик и прочие. По мере зарастания пески со временем приобретают новые свойства. Дифференциация почвенного профиля на генетические горизонты выражена слабо, но усиливается при переходе от умеренно заросших к сильно заросшим пескам. Тем не менее в некоторых зонах площадь подвижных песков растёт, что обусловлено неумеренным выпасом скота на естественных пастбищах, которые подверглись деградации и остались без слабого почвенного покрова. Харабалинский, Красноярский, Енотаевский и Наримановский районы наиболее подвержены опустыниванию. С целью закрепления песков ежегодно высаживаются такие представители флоры как терескен, саксаул, и джужгун.

Само по себе растительное разнообразие области относительно небогато. Нынешняя флора региона сформировалась в течение последних 15-16 тысяч лет. По той причине, что условия были достаточно экстремальными, влаги не хватало, происходила соляная деградация почв в этих местах приспособились лишь 750-850 видов высших растений из 240 тысяч видов мировой флоры. Взаимодействие северных бореальных и пустынных ирано-туранских видов создает уникальные растительные сообщества. На участке Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги было найдено в районе пяти сотен видов растений, относящихся к 82 семействам. Таблица 1.1 демонстрирует десять семейств, которые имеют самое наибольшее количество видов семейств. Они включают в себя 262 вида, что является более чем половина от общего числа.

Таблица 1.1 - Количество и процентное соотношение видов растений Астраханской области

Семейство	Абсолютное число	Относительн. представл. %
1. Сложноцветные	55	11
2. Злаковые	45	9
3. Маревые	39	8
4. Бобовые	26	5
5. Крестоцветные	25	5
6. Осоковые	18	4
7. Гречишные	16	3
8. Бурачниковые	15	3
9. Гвоздичные	12	2
10. Норичниковые	11	2
Всего:	262	52

Состав семейств изменяется по течению реки. В Европейской части России пустынная растительность встречается только на юго-востоке в пределах Прикаспийской низменности. В пустынных местообитаниях преобладают сложноцветные, злаковые и маревые, что свидетельствует о взаимосвязи видов пустынных и пойменных местообитаний.

Наибольшее распространение получили такие роды: осоки, полыни, рдесты, астрагалы, молочаи и солянки. Также стоит отметить, что внешний облик или жизненная форма растения безусловно отражают его приспособленность к условиям среды его обитания. Она способна вырабатываться в результате естественного отбора и, разумеется, у каждого вида данный процесс может происходить со своими особенностями или же не происходить вовсе, так как носит достаточно индивидуальный характер. [2]

Растительный покров пустыни отличается высокой динамичностью из-за процессов формирования субстратов, климатических изменений и хозяйственной деятельности, связанной с круглогодичным пастбищным скотоводством. Флора пустыни насчитывает от 160 до 200 видов растений, среди которых доминируют сложноцветные, маревые и злаковые. Широко распространены псаммофиты, такие как гигантский колосняк, верблюдки и песчаный кумарчик. Из-за чрезмерного выпаса скота и перехода к поливному земледелию значительные площади закрепленных песков стали подвижными, увеличилась площадь развеиваемых барханных песков. Одним из методов борьбы с их распространением является фитомелиорация — посадка лесополос (саксаул, безлистный джужгун) и использование растений, таких как гигантский колосняк и пырей для закрепления барханов.

С ранних этапов развития человек использовал некоторые виды растений для посадки, а после и употребления в пищу. Эти виды названы термином, который известен каждому – «культурные растения». С давних пор в окрестностях Астрахани сажались и выращивались арбузы, что позволило им распространиться по всей южной территории страны. [2]

Астраханские томаты занимают лидирующие позиции среди овощных культур. Перерабатывающие предприятия изготавливают высококачественный томатный сок, острые соусы, томатную пасту, пюре, порошок, кетчуп и другие продукты. Томаты Астраханской области по праву пользуются известностью по всей территории европейской части России. [2]

Флора Астраханской области сумела хорошо адаптироваться к засоленным почвам и засушливому климату. Однако растительность по-прежнему остаётся уязвимой к антропогенному воздействию.

1.3 Оценка природно-климатических условий

Погодные условия и климатические особенности определенной местности формируются под воздействием ряда важнейших параметров. К ним относятся: географическое положение, определяемое широтой и удаленностью от океана, циркуляция атмосферных потоков и характер поверхности земли, в том числе высота над уровнем моря, особенности рельефа и тип растительного покрова.

Местоположение Астраханской области характеризуется примерной равноудалённостью от экватора и Северного полюса. В день летнего солнцестояния, 22 июня, продолжительность светового дня колеблется от 15 часов 42 минут на юге и до 16 часов 9 минут на севере. В это время солнце в полуденное время достигает наивысшей точки, а угол падения солнечных лучей составляет 69° на юге и 65° на севере. Зимой, 22 декабря, день сокращается до 8 часов 42 минут на юге и 8 часов 18 минут на севере, а угол падения лучей снижается до 21° и 18° соответственно. [2]

Земля отражает часть солнечной радиации обратно в космос. Климат региона формируется под влиянием его расположения относительно Мирового океана, а точнее непосредственной близости к нему. Астраханская область пребывает в зоне умеренного климата, подверженной западному переносу воздушных масс с Атлантики. Также наблюдается проникновение арктического воздуха и циклонов из Средиземноморья и Причерноморья. Западные и северо-западные ветры приносят осадки, смягчают летнюю жару и повышают зимние температуры.

Ландшафт области представлен в основном равниной с песчаными массивами, за исключением Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги, где

встречаются луга, леса и водоемы. Стоит отметить, что микроклимат этих территорий является уникальным. Он характеризуется более высокими ночными температурами по сравнению с окружающими пустынными районами. Летом испарение влаги в пойме и дельте снижает дневную температуру на 2-3°C. Влажность и растительность снижают температуру почвы на 15°C. На юге дельты период без заморозков на 15-30 дней длиннее, чем на севере. [1,2]

Тип климата Астраханского региона характеризуется как умеренно континентальный, с жарким летом и холодной зимой. Наблюдаются значительные изменения температуры, также недостаточное увлажнение, определяемое малым количеством осадков при высоком показателе испаряемости. Осадки в основном выпадают в теплое время года. В зимний период есть вероятность осадков в виде снега, мокрого снега или дождя, а летом могут наблюдаться ливни с грозами и градом.

В регионе часто наблюдаются безветренные дни, особенно летом. На побережье Каспия формируются бризы: днем ветер дует с моря на сушу, ночью – в обратном направлении. Зимой замерзание северной части Каспия прекращает образование бризов. Долговременные ветры со стороны моря могут вызывать повышение уровня воды. Значительную часть года область пребывает в зоне Сибирского антициклона, что приводит к преобладанию восточных, юго-восточных и северо-восточных ветров. Летом они способствуют жаре, сухости и запыленности, зимой – холодной и ясной погоде.

Времена года в Астраханской области обладают уникальными климатическими чертами. Зима здесь непостоянна: ясные морозные дни сменяются оттепелями и пасмурной погодой. Похолодание обусловлено влиянием Сибирского антициклона и вторжением арктических воздушных масс с севера. Потепления, осадки связаны с прохождением циклонов и атмосферных фронтов. Активность циклонов делает зиму мягче. Преобладающее направление ветра зимой – восточное, в январе и феврале сильные порывы могут сопровождаться метелями. [2]

Весна в регионе короткая, всего полтора месяца, начинается в середине марта и продолжается до начала мая. Весенний период стартует с устойчивого превышения температуры 0°C и достижения 15°C . Потепление происходит стремительно: снег быстро тает, почва оттаивает, лед на реках исчезает к апрелю. К концу апреля начинается половодье, прекращаются заморозки, увеличивается количество солнечных дней. Степь покрывается зеленью, расцветают астрагал и кияк. Возможны засушливые периоды с быстрым иссушением верхних слоев почвы, а восточные ветры могут спровоцировать пыльные бури и перенос семян.

Летний сезон является самый длительный, он продолжается около 4,5 месяцев, с начала мая до середины сентября, и характеризуется устойчивой температурой выше 15°C . Чаще всего наблюдается ясная погода, сопровождающаяся высокими температурными показателями и малой частотой осадков. Самым жарким месяцем является июль. Суточные колебания температуры достигают $10-15^{\circ}\text{C}$. Первая половина июня характеризуется завершением половодья и прогревом воды в реках, а мелководные ильмени могут полностью пересыхать, образуя солончаки. Усиливаются западные и северо-западные ветры, приносящие ливневые дожди с грозами и градом, которые могут нанести ущерб сельскому хозяйству. Иногда наблюдается "сухой дождь", когда осадки испаряются, не достигая земли.

В середине сентября астраханская осень вступает в свои права с понижением температуры ниже 5°C . Приходит ясная и солнечная погода, которую сопровождают сбалансированно высокие дневные и прохладные ночные температуры. Вторая половина октября охарактеризована началом заморозков и приобретением осенними оттенками листвы. Подходит к концу сбор урожая. Температура воды в реках еще достаточно благоприятная, поэтому по утрам над водоемами образуются туманы из-за столкновения теплого воздуха с холодным. Увеличивается количество дождливых дней. Последняя половина ноября ознаменуется началом постепенного перехода к зиме. [2]

Климат Астраханской области умеренно-континентальный с длительным периодом солнечной активности, высокими изменяющимися показателями температуры в летний период, интенсивной испаряемостью и достаточно малым количеством осадков. Такой климат способствует выращиванию теплолюбивых и долгоспеющих сельскохозяйственных культур. Сравнительно мягкие зимы и отсутствие постоянного снежного покрова позволяют использовать земли в некоторых районах области для пастбищного животноводства круглый год.

Глава 2. Оценка режима метеорологических характеристик Астраханской области

2.1 Особенности продолжительности солнечного сияния и приходящей солнечной радиации

Продолжительностью солнечного сияния называется метеорологический показатель, выражающий отрезок времени, в период которого солнечный диск не закрывается туманами или облачностью и освещает земную поверхность прямыми лучами или прямой солнечной радиацией. [9, 10]

На рисунке 2.1 представлены среднемесячные значения продолжительности солнечного сияния на станции Астрахань.

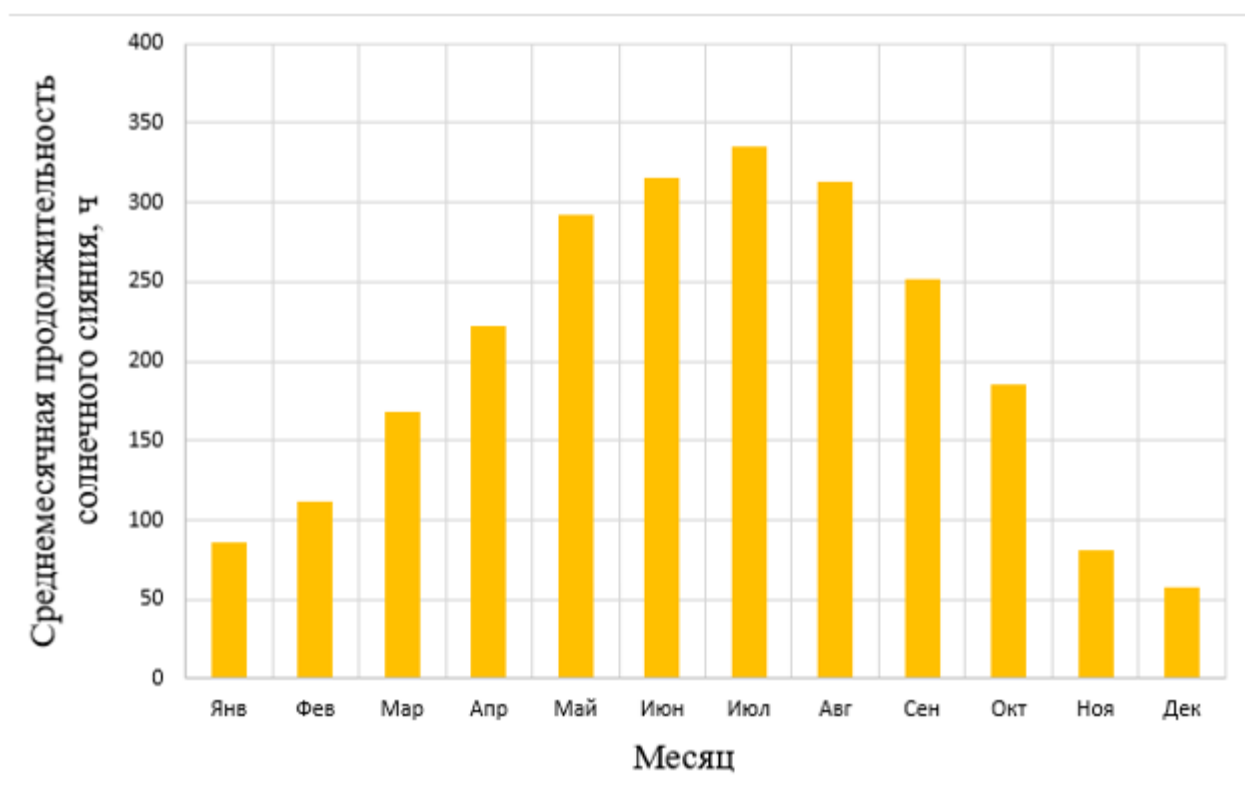


Рисунок 2.1. Среднемесячная продолжительность солнечного сияния

Максимальное значение среднемесячной продолжительности солнечного сияния отмечается в июле и составляет 335 ч. Минимальная продолжительность наблюдается в декабре, её значение составляет 58 ч. Среднее

годовое значение продолжительности солнечного сияния составляет 202 ч. Из этого следует, что наибольшая продолжительность солнечного сияния наблюдается в летние месяцы.

Сама по себе солнечная радиация является энергией, излучаемой небесным светилом. Достигая верхних слоев атмосферы, она существенно трансформируется, прежде чем коснуться земной поверхности. В процессе этого путешествия какая-то часть радиации поглощается, а какая-то – рассеивается и отражается облаками и земной поверхностью. Молекулы воздуха также участвуют в рассеивании, а различные твердые и жидкие включения в атмосфере оказывают влияние на солнечную радиацию.

Растения в наибольшей степени получают прямую и рассеянную радиацию, в гораздо меньшем количестве – отражённую. Непосредственно прямая солнечная радиация – это компонент солнечной энергии, доходящий до земной поверхности в виде параллельных лучей, исходящих от наблюдаемого солнечного диска. Интенсивность излучения (S) характеризует его приток к земной поверхности или на заданной высоте в атмосфере. Она представляет собой величину лучистой энергии, достигающей единицу поверхности, расположенной перпендикулярно солнечным лучам, за единицу времени. Количество прямой солнечной радиации, попадающей на горизонтальную поверхность (S'), вычисляется по установленной формуле:

$$S' = S \cdot \sin h_{\odot}, \quad (2.1)$$

где $h_{\odot}$ – высота Солнца над горизонтом.

Величины прямого солнечного излучения S и S' значительно изменяются под влиянием ряда факторов, включая солнечную постоянную, состояние атмосферных слоев и расстояние между нашей планетой и Солнцем. В каждой точке измерения для них характерны выраженные суточные и годовые колебания. [10]

Рисунок 2.2 демонстрирует годовой график месячных сумм прямой солнечной радиации на метеорологической станции Астрахань.

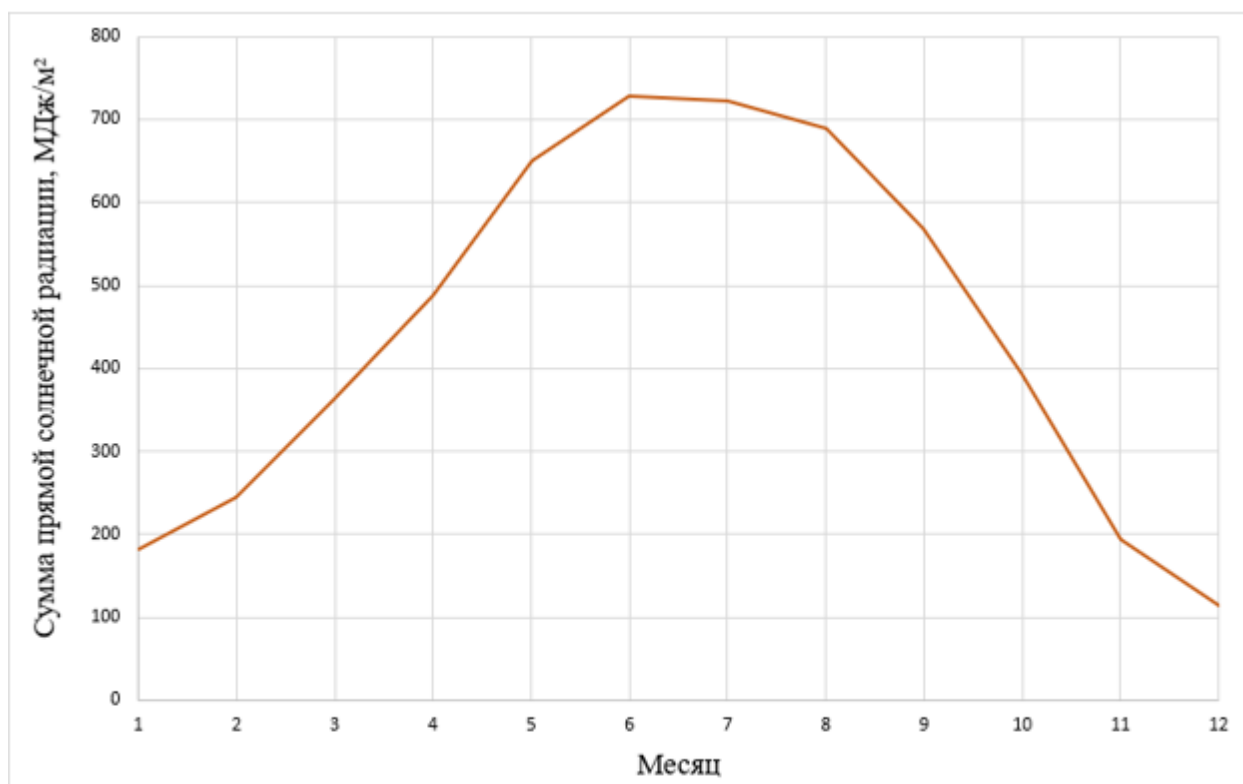


Рисунок 2.2. Месячная сумма прямой солнечной радиации

Наибольшая интенсивность поступления прямой солнечной радиации фиксируется в июне, достигая отметки в 728 МДж/м². Наименьший приток наблюдается в декабре, с показателем 114 МДж/м². Среднегодовой показатель суммарной радиации равняется 5339 МДж/м².

В дополнение к анализу прямой солнечной радиации, падающей на перпендикулярную поверхность, важно рассмотреть потоки прямой радиации, достигающие горизонтальной поверхности, принимая во внимание средние условия облачности.

Таблица 2.1 – Месячная сумма прямой солнечной радиации (Мдж/м²) на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности на станции Астрахань

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	всего
Сумма прямой солнечной радиации	56	100	186	304	427	488	480	427	314	180	67	35	3064

Рисунок 2.3 иллюстрирует годовой график месячных сумм прямой солнечной радиации на метеорологической станции Астрахань.

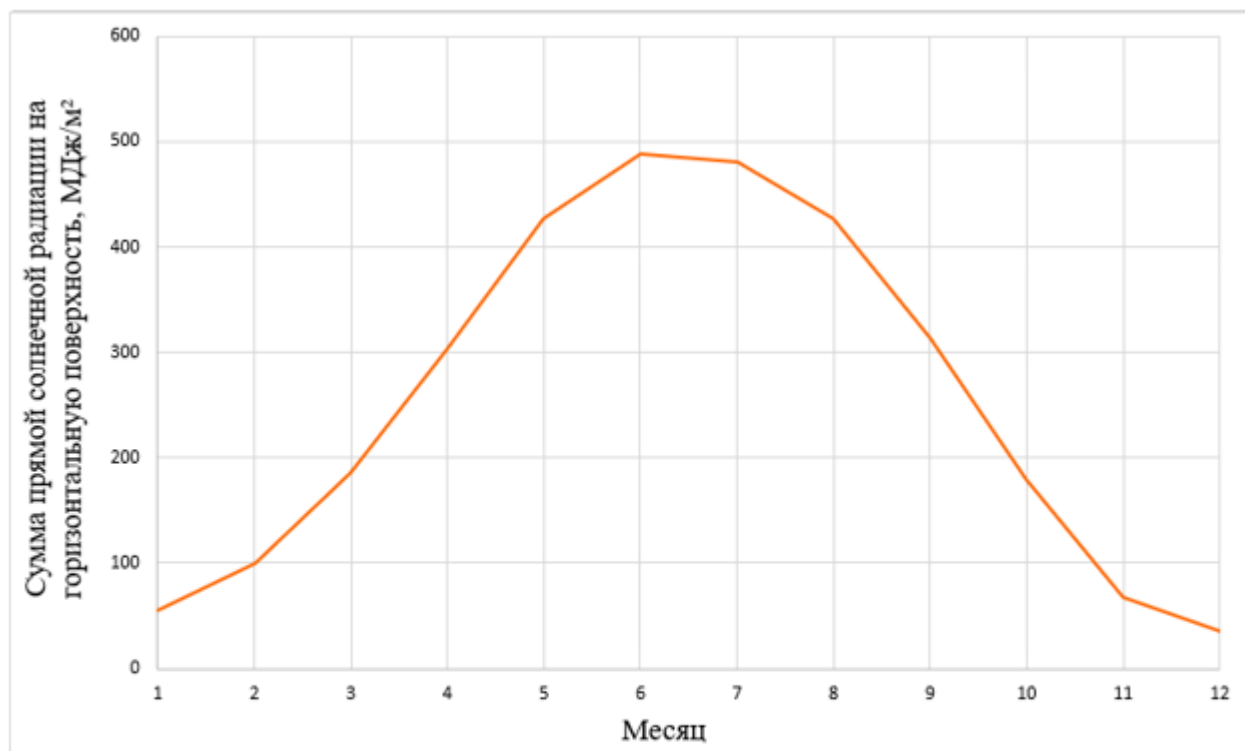


Рисунок 2.3. Месячная сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность

Рассмотрев представленный график, можно констатировать, что минимальный объем прямой солнечной энергии, достигающей горизонтальной поверхности, приходится на декабрь месяц и составляет 35 МДж/м². Наибольшая величина зафиксирована в июне и достигает 488 МДж/м². В среднем, годовая сумма прямой солнечной радиации оценивается в 3064 МДж/м².

Сравнивая графики месячной суммы прямой солнечной радиации, приходящей на перпендикулярную и горизонтальную поверхности, становится явно видно, что первая (перпендикулярная поверхность) достигает более значительных показателей. Эта разница объясняется различием в углах падения солнечных лучей на разные поверхности.

Рассеянная радиация (D) является частью солнечной энергии, которая, пройдя атмосферу и отразившись от облачных образований, доходит до горизонтальной поверхности. Распространение этой части радиации происходит от

рассеивающих частиц так, будто они самостоятельно излучают свет. Следовательно, рассеянная радиация поступает на поверхность Земли не только от небесного светила, но и со всего небосвода. Объем рассеянной радиации напрямую зависит от высоты Солнца над горизонтом и степени загрязнения атмосферного воздуха: чем выше положение Солнца и сильнее загрязнение, тем больше уровень рассеянной радиации. Облачность, не закрывающая Солнце, способствует увеличению рассеянной радиации по сравнению с ясным небом. Влияние облаков на рассеянную радиацию – явление комплексное и определяется видом, количеством, вертикальной толщиной и оптическими характеристиками облаков. [9, 10]

В таблице 2.2 приведены значения месячной суммы рассеянной солнечной радиации при средних условиях облачности на станции Астрахань.

Таблица 2.2 – Месячная сумма рассеянной солнечной радиации (МДж/м²) при средних условиях облачности на станции Астрахань

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	всего
Рассеянная солнечная радиация	81	102	185	224	263	250	239	223	163	120	77	60	1987

Рисунок 2.4 иллюстрирует годовой график месячных сумм рассеянной солнечной радиации на метеорологической станции Астрахань. Визуально можно увидеть, что ход рассеянной радиации имеет наибольшие значения в тёплое время года. Наименьшие значения можно увидеть с наступлением холодов, в зимние месяцы рассеянная радиация имеет минимальные значения. Стоит заметить и то, что в переходные сезоны изменения хода довольно серьёзные (в весеннее время сильный рост, а в осеннее такое же сильное падение).

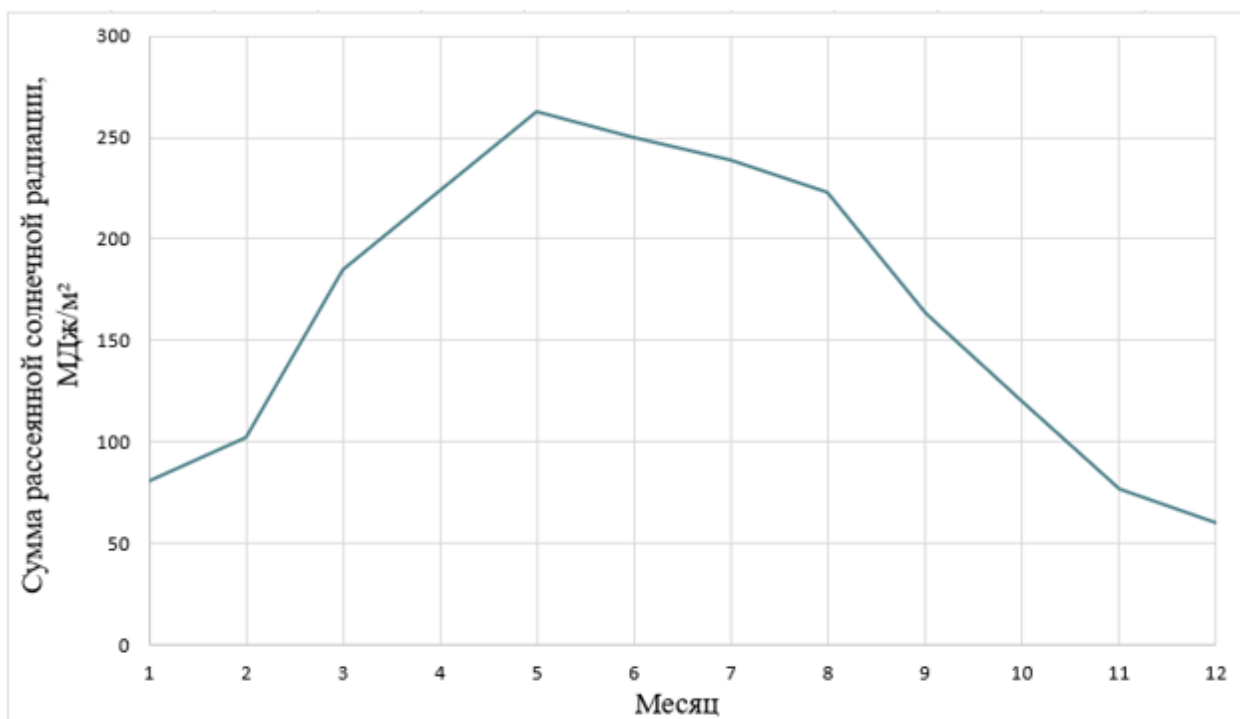


Рисунок 2.4. Месячная сумма рассеянной солнечной радиации

Анализ графика показывает, что минимальный месячный уровень диффузного излучения приходится на декабрь, достигая всего 60 МДж/м². Наивысшее значение наблюдается в мае, когда показатель возрастает до 263 МДж/м². Суммарно за год объем рассеянной радиации составляет 1987 МДж/м².

Следует подчеркнуть, что пиковые и минимальные значения рассеянной радиации (согласно таблице 2.2 и рисунку 2.4) значительно меньше показателей прямой солнечной радиации (см. рисунки 2.2 и 2.3). Это объясняется тем, что на рассеянную радиацию влияет вся небесная полусфера и облачность, в то время как на прямую солнечную радиацию – только солнечный диск.

Общая солнечная радиация (Q) складывается из прямой солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность, и рассеянной солнечной радиации. Высота Солнца над горизонтом напрямую влияет на оба этих компонента. В ясную погоду с ростом высоты Солнца интенсивность рассеянной солнечной радиации падает. Помимо этого, рост показателя прозрачности атмосферы приводит к снижению уровня рассеянного излучения. Во время плотной облачности вся суммарная радиация представлена только компонентой

рассеянной радиации. Суммарную радиацию (Q) можно рассчитать по формуле:

$$Q = S' + D, \quad (2.2)$$

где S' – интенсивность прямой радиации, D – интенсивность рассеянной радиации.

В северном полушарии во время ясной погоды солнечная радиация выражает суточные изменения с наибольшим показателем интенсивности в полуденное время, а также сезонные изменения с пиком в летние месяцы. Облачность, как правило, снижает уровень общей поступающей радиации, в связи с чем, летним утром интенсивность радиации обычно выше, чем вечером. Аналогично, в первые шесть месяцев года радиационные показатели превышают значения второй половины года. [10]

Таблица 2.3 – Месячная сумма суммарной солнечной радиации (МДж/м²) при средних условиях облачности на станции Астрахань

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	всего
Суммарная солнечная радиация	254	353	570	730	882	904	893	770	590	443	289	212	6890

Рисунок 2.5 иллюстрирует график месячных сумм суммарной солнечной радиации на метеорологической станции Астрахань. Визуально можно увидеть, что ход суммарной радиации имеет наибольшие значения в тёплое время года, выпуклость кривой хода это наглядно демонстрирует. Наименьшие значения можно увидеть с наступлением холодов, в зимние месяцы суммарная радиация имеет минимальные значения. Стоит заметить и то, что в переходные сезоны изменения хода довольно серьёзные (в весеннее время сильный рост, а в осеннее такое же сильное падение).

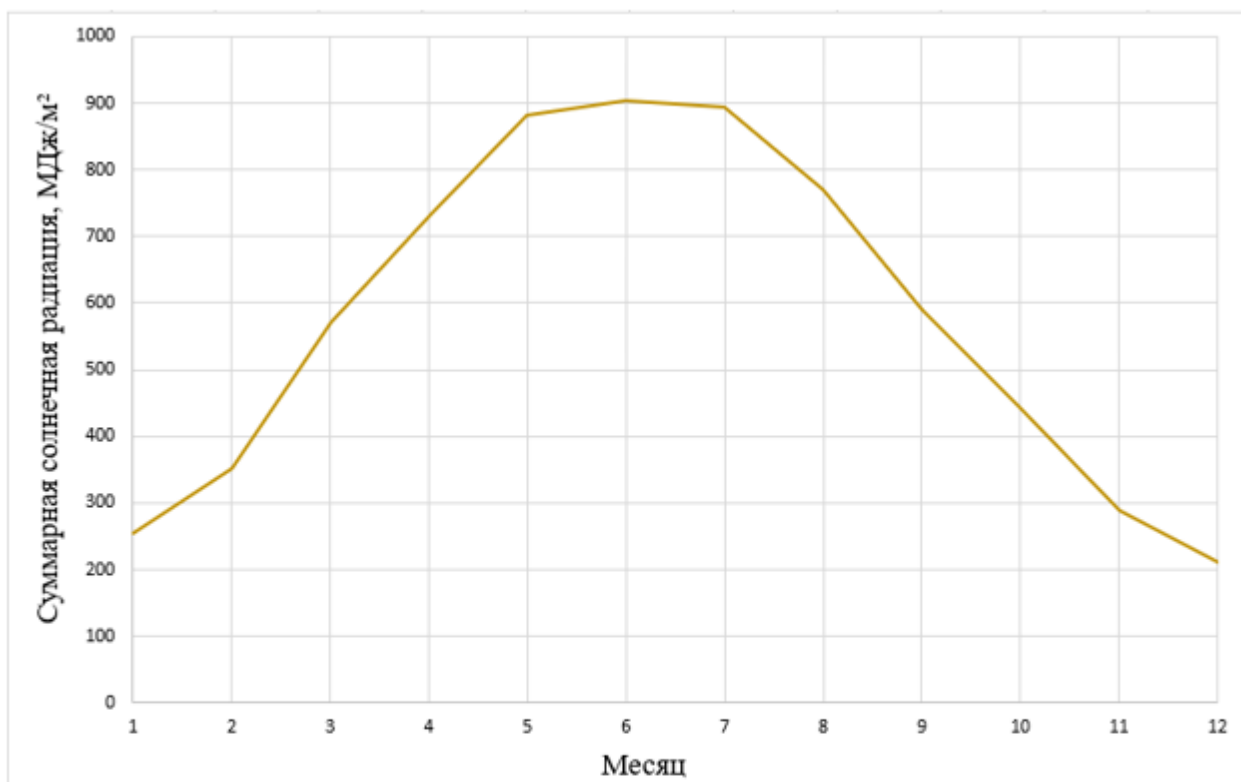


Рисунок 2.5. Месячная сумма суммарной солнечной радиации при средних условиях облачности

На графике видно, что наименьшее количество суммарной солнечной радиации при типичной облачности наблюдается в декабре и составляет 212 МДж/м², в то время как максимальное значение фиксируется в июне – 904 МДж/м². Годовая сумма рассеянной радиации достигает 6890 МДж/м².

Важно подчеркнуть, что объем суммарной солнечной радиации в первой половине года немного больше, чем во второй. Вероятно, это обусловлено облачностью, так как суммарная радиация включает рассеянную радиацию, напрямую зависящую от наличия облаков.

Радиационный баланс активной поверхности Земли представляет собой разницу между потоками лучистой энергии, направленными к ней, и потоками, покидающими её. Этот баланс формируется из коротковолнового и длинноволнового излучения и включает прямую солнечную радиацию (S'), рассеянную радиацию (D), отраженную радиацию (R_k), излучение земной поверхности (E_3) и встречное излучение атмосферы (E_a). Все эти компоненты

являются составляющими радиационного баланса, уравнение которого имеет следующую форму:

$$B = S' + D - R_k - E_s + E_a, \quad (2.3)$$

где B – радиационный баланс.

Также уравнение радиационного баланса может быть записано через эффективное излучение.

$$B = Q - R_k - E_{эф}, \quad (2.4)$$

где Q – суммарная радиация, совмещающая прямую и рассеянную радиацию, $E_{эф}$ – эффективное излучение.

В пасмурный период при отсутствии прямой солнечной радиации уравнение будет иметь вид:

$$B = D - R_k - E_s + E_a = D - R_k - E_{эф} \quad (2.5)$$

А при тех же самых условиях в ночное время суток уравнение радиационного баланса примет вид:

$$B = E_a - E_s = - E_{эф} \quad (2.6)$$

Если поступление лучистой энергии превышает её потери, возникает положительный радиационный баланс, приводящий к нагреву активной поверхности Земли. И наоборот, при отрицательном радиационном балансе происходит охлаждение этого слоя. Как правило, днем приток радиации преобладает над оттоком, создавая положительный баланс, в то время как ночью наблюдается обратная ситуация, что отчетливо иллюстрируется уравнениями (2.5) и (2.6). [8,10]

Таблица 2.4 – Месячная сумма радиационного баланса деятельного слоя (МДж/м²) при средних условиях облачности на станции Астрахань

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	всего
Радиационный баланс	-3	38	152	244	344	352	344	299	191	90	24	0	2075

Рисунок 2.6 иллюстрирует график месячных сумм радиационного баланса на метеорологической станции Астрахань.

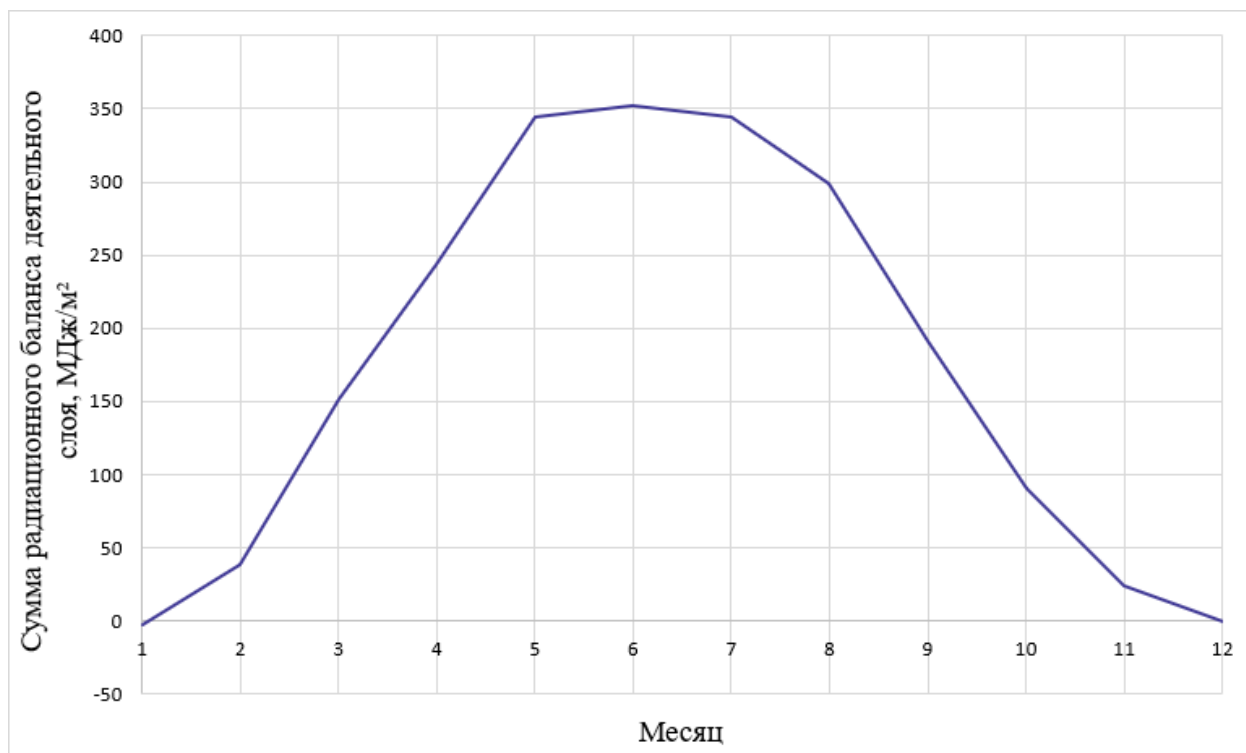


Рисунок 2.6. Месячная сумма радиационного баланса деятельного слоя при средних условиях облачности

Изучение графика выявляет, что минимальные значения радиационного баланса наблюдаются в зимний сезон, с самой низкой отметкой в январе, опускающейся до -3 МДж/м^2 . Это говорит о том, что в зимние месяцы поступление солнечной энергии существенно уменьшается из-за сокращения продолжительности дня и увеличения облачности. Самая высокая точка радиационного баланса приходится на июнь, достигая 352 МДж/м^2 . Суммарное количество рассеянной радиации за год составляет 2075 МДж/м^2 , что свидетельствует о значительном объеме энергии, доступной для климатических процессов. Зимние месяцы характеризуются отрицательными показателями радиационного баланса, что вызвано наиболее низкими температурами воздуха в этот период. В результате, верхний слой почвы не получает достаточного тепла, и отдача радиации превышает ее приток. Это может вызывать замедление темпов роста растений и уменьшение биологической активности в экосистемах.

2.2 Оценка температурного режима воздуха и почвы

Одной из важнейших характеристик оценки температуры воздуха является её годовая динамика.

Средние значения ежемесячной температуры воздуха, зафиксированные на пяти метеостанциях Астраханского региона, а именно в Астрахани, Досанге, Верхнем Баскунчаке, Лимане и Зеленге, приведены в Таблицах 2.5, 2.6, 2.7, 2.8 и 2.9.

Таблица 2.5 – Среднемесячная температура воздуха на станции Астрахань

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек
t, °C	-3,6	-2,6	3,4	11,8	18,6	24,1	26,3	25,2	18,3	11,0	3,7	-1,5

Таблица 2.6 – Среднемесячная температура воздуха на станции Досанг

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек
t, °C	-4,6	-3,6	2,9	11,6	18,6	24,1	26,4	25,1	17,8	10,1	2,6	-2,5

Таблица 2.7 – Среднемесячная температура воздуха на станции Верхний Баскунчак

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек
t, °C	-6,2	-5,2	1,7	11,1	18,2	23,8	26,2	25,1	17,5	9,4	1,5	-3,9

Таблица 2.8 – Среднемесячная температура воздуха на станции Лиман

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек
t, °C	-3,0	-2,0	4,0	12,0	19,1	24,7	26,6	25,6	18,7	11,4	4,4	-0,1

Таблица 2.9 – Среднемесячная температура воздуха на станции Зеленга

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек
t, °C	-4,1	-3,0	3,3	11,7	18,7	24,1	25,5	24,7	18,0	10,9	3,8	-1,0

Рисунок 2.7 представляет среднемесячные температуры воздуха по пяти метеостанциям Астрахань, Досанг, Верхний Баскунчак, Лиман, Зеленга.

Визуально можно увидеть, что большинство ходов образуют довольно схожую волнообразную линию тренда, которая имеет ярко выраженный выпуклый сектор в тёплое время года, а основная вогнутость, говорящая о наименьших значениях исследуемого параметра, наблюдается в зимние месяцы.

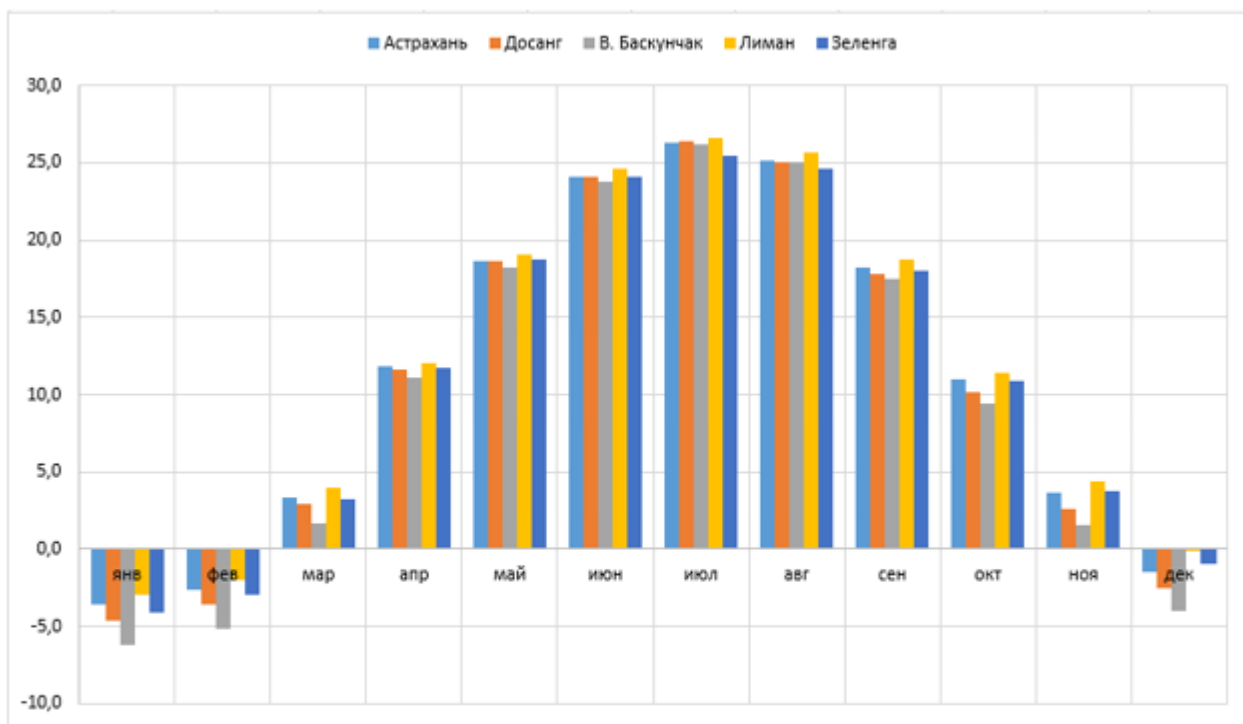


Рисунок 2.7. Среднемесячные температуры воздуха по метеостанциям Астрахань, Досанг, Верхний Баскунчак, Лиман, Зеленга

На основании анализа представленных графиков можно констатировать, что среднегодовые температуры воздуха, зарегистрированные на пяти метеорологических станциях, демонстрируют сопоставимые значения.

В Астрахани наивысшая среднемесячная температура воздуха отмечена в июле и достигает 26,3 °C. Самые низкие температуры наблюдаются в январе, опускаясь до -3,6 °C. Средняя годовая температура в Астрахани составляет 11,2 °C.

В районе Досанга пик среднемесячной температуры также приходится на июль, достигая 26,4 °C. Самая низкая температура зафиксирована в январе (-4,6 °C). Среднегодовая температура в этой местности – 10,7 °C.

На метеостанции Верхний Баскунчак максимальная среднемесячная температура зафиксирована в июле (26,2 °С), а минимальная – в январе (-6,2 °С). Среднегодовая температура воздуха здесь равна 10,0 °С.

В Лимане июль характеризуется максимальной среднемесячной температурой (26,6 °С), в то время как январь – минимальной (-3,0 °С). Среднегодовая температура воздуха составляет 11,8 °С.

В Зеленге самая высокая средняя температура за месяц отмечена в июле (25,5 °С), а самая низкая – в январе (-4,1 °С). Среднегодовая температура воздуха достигает 11,1 °С.

Для более подробного сопоставления и визуализации различий температур между станциями на графике представлена разница температур. Визуальное сравнение подтверждает незначительные отклонения средних температурных показателей.

Помимо среднемесячных температур, целесообразно рассмотреть средние максимальные температуры воздуха по месяцам и за год.

Таблицы 2.10, 2.11, 2.12, 2.13 и 2.14 содержат подробные данные о среднемесячных температурах воздуха, полученных на пяти станциях Астраханской области: Астрахань, Досанг, Верхний Баскунчак, Лиман и Зеленга.

Таблица 2.10 – Среднемесячная максимальная температура воздуха на станции Астрахань

Месяц	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
t, °С	-0,8	0,9	8,3	18,1	25,3	31,1	33,1	32,3	24,8	16,6	7,4	1,6

Таблица 2.11 – Среднемесячная максимальная температура воздуха на станции Досанг

Месяц	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
t, °С	-2,0	-0,1	8,2	18,4	25,6	31,7	33,5	33,2	25,1	16,4	6,9	0,9

Таблица 2.12 – Среднемесячная максимальная температура воздуха на станции Верхний Баскунчак

Месяц	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
t, °C	-3,9	-2,2	6,0	17,3	25,4	30,7	32,9	32,3	23,9	14,8	5,1	-1,0

Таблица 2.13 – Среднемесячная максимальная температура воздуха на станции Лиман

Месяц	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
t, °C	-1,3	0,8	8,4	18,1	25,5	31,1	32,9	32,8	24,9	16,6	7,0	1,6

Таблица 2.14 – Среднемесячная максимальная температура воздуха на станции Зеленга

Месяц	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
t, °C	-1,9	0,2	8,0	17,0	24,1	30,0	32,1	32,0	24,4	16,6	6,8	1,1

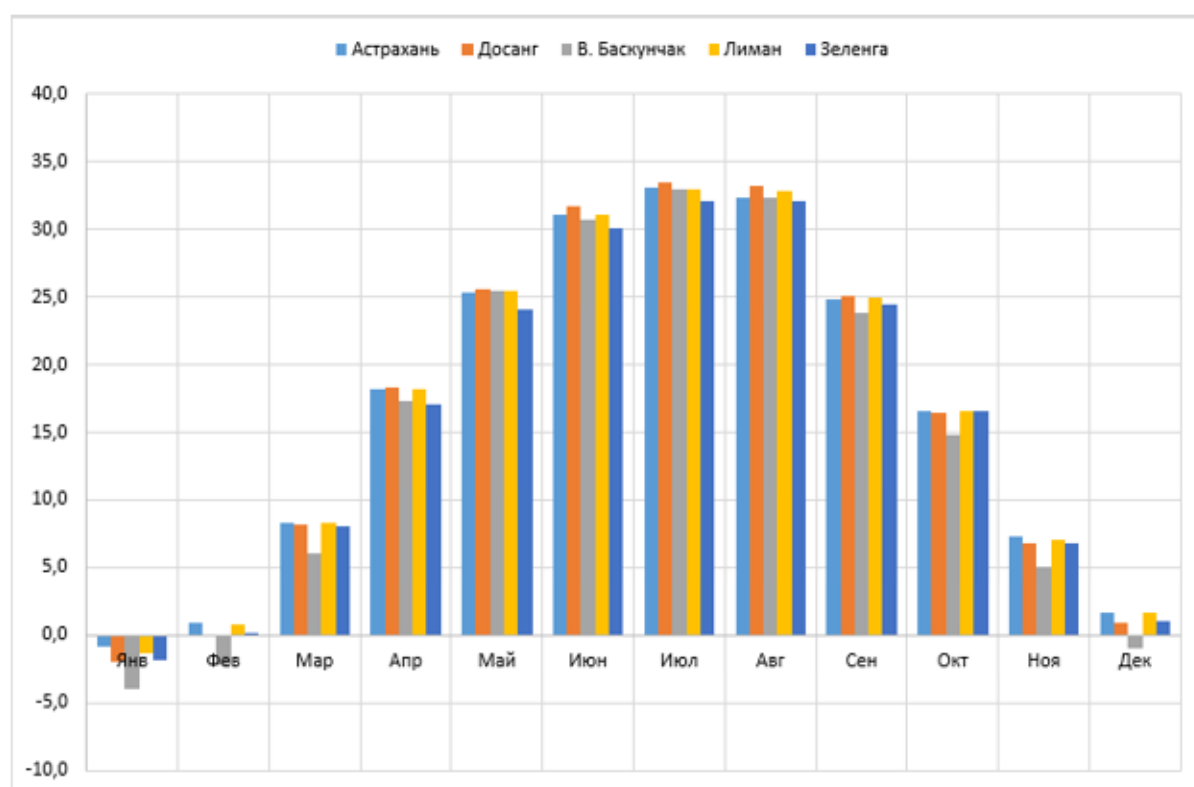


Рисунок 2.8. Среднемесячные максимальные температуры воздуха по метеостанциям Астрахань, Досанг, Верхний Баскунчак, Лиман, Зеленга

Изучение представленных графических материалов позволяет заключить, что среднегодовые температурные показатели воздуха демонстрируют незначительные расхождения между пятью исследуемыми метеорологическими станциями.

В Астрахани зарегистрирован пик среднемесячной максимальной температуры в июле, достигающий 33,1 °С. Самая низкая температура (-0,8 °С) зафиксирована в январе. Среднегодовая максимальная температура здесь составляет 16,6 °С.

На метеостанции Досанг наивысшие среднемесячные максимальные температуры также приходятся на июль (33,5 °С), а минимальные (-2,0 °С) – на январь. Среднегодовая максимальная температура равна 16,5 °С.

В Верхнем Баскунчаке самая высокая среднемесячная температура воздуха отмечена в июле (32,9 °С), а самая низкая – в январе (-3,9 °С). Среднегодовая максимальная температура воздуха составляет 15,1 °С.

В Лимане максимальная среднемесячная температура наблюдается в июле (32,9 °С), а минимальная – в январе (-1,3 °С). Средняя годовая максимальная температура воздуха – 16,5 °С.

В Зеленге наибольшая среднемесячная максимальная температура зафиксирована в июле (32,1 °С), а наименьшая – в январе (-1,9 °С). Средняя годовая максимальная температура воздуха равна 15,9 °С.

Температура почвы имеет тенденцию к понижению при положительном радиационном балансе на поверхности (преимущественно в дневное время) и к повышению при отрицательном (обычно ночью). Наиболее сложная картина распределения среднесуточной температуры по глубине отмечается в переходные периоды года. В низких широтах среднегодовая температура почвы уменьшается с глубиной, а в высоких широтах – возрастает. [10, 12]

В таблицах 2.15 и 2.16 представлены данные о среднемесячных температурах почвы в теплый период на глубинах 5, 10, 15 и 20 см для Астрахани и Верхнего Баскунчака. Соответствующие графики температур почвы для каждой из этих точек отражены на рисунках 2.9 и 2.10.

Таблица 2.15 – Средние месячные температуры почвы в теплый период времени на станции Астрахань

Месяц / глубина h, см	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя
5	13,2	21,2	27,3	30,3	29,1	21,4	13,3	10,6
10	12,7	20,6	26,7	29,6	28,6	21,6	13,8	11,2
15	12,2	20,0	26,0	29,0	28,2	21,7	14,2	11,7
20	11,8	19,3	25,5	28,5	27,9	21,6	14,4	12,1

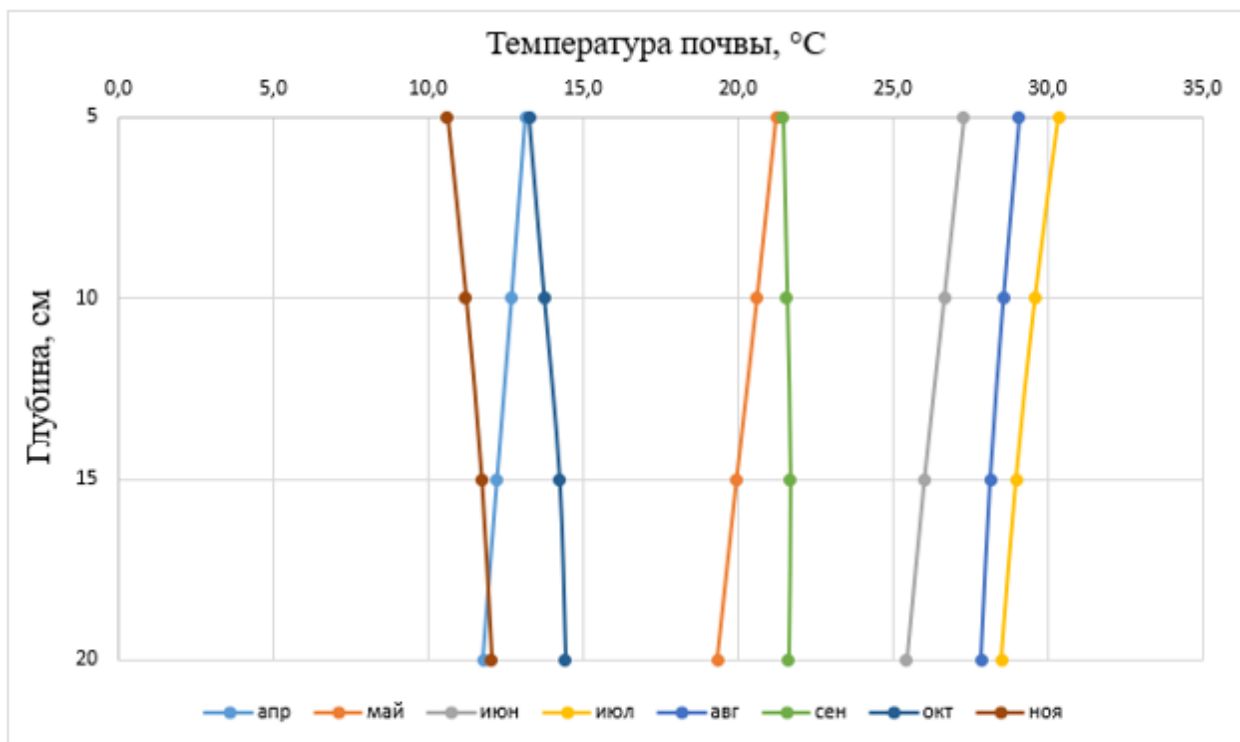


Рисунок 2.9. Среднемесячные температуры почвы в тёплое время года на станции Астрахань

В Астрахани наиболее высокие температуры почвы на уровне 5 см наблюдались в июле, достигая отметки в 30,3 °С. Наименьшие значения были зарегистрированы в ноябре – 5,6 °С. На глубине 10 см максимальная температура, как и выше, приходится на июль, составляя 29,6 °С, а минимальная – 11,2 °С в ноябре. На 15-сантиметровой глубине июль выделяется пиковым значением температуры в 29,0 °С, тогда как ноябрь демонстрирует минимум – 11,7 °С. На глубине 20 см максимальная температура в июле достигает 28,5 °С, а минимальное значение, равное 11,8 °С, зарегистрировано в апреле.

Таблица 2.16 – Средние месячные температуры почвы в тёплый период времени на станции Верхний Баскунчак

Месяц / глубина h , см	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя
5	8,8	13,5	21,4	27,5	30,0	29,1	20,4	12,0	8,4
10	8,4	12,6	20,2	26,2	28,9	28,1	20,1	12,1	7,9
15	7,8	12,1	19,6	25,6	28,3	27,6	20,2	12,5	8,6
20	7,7	11,7	19,1	25,2	27,8	27,4	20,1	12,7	9,0

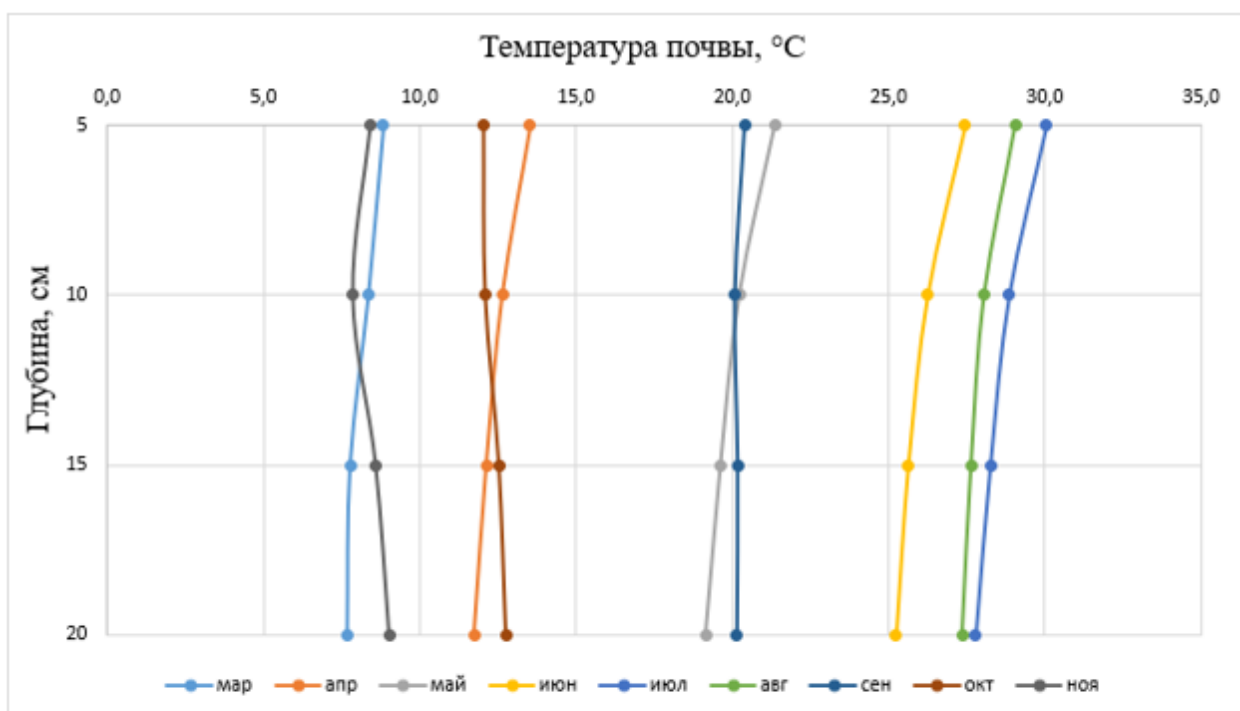


Рисунок 2.10. Среднемесячные температуры почвы в тёплое время года на станции Верхний Баскунчак

На метеостанции Верхний Баскунчак максимальная температура почвы на глубине 5 см отмечена в июле (30,0 °C), а минимальная – в ноябре (8,4 °C). На 10-сантиметровой глубине пик температуры также приходится на июль и составляет 28,9 °C, минимум же зафиксирован в ноябре – 7,9 °C. На глубине 15 см июльская температура поднимается до максимального значения в 28,3 °C, в то время как мартовская опускается до минимального в 7,8 °C. На уровне 20 см самая высокая температура, 27,8 °C, зарегистрирована в июле, а самая низкая, 7,7 °C, – в апреле.

2.3 Анализ показателей влажности и характера осадков

Влажность воздуха – это метеорологическая величина, которая характеризует содержание водяного пара в атмосфере Земли. Она является одной из наиболее существенных характеристик погоды и климата. Влажность воздуха колеблется в широких пределах.

Для характеристики влажности воздуха применяются несколько величин. Эти величины отражают либо абсолютное содержание водяного пара в атмосфере, либо степень близости атмосферного воздуха к состоянию насыщения. [7]

Упругость водяного пара (e) показывает действительное количество водяного пара в атмосфере, измеряемое его парциальным давлением. Значение обычно представляется с точностью до десятых долей. Этот параметр, как правило, указывается в таблицах и выражается в гектопаскалях (гПа).

Упругость насыщения (E) – это предельное количество водяного пара, которое может содержаться в воздухе при заданной температуре и над конкретной поверхностью. Как и упругость водяного пара, этот показатель представлен в табличной форме и находится в прямой зависимости от температуры: при её увеличении растет и упругость насыщения, и наоборот. Единицей измерения служит гектопаскаль (гПа).

Дефицит влажности (d) представляет собой разницу между максимально возможным и фактическим содержанием водяного пара в атмосфере при определенных условиях. Расчет дефицита насыщения производится по формуле:

$$d = E - e \quad (2.7)$$

Дефицит насыщения измеряется в тех же единицах и с такой же точностью, как и величины e и E .

Относительная влажность (f) – это отношение реального содержания водяного пара в атмосфере к максимально возможному при данной температуре и данной поверхности, умноженное на сто процентов.

$$f = \frac{e}{E} \cdot 100\% \quad (2.8)$$

Относительная влажность воздуха позволяет оценить степень его насыщенности водяным паром при текущей температуре. Она показывает, как далеко текущее состояние воздуха от полного насыщения влагой. Важно учитывать, что относительная влажность обратно пропорциональна температуре: при снижении температуры её значение возрастает. Эта величина выражается в процентах и является важным показателем состояния атмосферы. [7, 10]

Таблица 2.17 – Средние показатели относительной влажности (%) на станции Астрахань

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	За год
Относительная влажность	84	80	71	61	59	54	53	54	63	72	81	85	68

Таблица 2.18 – Средние показатели относительной влажности (%) на станции Досанг

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	За год
Относительная влажность	84	81	72	59	52	44	43	41	54	68	80	85	64

Таблица 2.19 – Средние показатели относительной влажности (%) на станции Верхний Баскунчак

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	За год
Относительная влажность	83	81	72	59	52	45	44	42	53	67	80	84	64

Таблица 2.20 – Средние показатели относительной влажности (%) на станции Лиман

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	За год
Относительная влажность	86	81	74	63	59	51	51	52	63	74	82	86	68

Таблица 2.21 – Средние показатели относительной влажности (%) на станции Зеленга

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	За год
Относительная влажность	85	82	76	67	69	68	68	67	72	77	83	85	75

На рисунке 2.11 представлены среднемесячные показатели относительной влажности на станциях Астрахань, Досанг, Верхний Баскунчак, Лиман и Зеленга.

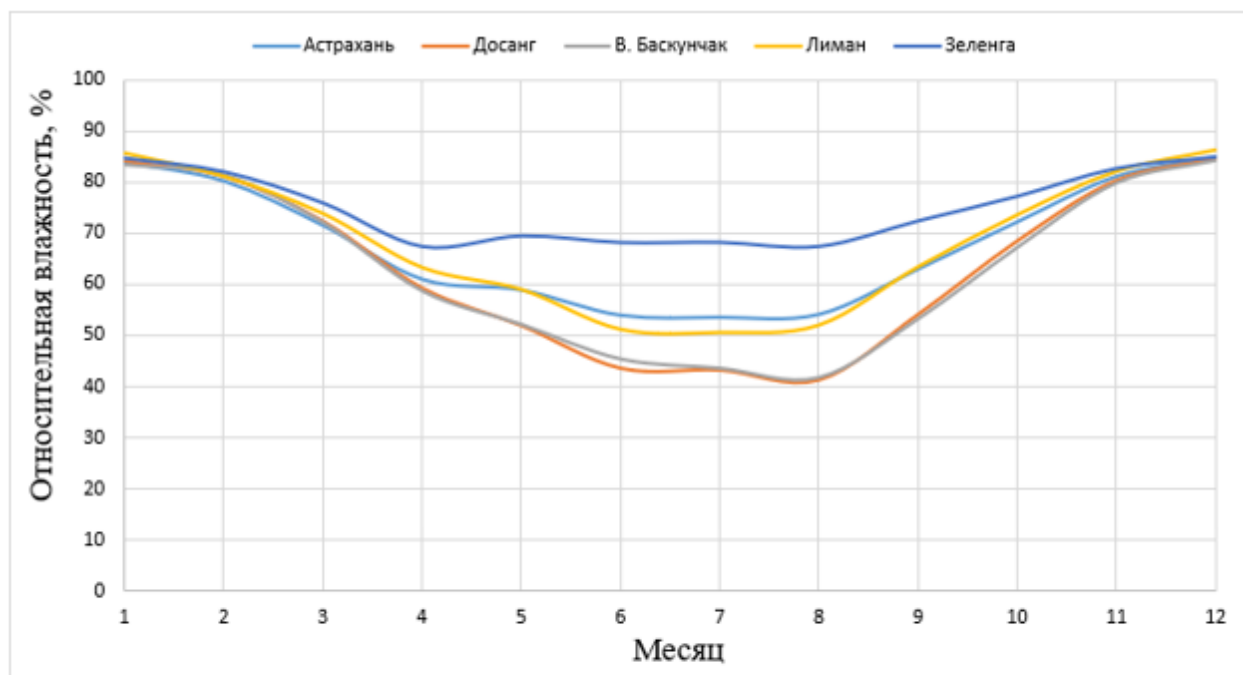


Рисунок 2.11. Среднемесячные показатели относительной влажности на станциях Астрахань, Досанг, Верхний Баскунчак, Лиман и Зеленга

Согласно представленной информации (таблица 2.17, рисунок 2.11), пик относительной влажности в Астрахани приходится на декабрь, достигая 85%. Наименьшие показатели зафиксированы в июле – 53%. Среднегодовая влажность в этом регионе – 68%.

Изучение данных (таблица 2.18, рисунок 2.11) указывает на то, что станция Досанг также демонстрирует наивысшую влажность в декабре (85%). Самые низкие значения, 41%, зарегистрированы в августе. Средняя влажность за год – 64%.

Основываясь на данных (таблица 2.19, рисунок 2.11), можно утверждать, что в Верхнем Баскунчаке максимальная влажность (84%) характерна для декабря, а минимальная (42%) – для августа. Среднегодовой показатель влажности здесь равен 64%.

Анализ информации (таблица 2.20, рисунок 2.11) показывает, что в Лимане самые высокие уровни влажности (86%) наблюдаются в декабре и январе, а самые низкие (51%) – в июне и июле. Среднегодовое значение составляет 68%.

Данные (таблица 2.21, рисунок 2.11) демонстрируют, что в Зеленге пик относительной влажности (85%) приходится на декабрь и январь, а минимум (67%) – на апрель и август. Среднегодовой уровень влажности – 75%.

В смешанных облаках происходит объединение водяных капель и ледяных кристаллов, что приводит к формированию более крупных частиц, которые затем под действием силы тяжести оседают на поверхность земли. Осадки – это вода, находящаяся в жидком или твердом состоянии, выпадающая из облаков или образующаяся в результате конденсации водяного пара на земной поверхности. Общее количество выпавших осадков измеряется высотой слоя воды, обычно в миллиметрах или сантиметрах. Интенсивность осадков (h) определяется как количество осадков, выраженное в миллиметрах, выпавшее за одну минуту.

$$h = \frac{r}{t} \quad (2.9)$$

где r – слой осадков (мм), t – время выпадения осадков (мин).

В таблицах 2.22, 2.23, 2.24, 2.25 и 2.26 представлен годовой ход осадков (мм) по 5 станциям Астраханской области: Астрахань, Досанг, Верхний Баскунчак, Лиман и Зеленга.

Таблица 2.22 – Годовой ход осадков (мм) на с Астрахань

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	за год
Осадки	13	14	18	24	26	22	18	13	18	19	18	18	221

Таблица 2.23 – Годовой ход осадков (мм) на станции Досанг

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	за год
Осадки	17	15	17	18	23	18	15	13	15	16	21	16	203

Таблица 2.24 – Годовой ход осадков (мм) на станции. Верхний Баскун-
чак

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	за год
Осадки	21	21	25	21	29	24	28	11	23	27	23	27	279

Таблица 2.25 – Годовой ход осадков (мм) на станции Лиман

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	за год
Осадки	15	13	19	17	28	23	18	13	21	18	19	18	222

Таблица 2.26 – Годовой ход осадков (мм) на станции Зеленга

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	за год
Осадки	10	11	13	16	24	9	8	7	16	13	12	12	150

На рисунке 2.16 представлен годовой ход осадков на пяти метеорологических станциях: Астрахань, Досанг, Верхний Баскунчак, Лиман и Зеленга. Визуально можно увидеть, что большинство ходов образуют довольно схожую волнообразную линию тренда, которая имеет ярко выраженное углубление в августе месяце. Это углубление может свидетельствовать о сезонных колебаниях или изменениях в внешней среде, которые влияют на исследуемый параметр. Основная выпуклость, говорящая о наибольших значениях, наблюдается в весеннее время, что также может быть связано с определенными факторами, такими как увеличение активности или появление новых возможностей. Самый пик приходится на месяц май, когда достигается максимальная сумма осадков.

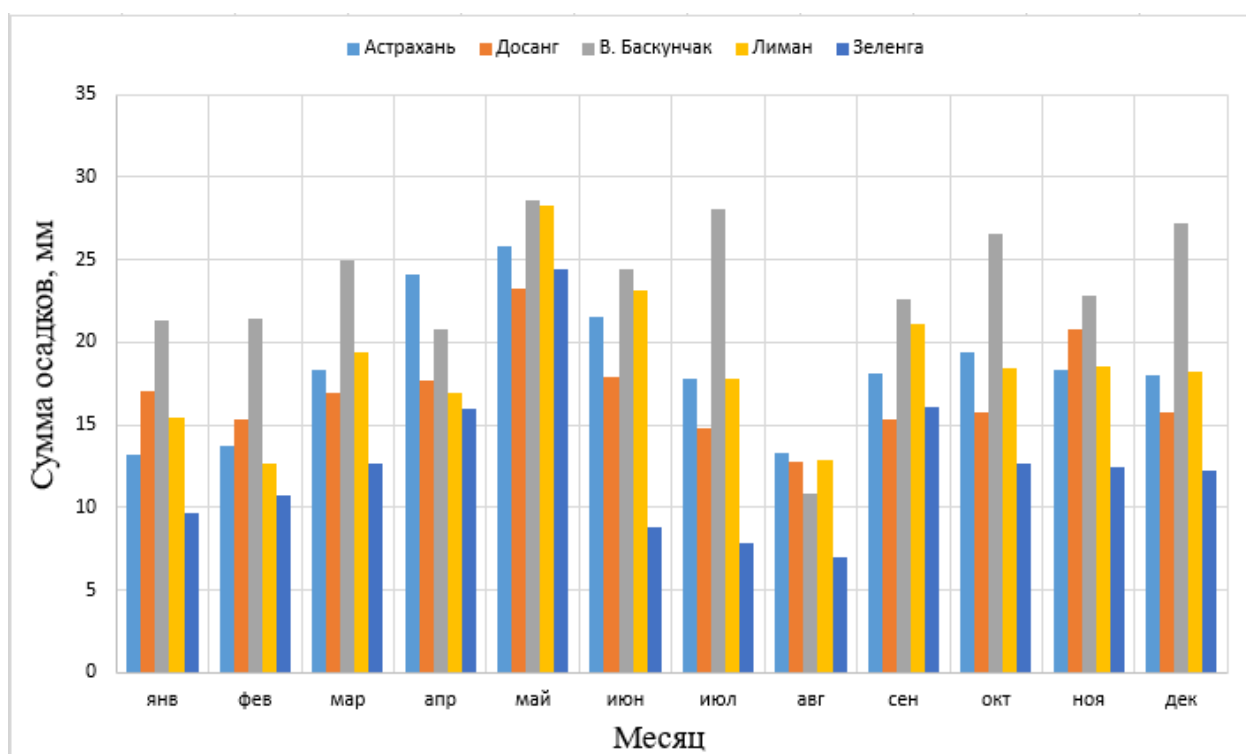


Рисунок 2.12. Годовой ход осадков по метеостанциям Астрахань, Досанг, Верхний Баскунчак, Лиман и Зеленга

Из графика на рисунке 2.12, а также таблицы 2.22 видно, что максимальное суммарное значение осадков на станции Астрахань составляет 26 мм и наблюдается в мае, а минимальное значение 13 мм в январе и августе. Среднегодовая сумма осадков составляет 221 мм.

График на рисунке 2.12, а также таблица 2.23 демонстрируют максимальное суммарное значение осадков на станции Досанг наблюдается в мае и составляет 23 мм, а минимальное значение 13 мм в августе месяце. Среднегодовая сумма осадков составляет 203 мм.

По данным графика на рисунке 2.12 и таблицы 2.24 можно зафиксировать суммарное значение осадков, достигшего максимума на станции Верхний Баскунчак в мае и составляет 29 мм. Минимальное значение наблюдается в августе месяце с отметкой 11 мм. Среднегодовая сумма осадков составляет 279 мм.

Данные графика на рисунке 2.12, а также таблицы 2.25 позволяют установить максимальное суммарное значение осадков на станции Лиман, оно наблюдается в мае и составляет 28 мм, а минимальное значение 13 мм в феврале и августе месяце. Среднегодовая сумма осадков составляет 222 мм.

Анализ графика (рисунок 2.12) и данных таблицы 2.26 демонстрирует, что наибольшее количество осадков на станции Зеленга выпадает в мае (24 мм). Наименьшее значение, составляющее 7 мм, зарегистрировано в августе. Среднегодовая сумма осадков равна 150 мм.

Снежный покров представляет собой слой снега, формирующийся на поверхности земли в результате зимних снегопадов. В рамках снегомерных наблюдений проводится измерение высоты и плотности снежного покрова, а также определяется объем содержащейся в нем воды, наличие и толщина ледяной корки и слоя воды под ней. [9]

Таблица 2.27 – Средняя декадная высота (см) снежного покрова по постоянной рейке на станциях Астрахань и Верхний Баскунчак

Месяц	Декабрь			Январь			Февраль			Март			Наибольшая за зиму		
Декада	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	Сред	Макс	Мин
Верхний Баскунчак	6	8	9	7	7	7	9	10	11	9	7	3	17	34	1
Астрахань	5	5	5	5	5	4	6	5	5	4	4	3	14	33	2

Анализ данных, представленных в таблице 2.27, показывает, что пик средней высоты снежного покрова в районе станции Верхний Баскунчак приходится на последнюю декаду февраля, достигая 11 см. При этом, в один из дней была зафиксирована максимальная высота снега, равная 34 см.

В Астраханской гидрометеорологической обсерватории наибольшая средняя высота снежного покрова наблюдается в начале февраля, составляя 6 см. Наибольшая зафиксированная высота снежного покрова в течение одного дня составила 33 см.

3.1 Оценка прихода ФАР

В процессе фотосинтеза, осуществляемого растениями, используется определенная часть солнечного излучения. Эта часть лежит в диапазоне длин волн от 380 до 710 нанометров. Данное излучение принято называть фотосинтетически активной радиацией, или ФАР. Наиболее интенсивно листва поглощает лучи сине-фиолетовой (400-480 нм) и красно-оранжевой (650-690 нм) частей спектра. Согласно актуальным исследованиям, доля ФАР составляет около 52% от общего объема поступающей солнечной радиации, обозначаемой как Q , а это значит, что формула нахождения фотосинтетически активной радиации ($Q_{\text{ФАР}}$) будет выглядеть следующим образом:

$$Q_{\text{ФАР}} = 0,52Q \quad (3.1)$$

Для полноценного анализа, на основе суммарных значений ФАР, необходимо иметь данные с двух пунктов наблюдения. Для этого потребуется вычислить суммарную солнечную радиацию для станции Верхний Баскунчак. Сперва необходимо посчитать коэффициент корреляции (r) для проверки наличия зависимости между суммарной солнечной радиацией и продолжительностью солнечного сияния. [10]

Таблица 3.1 – Коэффициент корреляции между продолжительностью солнечного сияния и суммарной солнечной радиации

	<i>ПСС</i>	<i>Q</i>
<i>ПСС</i>	1	
<i>Q</i>	0,9634	1

Коэффициент корреляции составляет 0,9634. Проверка на значимость через коэффициент Стьюдента подтвердила, что коэффициент статистически значим и связь между переменными подтверждена. Положительное значение коэффициента корреляции говорит о том, что связь между переменными

прямая. Для дальнейших расчётов необходимо вывести уравнение регрессии. В общем виде оно записывается следующим образом:

$$y = a + bx \quad (3.2)$$

Используя коэффициент корреляции, находим коэффициент регрессии, который является переменной b , а также переменную a через формулы (3.3) и (3.4) соответственно.

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.3)$$

$$a = \bar{y} - (b \cdot \bar{x}) \quad (3.4)$$

Значения b и a составили 2,49 и 72,23 соответственно, поэтому уравнение регрессии примет вид:

$$y = 72,23 + 2,49x \quad (3.5)$$

График корреляции между суммарной солнечной радиацией и продолжительностью солнечного сияния представлен в приложении Б. Через полученное уравнение регрессии нужно найти значения суммарной солнечной радиации для станции Верхний Баскунчак. По аналогии с вычислениями, описанными ранее, обозначим y как общее количество солнечной радиации, а x – как время, в течение которого светит солнце. Итоговые значения сведены в таблицу 3.3.

Таблица 3.2 – Месячная сумма суммарной солнечной радиации (МДж/м²) при средних условиях облачности на станции Астрахань

Месяц	январь	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	всего
Суммарная солнечная радиация	137	202	371	528	690	737	719	651	477	301	144	94	5051

Таблица 3.3 – Месячная сумма суммарной солнечной радиации (МДж/м²) при средних условиях облачности на станции Верхний Баскунчак

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	всего
Суммарная солнечная радиация	219	322	497	622	813	805	956	845	666	499	280	200	6727

Для вычисления суммарной фотосинтетически активной радиации (ФАР) для метеостанций в Астрахани и Верхнем Баскунчаке применим формулу (3.1). Итоги расчётов, конкретно величины ФАР, можно увидеть в таблицах 3.4 и 3.5.

Таблица 3.4 – Сумма ФАР за период вегетации растений на станции Астрахань

Месяц	4	5	6	7	8	9	10	всего
ФАР	275	359	383	374	339	248	157	2134

Таблица 3.5 – Сумма ФАР за период вегетации растений на станции Верхний Баскунчак

Месяц	4	5	6	7	8	9	10	всего
ФАР	324	423	419	497	440	346	260	2708

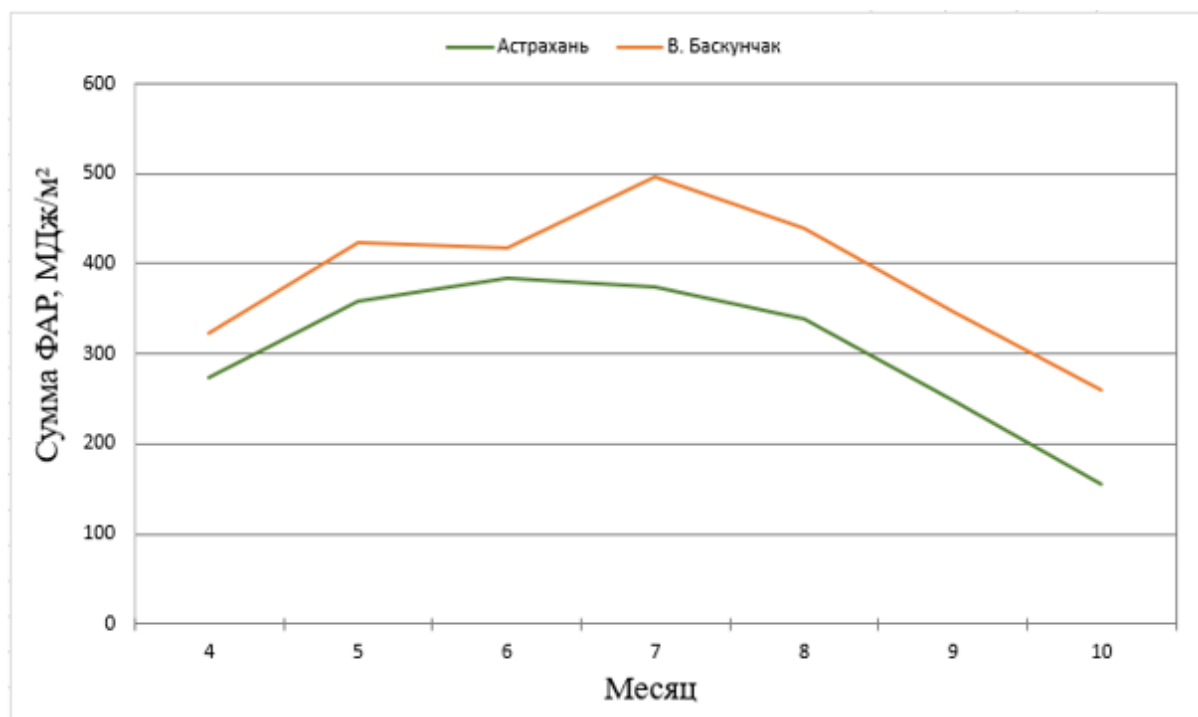


Рисунок 3.1. Сумма ФАР за вегетационный период на станциях Астрахань и Верхний Баскунчак

Изучение информации, представленной в таблице 3.4 и на рисунке 3.1, позволяет установить пиковые и наименьшие уровни ФАР для Астрахани. Наивысший показатель зарегистрирован в июне и достигает 383 МДж/м². Наименьшее значение зафиксировано в октябре – 157 МДж/м². Общий объем ФАР за период вегетации составил 2134 МДж/м².

Анализ данных, содержащихся в таблице 3.5 и на рисунке 3.1, дает возможность выявить максимальные и минимальные значения ФАР. Наибольшее значение отмечено в июле, достигая 497 МДж/м². Минимальный уровень наблюдается в октябре, с показателем 260 МДж/м². Суммарное значение ФАР за вегетационный сезон составило 2708 МДж/м².

Опираясь на представленные данные, можно заключить, что уровни фотосинтетически активной радиации на станции Великий Баскунчак характеризуются более высокими значениями. Это связано с тем, что станция располагается на большей высоте над уровнем моря, чем станция Астрахань. В горах ФАР обычно выше, потому что меньше рассеивание в атмосфере.

3.2 Оценка тепловых ресурсов

Важным показателем агроклимата, используемым для анализа теплообеспеченности, служит вегетационный период. Он представляет собой отрезок времени, в течение которого поддерживается стабильная температура выше $+5^{\circ}\text{C}$ или $+10^{\circ}\text{C}$ (фаза активного роста растений), благоприятный для посева и развития культур.

Первоочередной задачей является определение периода со стабильной температурой, превышающей $+5^{\circ}\text{C}$, а также определить дату наступления вегетации и дату её завершения. Иными словами, нужно отметить дни, в которые как раз таки осуществлялся переход температуры воздуха через отметку в $+5^{\circ}\text{C}$. Весной температурный ход преодолевает эту отметку и поднимается выше, в осеннее время соответственно идёт на понижения, постепенно двигаясь к нулю и минусовым температурам.

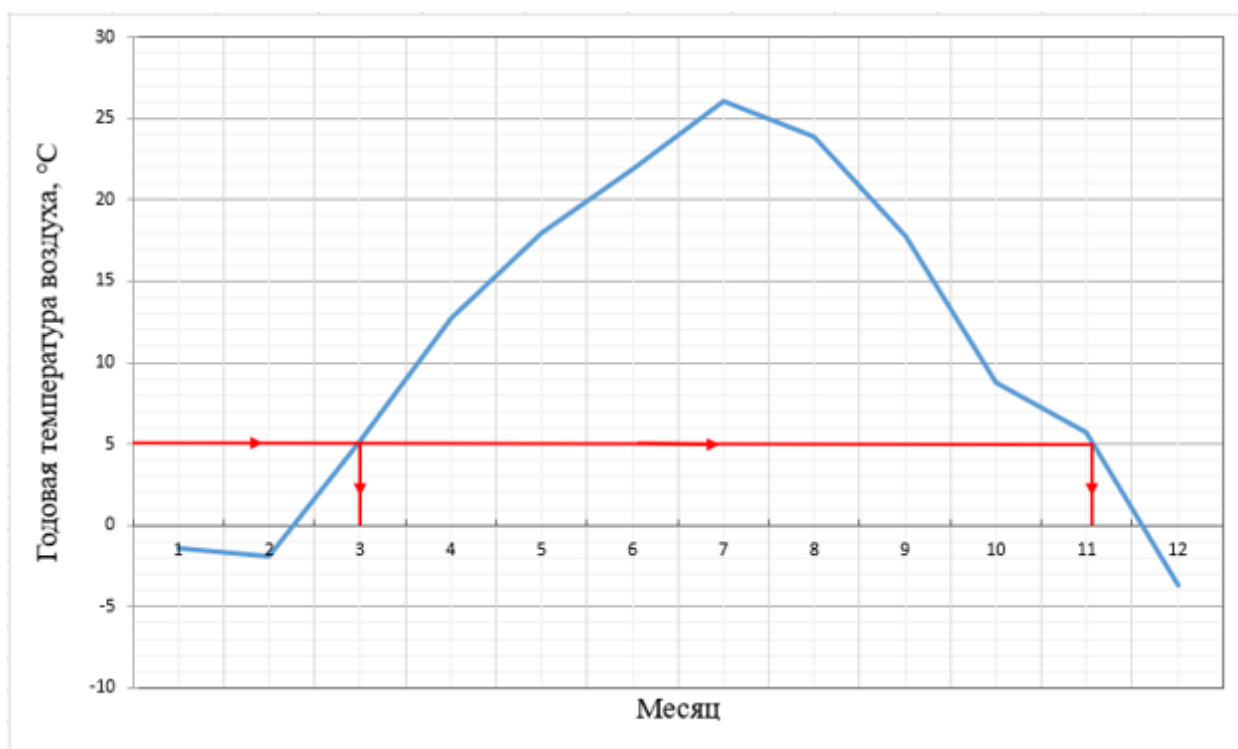


Рисунок 3.2. Годовой ход температуры воздуха и вегетационный период на станции Астрахань

На графике, представленном на рисунке 3.2, визуализирована отметка в $+5^{\circ}\text{C}$, именуемая в дальнейшем линией вегетации. Вертикальные отрезки

указывают на моменты пересечения годовой температурной кривой с этой линией. Начало периода вегетации приходится на 15 марта, а его окончание – на 18 ноября. Продолжительность этого периода составляет 247 суток.

В районе станции Досанг вегетационный период начинается 15 марта и заканчивается 15 ноября, охватывая 245 дней. На станции Верхний Баскунчак вегетация наблюдается с 20 марта по 31 октября, с общей длительностью в 225 дней. В районе Лимана период активной вегетации длится с 24 марта по 14 ноября, насчитывая 235 дней. С 24 марта до 9 ноября протекает период вегетации на станции Зеленга и длится 230 дней. Графики годового хода температуры воздуха и вегетационного периода для станций Досанг, Верхний Баскунчак, Лиман и Зеленга представлены в приложении В.

В обязательном порядке необходимо рассмотреть периоды активной вегетации на всех выбранных станциях Астраханской области, а также посчитать суммы активных температур. Сумма активных температур — это показатель, характеризующий количество тепла и выражающийся суммой средних суточных температур воздуха или почвы, превышающих биологический минимум температуры, установленный для определенного периода развития растения.

Для расчёта данного показателя за неполные месяцы применяется следующая формула:

$$\sum t = \frac{10,0+t}{2} \cdot n, \quad (3.6)$$

где $\sum t$ – сумма температур за неполный месяц в начале (в конце) периода вегетации, °C; t – температура на последний день месяца в начале вегетации и на первый день месяца в конце вегетации; n – период (число дней), для которых подсчитывается сумма.

Расчёт суммы активных температур за полные месяцы рассчитывают по формуле:

$$\sum t = n \cdot \bar{t}, \quad (3.7)$$

где $\bar{t}$ – средняя температура за месяц.

Общая величина активных температур вычисляется путем сложения температурных показателей, накопленных в течение всего периода, начинающегося с момента весеннего превышения отметки в 10°C и заканчивающегося осенним возвратом температуры ниже этого значения. Рассчитывать этот итоговую сумму активных температур необходимо, она позволяет решать многие задачи сельского хозяйства. [10]

По данным графика на рисунке 3.3 красными линиями выделен период активной вегетации. Он берёт своё начало 4 апреля и завершается 13 октября. Его длительность составляет 193 дня. Сумма активных температур за апрель (27 дней) составляет $340,2^{\circ}\text{C}$, а за октябрь (13 дней) – $150,2^{\circ}\text{C}$. Итоговая сумма за весь период активной вегетации составляет $3789,4^{\circ}\text{C}$.

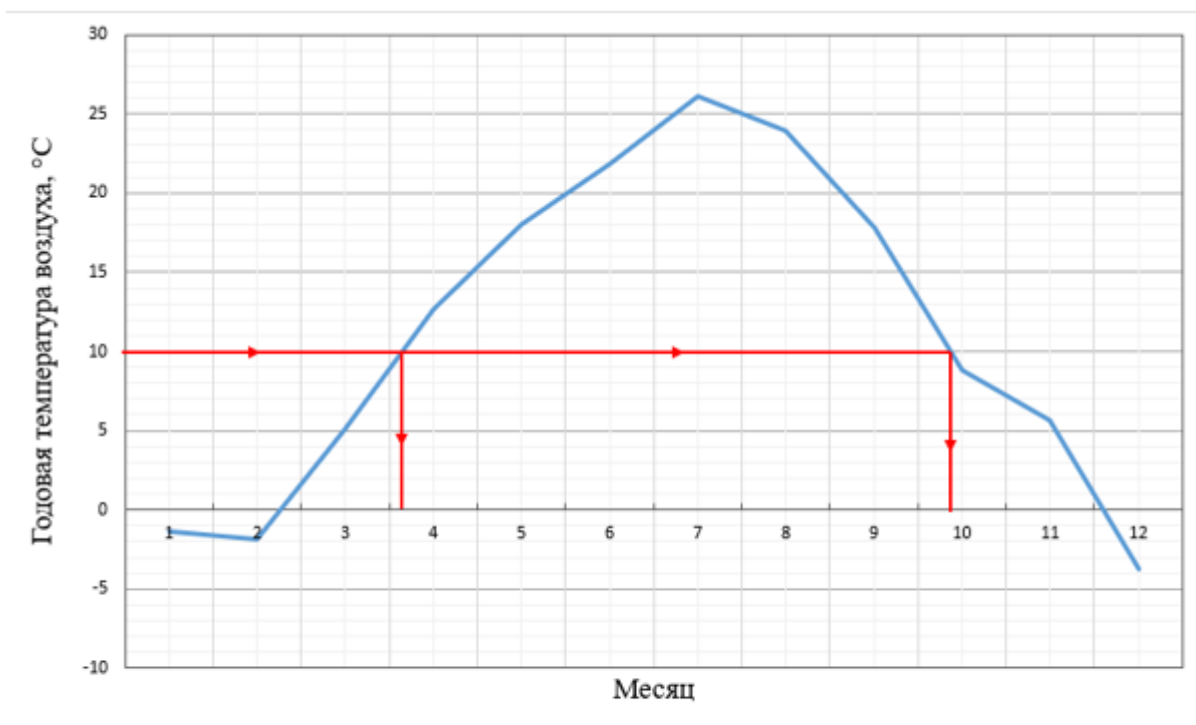


Рисунок 3.3. Годовой ход температуры воздуха и период активной вегетации на станции Астрахань

Информация о датах начала и окончания, а также о продолжительности фазы активного роста растений, наряду с общим количеством накопленных активных температур для станций Досанг, Верхний Баскунчак, Лиман и Зеленга занесены в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Периоды активной вегетации и итоговые температуры на выбранных станциях Астраханской области

Станция	Даты ПАВ		Длительность ПАВ	САТ за неполные месяцы, °С		Итоговые САТ, °С
	начало	конец		начальный	конечный	
Астрахань	4 апр	13 окт	193	340,2	150,2	3789,4
Досанг	7 апр	12 окт	188	308,2	137,4	3806,3
Верхний Баскунчак	11 апр	9 окт	181	232,8	96,8	3541,1
Лиман	12 апр	21 окт	192	231,3	273,0	3970,7
Зеленга	14 апр	20 окт	189	196,8	256,0	3891,7

Графики годового хода температуры воздуха и периода активной вегетации для станций Досанг, Верхний Баскунчак, Лиман и Зеленга представлены в приложении Г.

Период активной вегетации определяет длительность благоприятного периода для роста растений, а также позволяет оценить, успеет ли культура дать урожай до наступления холодов. Суммы активных температур дают возможность прогнозировать сроки созревания конкретных культур, узнать определённый минимум тепла для полного цикла развития растений, а также позволяют дать оценку рисков для сельского хозяйства. [14]

3.3 Оценка режима увлажнения

Поддержание оптимального уровня влаги на сельскохозяйственных угодьях имеет решающее значение для успешного выращивания разнообразных культур. Влажность почвы подвержена постоянным колебаниям, которые в значительной степени определяются особенностями рельефа. Даже в пределах одной территории, при одинаковом количестве выпавших осадков, увлажненность почвы может значительно отличаться на разных участках земли. Эти различия связаны с тем, что на увлажнение влияют не только объем, интенсивность и продолжительность дождей, но и интенсивность испарения, а также характеристики поверхности, на которой расположены поля. Кроме

того, потребление влаги растениями из зоны, где располагаются корни, меняется в зависимости от стадии развития культуры.

Важным параметром для анализа режима увлажнения является запас влаги в снежном покрове. Этот показатель позволяет прогнозировать объем воды, который поступит в водоемы и реки в период таяния снега, а также оценить имеющийся резерв влаги для орошения перед началом посевного сезона, что особенно важно в засушливых регионах, где талые воды – основной источник влаги для почвы. Влагозапас снега рассчитывается по формуле:

$$W = h \cdot \rho_{\text{сн}}, \quad (3.8)$$

где W – влагозапас снежного покрова, мм; h – высота снежного покрова, см; $\rho_{\text{сн}}$ – плотность снега, г/см³.

Обратившись к научно-практическому справочнику, определим параметры снежного покрова для станции Верхний Баскунчак в последней декаде февраля: его высоту и плотность. Плотность снега зафиксирована на отметке 290 кг/м³, что в пересчете составляет 0,29 г/см³. Высота снежного покрова, согласно данным, равна 11 см. Используя формулу (3.8) найдём влагозапас снега, он составляет 3,19 мм. Это значит, что при полном таянии этого снега получится 3,19 мм воды на горизонтальную поверхность. Столь малое количество свидетельствует об очень слабом весеннем стоке, то есть о том, что реки и водоёмы получают малое количество талой воды и, как следствие, о риске возникновения засухи. Для сельского хозяйства это означает ранний старт полевых работ, так как при отсутствии снега почва прогревается быстрее.

Важным аспектом в оценке режима увлажнения является анализ засушливости. Засухи представляют собой одно из наиболее неблагоприятных явлений, наносящих значительный ущерб сельскому хозяйству в нашей стране, поскольку около 70% всех посевных площадей зерновых культур находятся в районах с недостаточным и нестабильным увлажнением. Засуха — это сложное метеорологическое явление, возникающее при длительном отсутствии осадков, обычно в сочетании с повышенной температурой и высокой

испаряемостью. Это приводит к истощению запасов влаги в почве и создает неблагоприятные условия для нормального роста растений, что может привести к снижению урожайности или полной гибели полевых культур.

Для оценки сухости вегетационного периода разработаны специальные показатели, учитывающие ключевые метеорологические элементы, определяющие засуху. Одним из таких является гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК), который полезен для отслеживания условий сельскохозяйственной засухи и применяется в климатических классификациях.

$$\text{ГТК} = \frac{\sum r}{0,1 \cdot \sum t_{>10}}, \quad (3.9)$$

где $\sum r$ – сумма осадков за период с температурой воздуха выше 10°C , выраженная в мм; $\sum t_{>10}$ – сумма температур воздуха за тот же период, $^\circ\text{C}$. [10]

Для расчёта ГТК Селянинова, необходимо проанализировать среднемесячные данные осадков, уделяя особое внимание периоду активной вегетации.

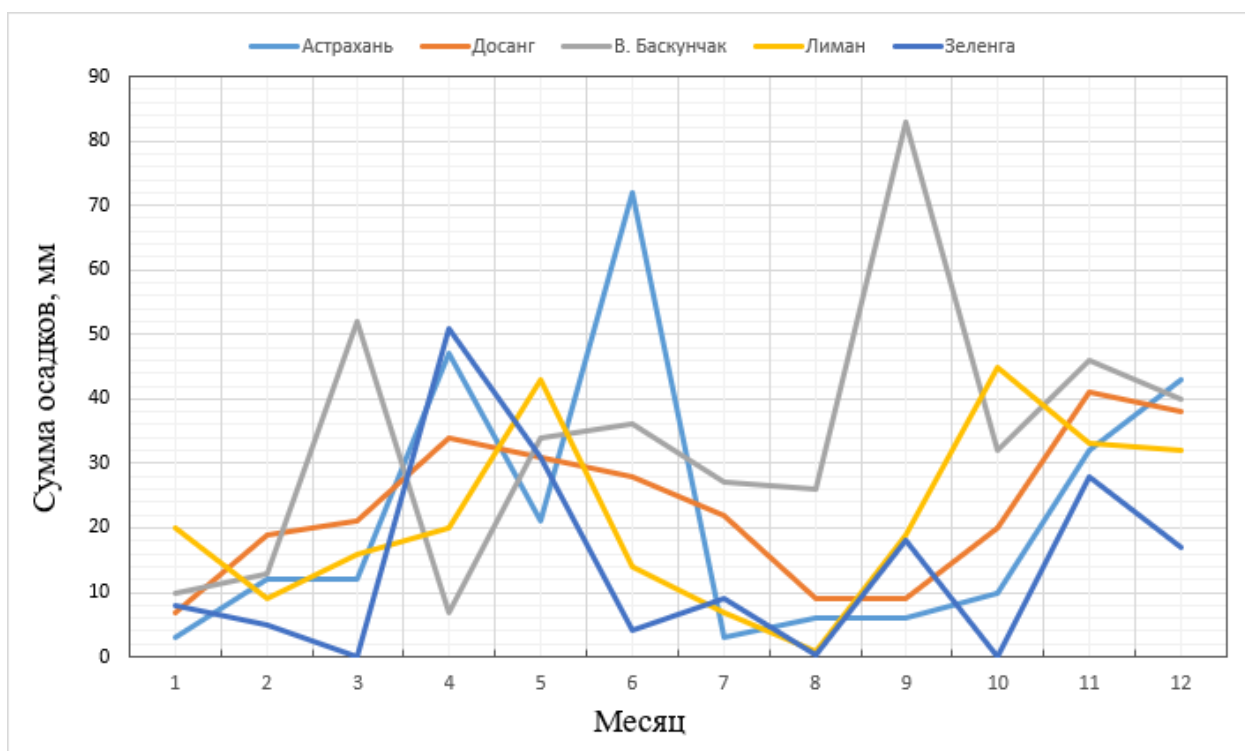


Рисунок 3.4. Годовой ход осадков по метеостанциям Астрахань, Досанг, Верхний Баскунчак, Лиман и Зеленга

На рисунке 3.4 представлен годовой ход осадков на выбранных станциях. Для расчёта сумма осадков за период активной вегетации необходимо сложить суммы осадков за каждый месяц. В таблице 3.6 представлены сведения о времени активного роста растений, его продолжительности и суммах активных температур для каждой станции. Используя эти сведения, мы рассчитываем количество осадков, выпавших в дни начала и окончания вегетационного периода, а затем – общее количество осадков за весь период активной вегетации. Для удобства занесём полученные результаты в таблицу.

Таблица 3.7 – Результаты подсчёта данных по осадкам

Станция	Осадки в даты ПАВ, мм		Сумма осадков за ПАВ, мм
	начало	конец	
Астрахань	42	4	154
Досанг	26	8	133
Верхний Баскунчак	9	4	219
Лиман	12	30	170
Зеленга	27	0	71

Используя данные из таблиц 3.6 и 3.7, формулу (3.9), рассчитаем ГТК Селянинова для каждой станции. Результаты также занесём в таблицу.

Таблица 3.8 – Результаты подсчёта ГТК Селянинова для выбранных станций Астраханской области

Станция	Сумма осадков за ПАВ, мм	Итоговые САТ, °С	ГТК Селянинова
Астрахань	154	3789,4	0,4
Досанг	133	3806,3	0,3
Верхний Баскунчак	219	3541,1	0,6
Лиман	170	3970,7	0,4
Зеленга	71	3891,7	0,2

Для оценки получившегося результата, а также степени засухи необходимо обратиться к таблице 3.9.

Таблица 3.9 - Оценка засушливости по гидротермическому коэффициенту Селянинова для юго-восточных районов ЕЧР [10]

Засуха	ГТК	Засуха	ГТК
Слабая	0,9—0,6	Сильная	0,5—0,4
Средняя	0,6—0,5	Очень сильная	<0,4

Сопоставив информацию из таблицы 3.9 с полученными в результате расчётов данными (таблица 3.8), можно сделать вывод о том, что на станции Верхний Баскунчак наблюдается средняя засуха, на станциях Астрахань и Ли-ман засуха считается сильной, а на станциях Досанг и Зеленга засуха достигает отметки «очень сильная». Это значит, что территория, где расположены последние две перечисленные станции наиболее засушливы. Такая засуха может осложнить, а то и вовсе поставить под угрозу деятельность сельского хозяйства.

Для более точной оценки засух региона следует провести расчёт ещё одного индекса засушливости. Индексов засушливости существует великое множество, однако мы остановимся на одном из подходящих под ситуацию и условия. Данный индекс носит название «Децили». Это статистический метод оценки засушливости или увлажнения территории, основанный на ранжировании осадков за определённый период (обычно месяц или сезон) и разделении их на 10 равных частей (децилей). Он использует весь доступный период данных о количестве осадков для данной местности, представляя частоту и распределение осадков в виде градации. Первый дециль включает в себя объём атмосферных осадков, где нижние 10% значений не превышаются, а пятый дециль соответствует медиане. Также предусмотрена шкала влажности. Данная методика позволяет учитывать суточные, недельные, месячные, сезонные и годовые значения, что обеспечивает гибкость при сравнении актуальных данных с историческими за любой выбранный период. [13]

Для расчёта будут взяты данные осадков в июне месяце за 30 лет на станции Астрахань. Сперва необходимо выставить значения сумм осадков в порядке возрастания. Далее нужно разделить суммы осадков на 10 децилей и так как было взято ровно 30 значений, каждой группе будет соответствовать ровно 3 значения. Полученное разделение представлено в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Определение границ децилей

Дециль (D)	Границы (расчёт)	Значение, мм	Интерпретация
D1	3-е значение (10% самых сухих)	2	Сильная засуха
D2	6-е значение (20%)	4	Умеренная засуха
D3	9-е значение (30%)	6	Слабая засуха
D4	12-е значение (40%)	11	Ниже нормы
D5	15-е значение (50%, медиана)	16	Норма
D6	18-е значение (60%)	19	Выше нормы
D7	21-е значение (70%)	24	Слабая влажность
D8	24-е значение (80%)	30	Влажно
D9	27-е значение (90%)	42	Очень влажно
D10	30-е значение (100% самых влажных)	72	Аномально влажно

Полученные данные легко позволяют определить степень засушливости любого выбранного значения. Например, сумма осадков за июнь 2024 года, которая составляет 3 мм будет попадать на второй дециль, что означает наличие умеренной засухи в этот день.

Преимущества: Простота методологии обусловлена использованием единственной переменной, что обеспечивает адаптивность и применимость в разнообразных ситуациях. Четко установленные пороговые значения позволяют сопоставлять текущие данные с историческими, выявляя периоды засухи. Индекс эффективен как для анализа влажных, так и для засушливых периодов.

Недостатки: Ограничение, связанное с учетом только количества осадков, как и в других аналогичных индексах, не позволяет учитывать влияние температуры и других факторов, влияющих на развитие засухи. Для достижения максимальной точности и учета разнообразия климатических условий

необходимы продолжительные временные ряды данных, включающие как засушливые, так и влажные периоды. [13]

Таким образом, можно сказать, «децили» – простой, но мощный инструмент для анализа распределения осадков, а также что данный индекс засушливости позволяет по децилям определить, насколько сильной была засуха за выбранный период.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная выпускная квалификационная работа рассматривает вопросы, касающиеся анализа формирования агроклиматического потенциала в пределах Астраханского региона.

Первая часть работы включает в себя краткое описание физико-географических особенностей Астраханской области. В рамках этого раздела были проанализированы аспекты, связанные с географическим положением и рельефом территории, а также проведено поверхностное изучение и оценка климатических характеристик региона.

Во второй главе был осуществлён поиск, структуризация метеорологических параметров и климатических характеристик для их анализа и оценки. Продолжительность солнечного сияния и приходящей радиации нужны, чтобы узнать в какой период года регион лучше освещается Солнцем. Среднемесячные температуры и максимальные температуры воздуха и температуры почвы нужны для более точного описания теплового режима, это необходимая информация для сельского хозяйства. Относительная влажность, сумма осадков и высота снежного покрова нужны для выделения периодов наибольшего и наименьшего увлажнения почвы и атмосферы, что тоже важно для сельскохозяйственной деятельности.

Третья глава содержит в себе расчёты некоторых показателей для более наглядного и полного анализа агроклиматических условий. Здесь были посчитаны фотосинтетически активная радиация, период вегетации, период активной вегетации, суммы активных температур, а также влагозапас снега, ГТК Селянинова и индекс засушливости «Децили».

На основе проделанной работы можно сделать вывод об агроклиматической обстановке Астраханской области. Регион находится под постоянным и, кроме того, достаточно интенсивным воздействием солнечных лучей. Учитывая то, что высота снежного покрова в зимнее время не слишком высока и к наступлению весны начинается быстрый процесс снеготаяния, что позволяет

почве быстрее прогреваться. Малый влагозапас говорит о том, что талой воды не хватает для питания водоёмов и насыщения почвы влагой. Индексы засушливости, наоборот, выражают высокие значения, что говорит о частых засухах, ведь количество выпадающих осадков невелико. Так как Астраханская область располагается в засушливой зоне, то для достижения высоких урожаев сельскохозяйственных культур, таких как баклажан, томат, виноград, арбуз, дыня, подсолнечник и т.п. необходимо использовать засухоустойчивые сорта или виды, а также влагосберегающие агротехнические методы, особенно в годы с достаточным количеством влаги. В качестве таких методов применяют мульчирование (покрытие почвы органическими или синтетическими материалами для снижения испарения), капельное орошение (подача воды непосредственно к корням, наилучший метод для Астраханской области) и снегозадержание (установка снегозадерживающих щитов, посадка кулис для накопления снега, это позволяет увеличить влагозапас весной на 15–20%).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Атлас Астраханской области / Сост. и подгот. к изданию Омской карт. ф.-кой Роскартографии в 1997 г.; Гл. ред. В.А. Пятин. — М : ФСГК, 1997. — 1 атл.(48с.) цв, текст, ил., диагр., табл; 29х33 см. — ISBN 5-85120-044-8.
2. Ушаков Н. М., Щучкина В. П., Тимофеева Е. Г., Пилипенко В. Н. Природа и история Астраханского края. - Астрахань: АГПИ, 1996. - 364 с.
3. Гольчикова Н. Н. Современное состояние геологической среды северо-западного Прикаспия. - Астрахань: АГТУ, 2005. - 56-66 с.
4. Ю. Б. Салина [и др.]. Агрохимическая характеристика почв Астраханской области: справочник. - Астрахань: ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», 2020. - 68 с.
5. Гольчикова Н. Н. Источники воздействия на геологическую среду Северо-западного Прикаспия. - Астрахань: АГТУ, 2006. - 176 - 180 с.
6. Геология СССР, том XLVI, Ростовская, Волгоградская, Астраханская области и Калмыцкая АССР. Геологическое описание. Коллектив авторов, редактор Ф. А. Белов. М., изд-во «Недра», 1969, стр. 666
7. Матвеев Л. Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 751 с.
8. Сивков С.И. Методы расчёта характеристик солнечной радиации. - Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1968. - 232 с.
9. Лосев А.П., Журина Л.Л. Агрометеорология. - Ленинград: Колос, 2001. - 148 с.
10. Лосев А.П. Практикум по агрометеорологическому обеспечению растениеводства. - Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1994
11. С. А. Вериге, Л. А. Разумова. Почвенная влага и ее значение в сельскохозяйственном производстве – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 289 с.
12. Вериге С.А. Книга «Руководство по контролю и обработке наблюдений над влажностью и промерзанием почвы» — Вериге С.А., 80 с.

13. Справочник по показателям и индексам засушливости. - Всемирная метеорологическая организация и Глобальное водное партнерство, 2016.
14. Богосорьянская Л.В. Агрономия // Аграрный научный журнал. - 2023. - №4. - С. 4-8.
15. Научно-прикладной справочник по климату СССР, 13 выпуск. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1990. - 724 с.
16. Архив погоды в Астрахани / Электронный ресурс: сайт – URL: https://rp5.in/%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D0%B2_%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B_%D0%B2_%D0%90%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8
17. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных URL: <http://meteo.ru>
18. Погода и климат / Электронный ресурс: сайт – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/34880.htm>

ПРИЛОЖЕНИЕ А



Рисунок А.1. Местоположение выбранных для анализа метеопараметров станций

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

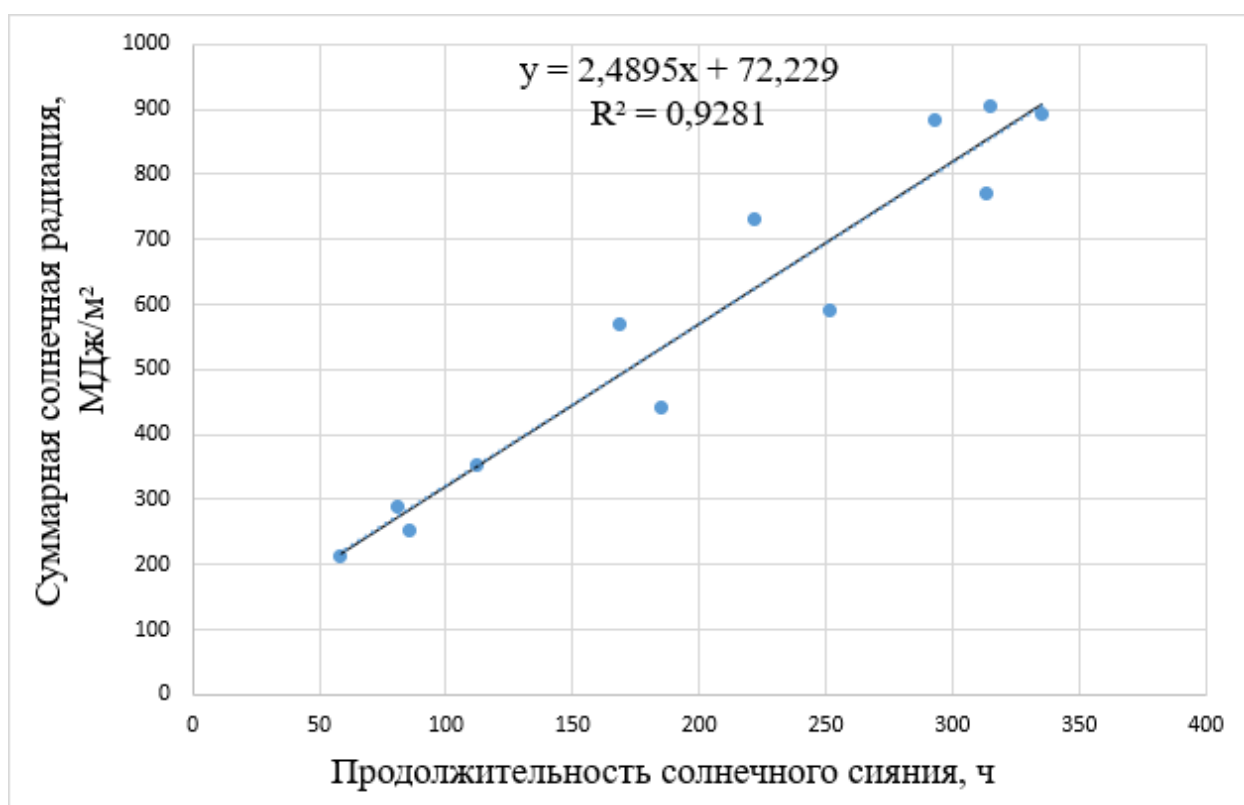


Рисунок Б.1. График корреляции между суммарной солнечной радиацией и продолжительностью солнечного сияния

ПРИЛОЖЕНИЕ В

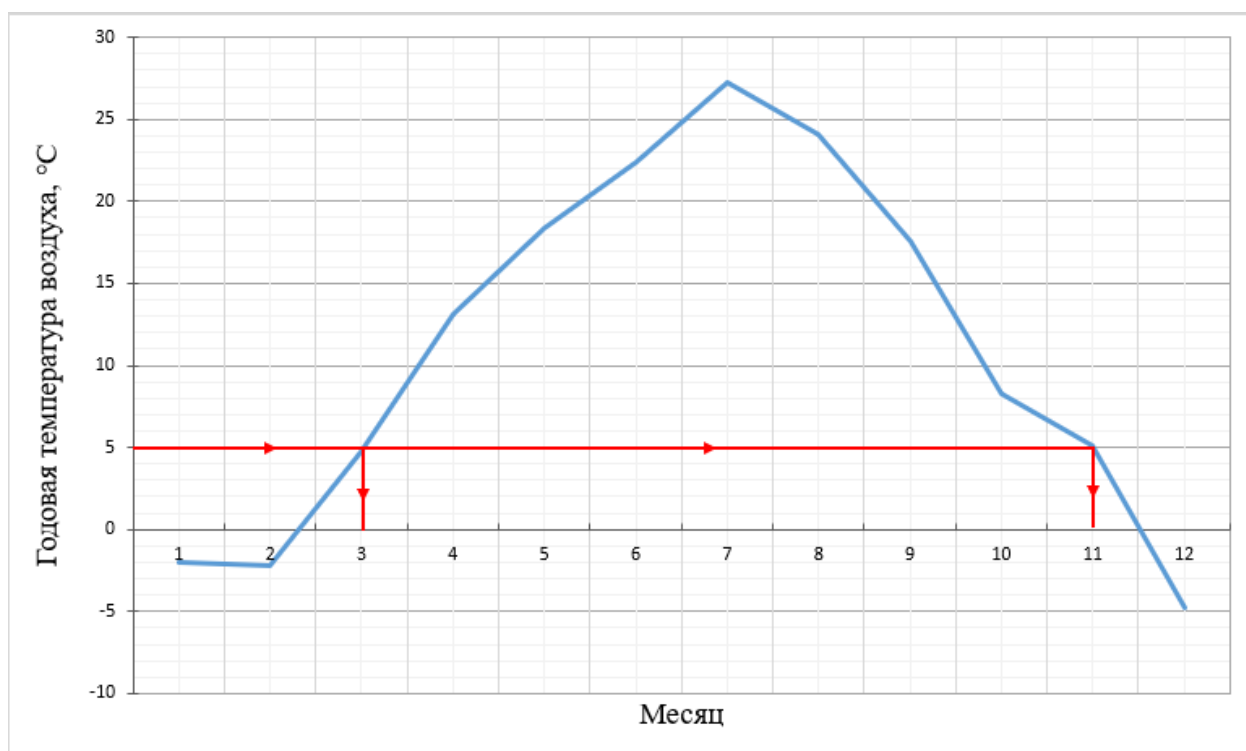


Рисунок В.1. Годовой ход температуры воздуха и вегетационный период на станции Досанг

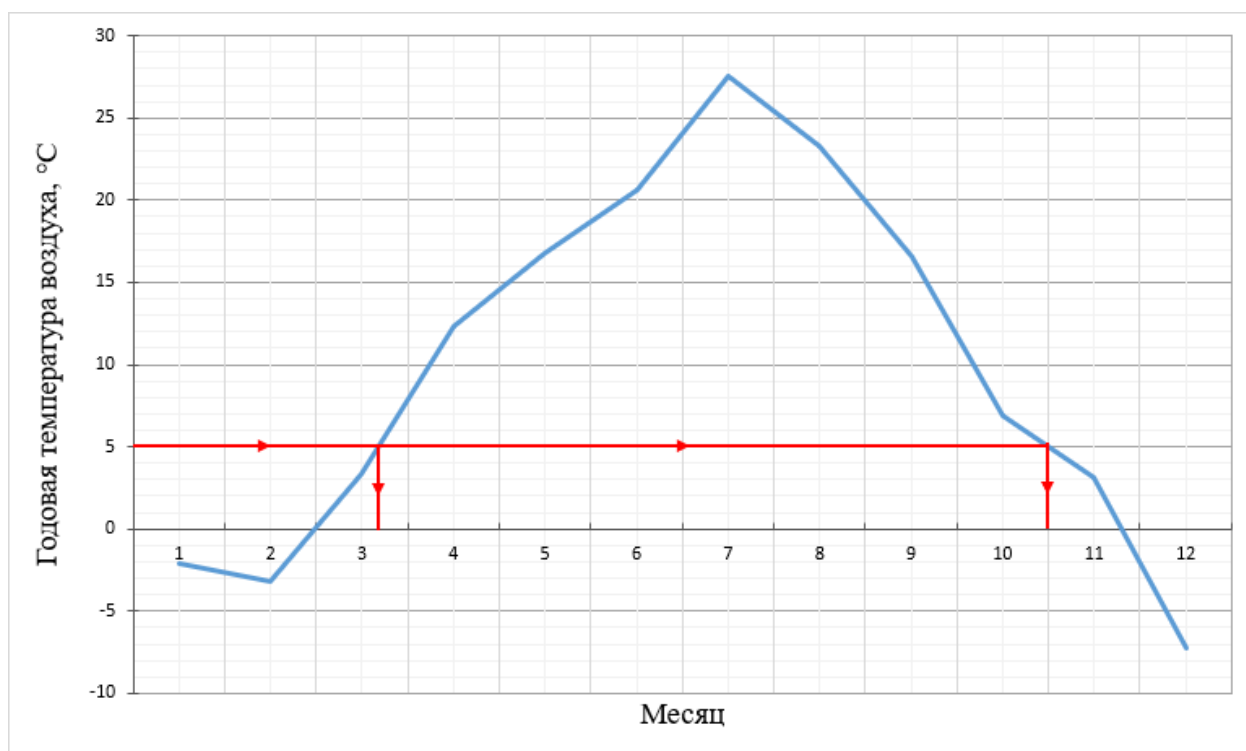


Рисунок В.2. Годовой ход температуры воздуха и вегетационный период на станции Верхний Баскунчак

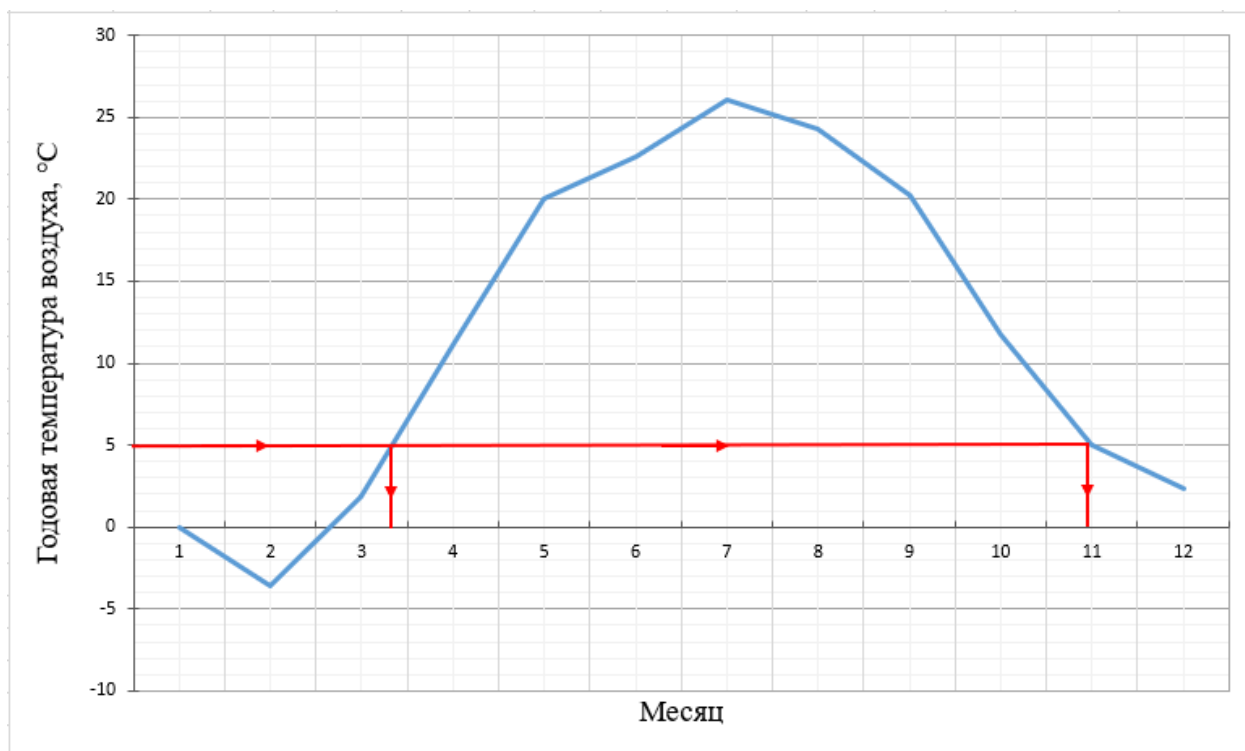


Рисунок В.3. Годовой ход температуры воздуха и вегетационный период на станции Лиман

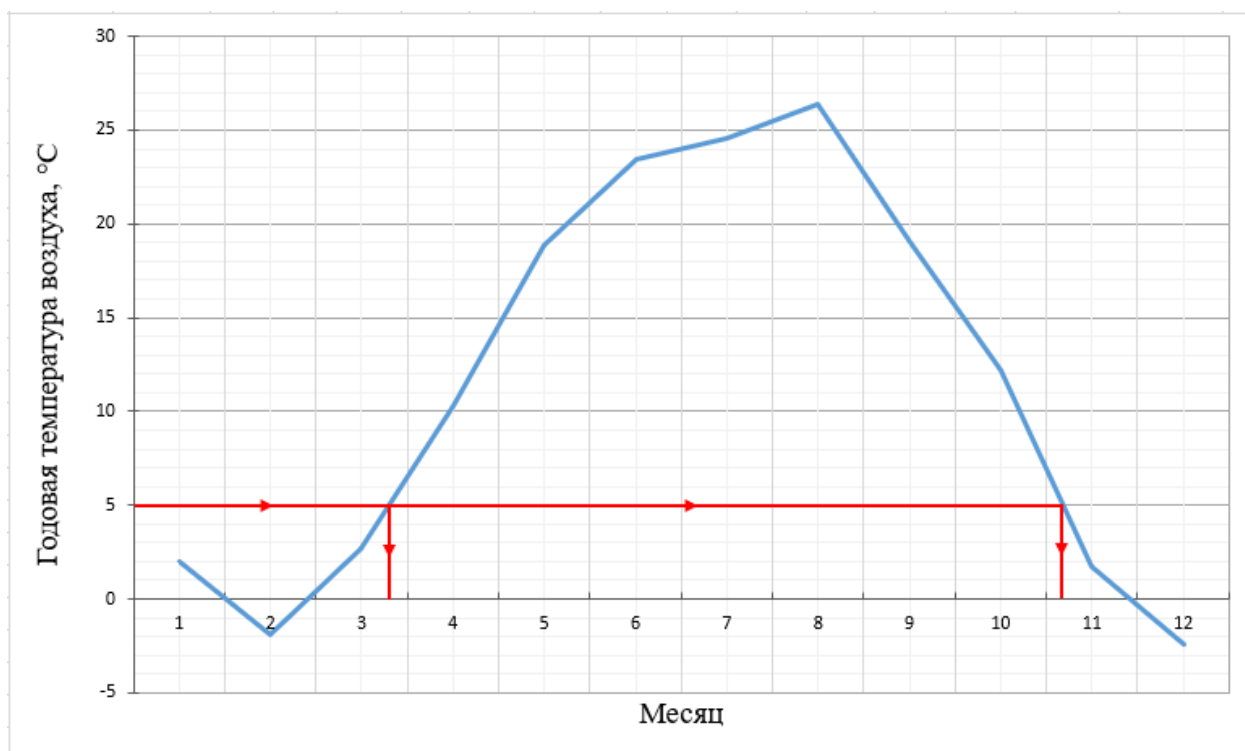


Рисунок В.4. Годовой ход температуры воздуха и вегетационный период на станции Зеленга

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

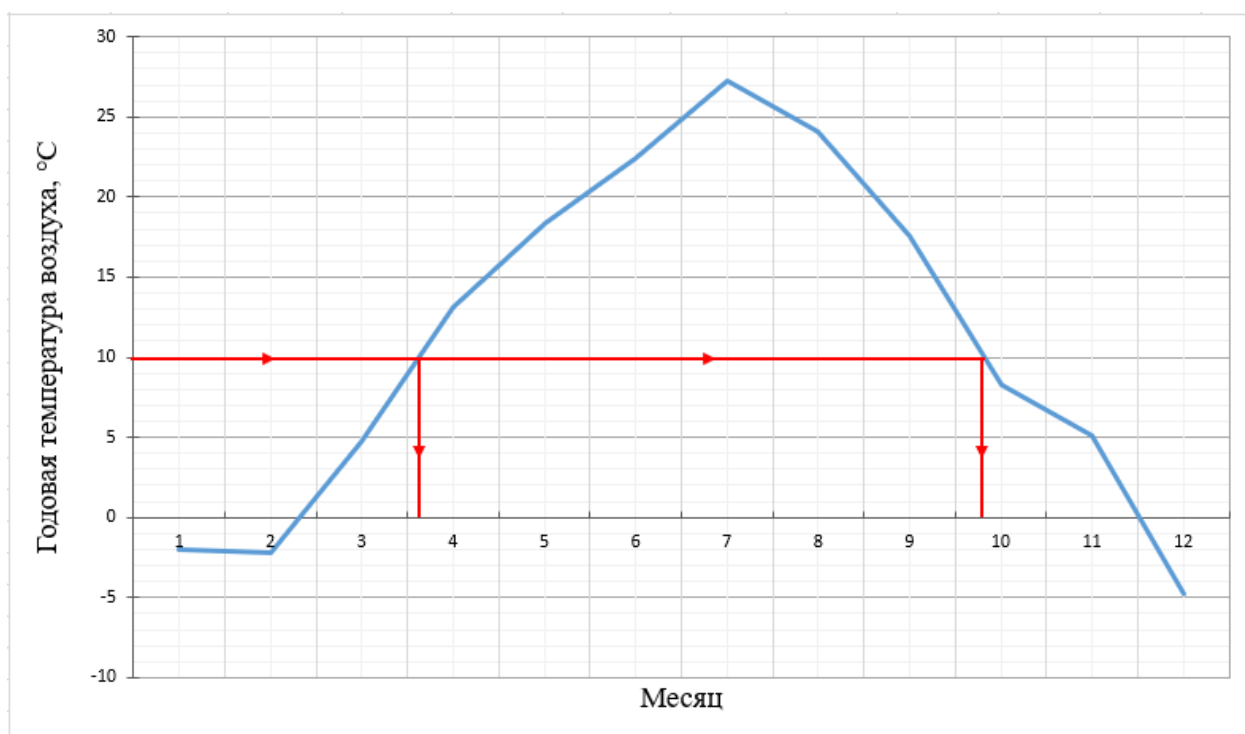


Рисунок Г.1. Годовой ход температуры воздуха и период активной вегетации на станции Досанг

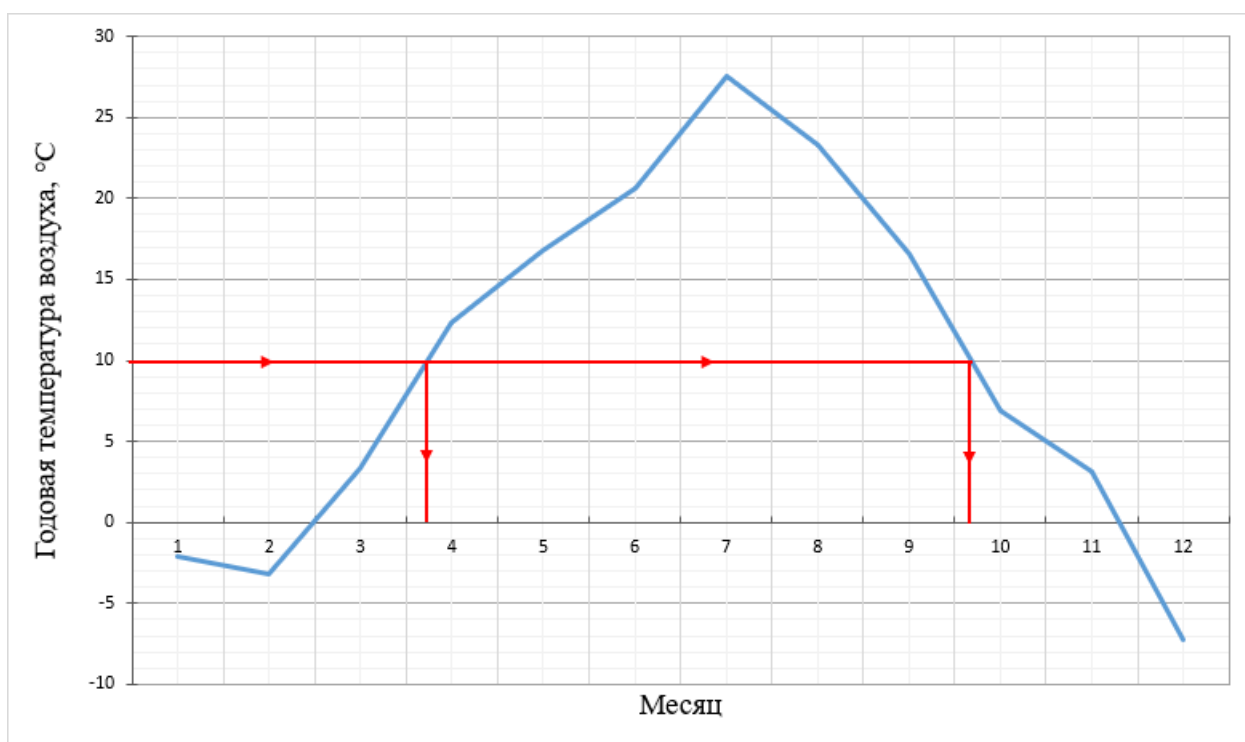


Рисунок Г.2. Годовой ход температуры воздуха и период активной вегетации на станции Верхний Баскунчак

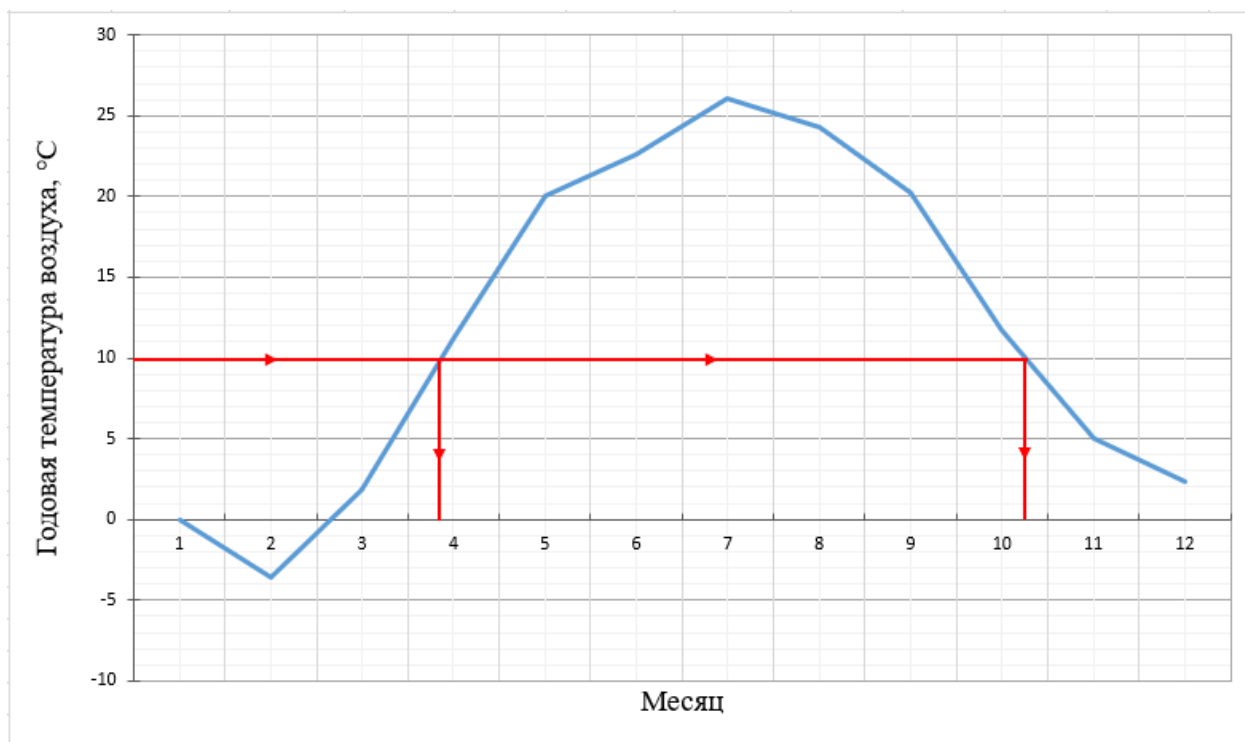


Рисунок Г.3. Годовой ход температуры воздуха и период активной вегетации на станции Лиман

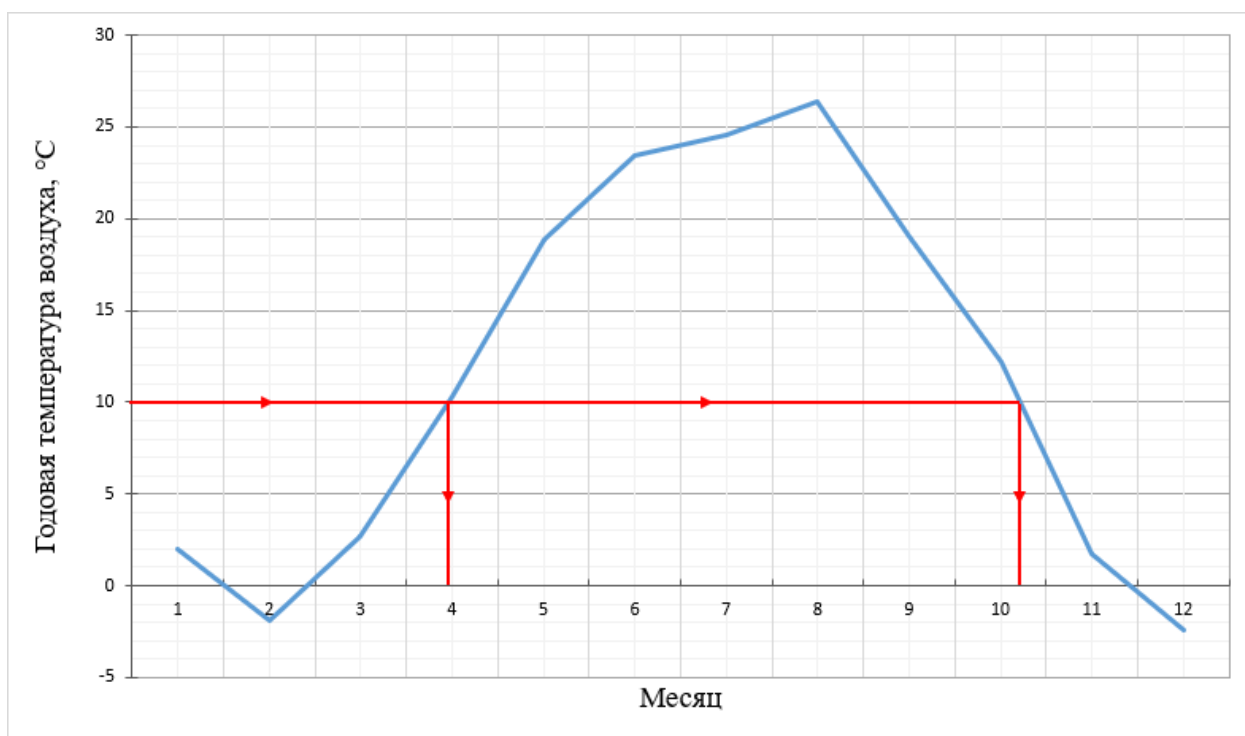


Рисунок Г.4. Годовой ход температуры воздуха и период активной вегетации на станции Зеленга