Федеральное агентство по образованию

Томский государственный университет (ТГУ)

Геолого-географический факультет

Кафедра метеорологии и климатологии

УДК 551.585

Допустить к защите В ГАК

Зав. кафедрой метеорологии

и климатологии

д-р физ.-мат. наук, профессор

Г.О. Задде

Выпускная квалификационная работа бакалавра

Оценка теплого периода для определения оптимальных условий ведения сельского хозяйства на территории юга Западной Сибири

020600– Гидрометеорология

Поляков Денис Викторович

Руководитель

канд.геогр.наук, доцент

И.В. Кужевская

Томск 2010

Сокращения слов и словосочетаний, часто применяемые при оформлении работы

|  |  |
| --- | --- |
| слово | сокращение |
| единица | ед. |
| Цельсий | ºС |
| год | г. |
| Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных | ВНИИГМИ-МЦД |
| Национальное агентство по аэронавтике и исследованию космического пространства (National Aeronautics and Space Administration) | NASA |
| годы | гг. |
| миллиметр | мм |
| Гидротермический коэффициент | ГТК |
| доктор физико-математических наук | д-р физ.-мат. наук |
| кандидат географических наук | канд. геогр. наук |
| доцент | доц. |
| микрометр | мкм |

Сокращения слов, часто употребляемые в библиографическом описании произведений печати

|  |  |
| --- | --- |
| слово | сокращение |
| Москва | М. |
| Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной метеорологии | ВНИИСХМ |
| выпуск | Вып. |
| Томский Государственный Университет | Том. гос.ун-т |
| Научная библиотека | Науч. б-ка |
| Библиографический информационный центр | Библиогрю инф.центр |
| Введение | Введ. |
| Издательство | Изд-во |

Оглавление

Введение

1. Значение агрометеорологических факторов в жизни растений

1.1 Радиационный режим растительности

1.2 Температурные и тепловой режим растительности

1.3 Осадки, влажность воздуха и испарение

2. Опасные для сельскохозяйственного производства гидрометеорологические явления в теплый период

2.1 Заморозки

2.2 Сильные ливни и град

2.3 Засухи, суховеи и засушливые явления

3. Изменения температурно – влажностного режима по территории юга Западной Сибири

3.1 Данные исследовательской работы

3.2 Анализ температурно – влажностного режима по территории юга Западной Сибири

3.3 Анализ индекса ГТК по территории юга Западной Сибири

3.4 Пространственное изменение статистических характеристик индекса ГТК

3.5 Изучение изменения континентальности климата по территории юга Западной Сибири

Заключение

Список используемой литературы и источников

Приложение А Основные статистические характеристики индекса ГТК

Приложение Б Ранговые значения индекса ГТК и чисел Вольфа (W)

Приложение В Характеристики температурно-влажностного режима на территории юга Западной Сибири

Введение

Вопросы изменения температурно – влажностного режима территории Западной Сибири являются актуальными, ими занимаются многие институты и агрометеорологические научно - исследовательские учреждения страны, они получили широкое отражение в популярной и научной литературе, а также вызывают значительный интерес у многих отраслей народного хозяйства. Большой интерес, к изучению температурно-влажностного режима проявляет сельскохозяйственный сектор экономики страны.

Сельскохозяйственная деятельность человека является древнейшей формой использования им природных ресурсов. При постоянном росте численности населения планеты Земля и, следовательно, потребностей в продуктах питания необходимо ежегодное увеличение объемов сельскохозяйственного производства. Сельское хозяйство представляет собой сложную систему, связанную с биологическими особенностями сельскохозяйственных культур и животных, а также с конкретными природными условиями, в которых происходит их возделывание и выращивание.

Неустойчивость погодных условий, смена влажных лет засушливыми годами, суровых зим теплыми вызывают существенную межгодовую изменчивость размеров урожая сельскохозяйственных культур. Экстремальные условия погоды, широкое распространение заболеваний у растений и животных, массовое развитие вредителей, а также загрязнение окружающей среды наносят существенный урон аграрному сектору экономики и производству продовольствия. Большое разнообразие почвенно-климатических условий на территории России позволяет развивать многоотраслевое сельское хозяйство. Известно всем, что треть всех посевов расположена в зоне гарантированных урожаев. Тогда как на остальной территории возможны переувлажнения почвы, засушливые районы и суровые зимы.

В России температурно - влажностные условия имеют огромное значение для сельского хозяйства. Основная масса сельскохозяйственной продукции производится в естественных природных условиях. Влияние современного изменения климата на агрометеорологические ресурсы и продуктивность сельскохозяйственного производства актуальна не только для России, но и для всего мира, особенно для Северного полушария. Росгидромет считает, что продовольственная безопасность России в ближайшие десятилетия будет зависеть от темпов и направленности усиливающегося процесса глобального потепления климата.

Целью данной выпускной квалификационной работой бакалавра является рассмотрение температурно – влажностного режима территории юга Западной Сибири, засух и изменение климата на территории Западной Сибири по критерию амплитуд температур и среднемесячной температуры. Расчет и исследование проводились по данным международного обмена для шести станций Западной Сибири: Омск, Барабинск, Барнаул, Рубцовск, Красноярск и Минусинск. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1) Составить базу данных среднесуточных значение температуры воздуха и сумм осадков за 45-летний (с 1960 по 2005 гг.) период наблюдений по станциям;

2) Рассмотреть температурно – влажностный режим территории;

3) Изучить возможности индекса ГТК, как критерия температурно – влажностного режима;

4) Подобрать критерии, влияющие на изменение континентальности климата, входящие в сверхдолгосрочный агрометерологический прогноз.

1. Значение агрометеорологических факторов в жизни растений

1.1 Радиационный режим растительности

Солнечная энергия – практически единственный источник тепла, определяющий все процессы, происходящие в атмосфере, в водах Мирового океана и на поверхности Земли. Благодаря этой энергии стало возможным образование и существование биосферы со всем многообразием живого вещества. Солнечная радиация, это лучистая энергия, состоящая из электромагнитных волн, которые распространяются с огромной скоростью.

Атмосфера Земли прозрачна лишь для небольшой части электромагнитного излучения Солнца. Она пропускает часть ультрафиолета и инфракрасное излучение и весь видимый свет. От высоты Солнца, прежде всего, зависит мощность светового потока. Этот поток в северных широтах менее интенсивен, но растянут по времени [2]. На растения влияют: продолжительность солнечного освещения, интенсивность солнечной радиации, спектральный состав света [1].

Освещенность – отношение светового потока к площади освещаемой территории. (измеряется в люксах) [2]. Реакция растений на продолжительность освещения называется фотопериодизмом. По этому понятию растения условно делят на три группы. Растения длинного дня, так как пшеница, рожь, ячмень и другие. Растения короткого дня представляются кукуруза, рисом, редисом и другими. Нейтральные растения представляются гречихой и многими бобовыми [1]. Недостаточная освещенность в посевах обуславливает полегание растений, замедления образования плодов, торможение биосинтетических процессов и замедление поглощения питательных веществ.

Фотосинтетическая активная радиация - это коротковолновая радиации в интервале от 0,38 до 0,71 мкм, которая оказывает решающее значение для жизни растений. Это важнейший фактор продуктивности растений, в том числе сельскохозяйственных культур. Её интенсивность измеряют инструментально.

От количества солнечной радиации зависит интенсивность многих процессов, протекающих в растениях, в частности фотосинтез. Суммарная радиация, падающая на различные поверхности растений, поглощается, отражается, рассеивается, создавая радиационный режим растительного покрова. Плотность потока радиации и спектральный состав постоянно меняется, в первую очередь зависящий от высоты Солнца и структуры посева. В плотных посевах около 25% поступающей радиации отражается, и больше половины поглощается верхним ярусом растений [1].

Формирование оптимального радиационного режима в растительном покрове осуществляется своевременным применением разнообразия агротехнических приемов и селекционной работой по созданию сельскохозяйственных культур, адаптированных к условиям их возделывания [1].

1.2 Температурный и тепловой режим растительности

Лучистая энергия Солнца, поглощенная поверхностью суши, океана, преобразуется в тепло. Теплообмен между атмосферным воздухом и окружающей средой осуществляется радиационным путем, путем теплопроводности, испарения с последующей конденсацией или кристаллизацией водяного пара и турбулентности. Часть тепла затрачивается на нагревание приземного слоя атмосферы, почвы, растений, на испарение с поверхности почвы и растений (транспирация), часть передается в нижележащие слои почвы. Локальные изменения температуры в какой-либо точке происходят в зависимости от адвекции

Температурный режим почвы зависит от прихода солнечной радиации на подстилающую поверхность и в глубину почвы. Дневное нагревание и ночное охлаждение вызывает суточные колебания температуры подстилающей поверхности. Температура почвы зависит от механического состава и степени увлажненности.

Наибольшая разность температур в течении суток наблюдается на поверхности почвы. Минимум температуры приходится на предрассветные часы, а максимум в полуденные часы. Это представляет собой суточный ход температуры почвы. При влиянии облачности, осадков или адвекции суточный ход нарушается. Разность между максимумом и минимумом называется амплитудой.

Амплитуда суточного хода температуры почвы выше, чем поверхности с густой растительностью или снегом. Растительность в теплое время понижает температуру поверхности почвы. Холодная, малоснежная зима способствует глубокому промерзанию почвы. Напротив, высокий снежный покров, благодаря своим теплоизолирующим свойствам способствует сохранению тепла под снегом, и способствует уменьшению промерзания почвы. Тесно связаны с температурным режимом почвы жизненные циклы развития вредителей и болезней растений [1].

Температурный режим воздуха непрерывно меняется во времени и пространстве. В разных географических районах Земли в одно и то же время температура очень различна.

Тепловой режим воздуха определяется в основном процессами теплообмена с деятельной поверхностью и поглощением солнечной радиации. Нагревание слоя воздуха происходит при теплопередачи тепла от нагретой подстилающей поверхности. Т.е. подстилающая поверхность теплее, чем воздух. Ночью же воздух теплее поверхности [2].

Растительный покров также уменьшает амплитуду суточных колебаний температуры воздуха, поскольку днем он поглощает часть потока солнечной радиации, а ночью задерживает земное излучение.

Структура растительного покрова в значительной мере определяет его температурный режим. Потребность растений в тепле варьирует в широких пределах в зависимости от вида, фазы развития, от конкретных условий их произрастания или возделывания. Высокая температура почвы и воздуха в период формирования зерновых культур условиях недостатка почвенной влаги снижает урожай до 50%. Жаркая сухая погода в период налива зерна также значительно снижает урожай зерновых культур.

В процессе многолетних исследований агрометеорологами изучены потребности в тепле практически всех сельскохозяйственных культур. Потребность растений принято выражать в суммах активных температур и эффективных температур.

Активная температура – это количественный показатель тепла, выражающий сумму средних суточных температур воздуха или почвы, превышающие биологический минимум температуры [1]. Эффективные температуры – количественный показатель тепла, выражающий сумму средних суточных температур воздуха или почвы, не превышающие биологический минимум температуры. Однако такие суммы не являются константами, поскольку на эти величины оказывает влияние влаги растений, зимний период, виды растений и уровень биологического минимума.

Таким образом, температура воздуха является одним из основных факторов жизнедеятельности растений. Учет температурного режима на сельскохозяйственных полях, в среде растений, а так же в парниках и теплицах представляет собой важное условие для получения высоких и устойчивых урожаев. Более того, для размещения новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур необходимы сведения о потребностях растений в тепле (суммы активных и эффективных температур). Данные температурного режима необходимы для планирования сроков и норм посева, сроки уборки урожая [1].

1.3 Осадки, влажность воздуха и испарение

Часть атмосферных осадков используется растительным покровом, в процессе их жизни возвращаются в атмосферу через транспирацию и испарение. В агрометеорологии обычно используют суммы осадков, выпавших за декаду, месяц и вегетационный период. Cнег, выпадающий, при устойчивых отрицательных температурах воздуха и почвы, образует снежный покров. Состояние снежного покрова характеризуется его высотой, плотностью и характером залегания. Различное сочетание характеров залегания снега обуславливает его неравномерность [2].

Теплопроводность снега зависит от его плотности. Чем плотность снега выше, тем его теплопроводность увеличивается, а чем теплопроводность слабее, то благодаря этому почва защищается от резких колебаний температур на зимующие культуры. Снежный покров аккумулирует осадки холодного времени года, и весной в процессе таяния образуется много воды, часть которой накапливается в почве. Накопление и сохранение влаги на полях зависит от высоты и плотности снега, глубины и степени промерзания почвы. Чем выше снежный покров и больше его плотность, тем больше запас воды, содержащейся в нем.

Зимой температура почвы зависит от высоты снежного покрова, плотности и структуры снега. Под воздействием колебания температуры и интенсивности солнечной радиации выпавший снег уплотняется. При наступлении ранней весны снег начинает таить, насыщая влагой снег, оседает, замедляет прогревание почвы, это способствует раннему пробуждению зимующих растений. В защиту сельскохозяйственных культур от гибели большая роль принадлежит снегозадерживанию, снегоуплотнению и снегонакоплению. Для ускорения таяния снега проводят специальные работы по снегосносу - производство зачернения поверхности снега торфяной или угольной пылью [1].

Влажность воздуха имеет следующие величины: абсолютная влажность, парциальное давление водяного пара, давление насыщенного водяного пара, относительная влажность, дефицит насыщения, температура точки росы и удельная влажность. В растительном покрове относительная влажность распределяется неравномерно, в среде растений водяного пара больше, чем над оголенной почвой. Поскольку растения испаряют влагу и снижают скорость ветра, происходит ослабление турбулентной диффузии пара. Так в посевах пшеницы относительная влажность в ясные дни на 20-30% выше, чем над оголенной почвой. Следовательно, дефицит насыщения в посевах сельскохозяйственных культур значительно меньше, чем над оголенной почвой.

Относительная влажность воздуха применяется для оценки благоприятности условий произрастания растений. В период роста и цветения низкая влажность воздуха способствует быстрому высыханию пыльцы, отчего происходит неполноценное оплодотворение зерновых культур. Длительный период вегетации летом при относительной влажности менее 30% вызывает у растений недостаток влаги, вследствие чего происходит сокращение листовой поверхности, скручивание, усыхание и опадение листвы. В условиях длительного периода жаркой и сухой погоды растения могут полностью погибнут.

Повышенная относительная влажность воздуха более 80% обуславливает крупноклеточное строение механических тканей растений, снижающее устойчивость к полеганию наземных побегов зерновых, препятствует эффективному опылению растений в период их цветения. Кроме того, избыточная влажность воздуха создает благоприятные условия для развития грибковых болезней на примере фитофторы, белая гниль, ржавчина и другие [1]. Пониженный дефицит насыщения замедляет созревание пшеницы и просыхание зерна и соломы в скошенных валках. При дефиците насыщения более 8 гПа складываются благоприятные условия для работы уборочных работ, при дефиците менее 3 гПа условия плохие, так как влажная масса соломы забивает рабочие органы агрегатов, а зерно плохо отделяется от колоса.

Учет влажности воздуха имеет большое значение при проведении многих хозяйственных мероприятий: уборке и закладке кормов на хранение, сушке зерна. Влажность учитывается также при стойловом содержании сельскохозяйственных животных [1]. На европейской территории России испаряемость увеличивается в направлении с северо-запада на юго-восток, так как в этом направлении возрастают ресурсы тепла и сухость воздуха [2].

Суммарное испарение с сельскохозяйственных полей зависит от характера погодных условий, от биологических свойств растений и фазы их развития, от мощности растительного покрова, от степени развитости его корневых систем и от применяемой агротехники возделывания культур [1].

В начале вегетации, когда испаряющая поверхность растений еще незначительна, испарение с поверхности почвы больше, чем с поверхности растений. Это сложный физический и физиологический процесс, зависящий от условий окружающей среды: освещенности, температуры и влажности воздуха, силы ветра, а так же от биологических особенностей называется транспирацией. Внутри органов растения вода испаряется с поверхности клеток.

Корневая система всасывает влагу из почвы и по проводящим сосудам снабжает все органы растения водой и элементами минерального питания, растворенными в ней. Транспирация происходит также и через покровные ткани стеблей и плодов. Расходы воды на транспирацию обычно выражают через показатель, называемый коэффициентом транспирации. Это отношение массы воды, расходуемой растением путем транспирации, к массе сухого вещества. Этот коэффициент очень различен, так например, для пшеницы он составляет 500 грамм воды [1].

Большую роль в формировании вегетации растений является выпадения осадков из атмосферы, а также их образование на подстилающей поверхности. Наземные осадки образуются в результате конденсации или сублимации водяного пара непосредственно на подстилающей поверхности. Роса – это мельчайшие капли воды, образовавшиеся на поверхности земли, растительного покрова в теплое время года. Образование происходит в результате радиационного охлаждения, когда температура поверхности и прилегающий к ней воздух опускается до точки росы выше 0 0С, и сконденсировавшийся пар выделяется на поверхности в виде мелких капель воды [2]. Роса имеет немалое значение для жизнедеятельности растений, особенно в засушливых регионах, где за теплый период ее суммарное выделение из воздуха достигает 10-30 мм [1].

В заморозкоопасных районах ночные росы оказывают полезные влияние, поскольку их образование связано с выделением скрытой теплоты парообразования, замедляющая процесс выхолаживания, благодаря которому возможно предотвращение слабого заморозка или снижение его интенсивности. Однако росы затрудняют работу комбайнов, так как пшеница влажная Изморозь – это рыхлое снегообразование, ледяные кристаллы, образующиеся в любое время суток. Изморозь практически не опасна для растений, так как не бывает большой интенсивности, но является небольшим дополнительным источником увлажнения поверхности почвы [1].

2. Опасные для сельскохозяйственного производства гидрометеорлогические явления в теплый период

Продуктивность сельскохозяйственных культур и качество продукции широко варьирует от года к году под влиянием складывающихся агрометеорологических условий, зависят от степени их благоприятности для возделываемых культур, особенно в критические периоды жизни растений. Неблагоприятные для сельского хозяйства гидрометеорологические явления приводят к неурожайным годам. В России теперь называют опасными природными явлениями (ОПЯ).

В агрометеорологии ОПЯ считаются такие, которые по своей интенсивности, продолжительности воздействия, площади распространения или времени возникновения могут нанести значительный ущерб сельскохозяйственным посевам. ОПЯ для сельскохозяйственного производства в теплый период относят: заморозки, засухи, суховеи, град, сильные ливни. В холодный период зимующие культуры подвергаются различными неблагоприятными воздействиями, которые могут вызвать частичную или полную гибель посевов, садов и виноградников. Степень повреждения зимующих культур бывает различной в разные годы и в разные периоды зимы. ОПЯ в холодный период относят: выдувание посевов или почвы, вымерзание посевов, вымокание растений и гололед [1].

2.1 Заморозки

Особенно опасны поздневесенние и ранносенние заморозки, совпадающие с периодами активной вегетации растений. Информация об интенсивности заморозков, о сроках их прекращения весной и возникновения осенью чрезвычайно важна. Эти информации используется также для оценки заморозкоопасности территории, для принятия решений о размещении теплолюбивых культур, выбора сроков сева и уборки культур, для выбора способов защиты с целью снижения возможного ущерба от этого опасного явления природы.

Адвективные заморозки возникают вследствие затока холодных арктических масс воздуха, во время перестройки сезонной циркуляции атмосферы. Этот тип заморозков, характерный обычно для ранней весны или поздней осени. Эти заморозки наименее опасны, поскольку озимые культуры еще не потеряли закалку холодного периода [1].

Радиационные заморозки возникают, в тихие ясные ночи при относительно низких средних суточных температурах воздуха вследствие интенсивного излучения земной поверхности и охлаждения прилегающего слоя воздуха до отрицательных температур. Интенсивность и продолжительность радиационных заморозков зависят от рельефа и характера подстилающей поверхности, влажности почвы и воздуха и других местных условий. Размеры ущерба зависят о интенсивности и продолжительности заморозка. В то же время на возвышенностях и на склонах снижение температуры до уровня заморозка обычно не наблюдается. Радиационные заморозки чрезвычайно опасны для сельскохозяйственных культур. Смешанные заморозки, возникают в результате вторжения холодных масс воздуха на конкретную территорию и последующего ночного выхолаживания приземного слоя воздуха до отрицательных температур вследствие излучения подстилающей поверхности. Такой тип заморозка наблюдается обычно в конце весны и даже в начале лета. Это так называемые скрытые заморозки, которые наблюдаются ночью и имеют малую интенсивность и продолжительность. Обычно наблюдаются на высоте травостоя, и повреждают теплолюбивые растения [1]. На территории России и сопредельных стран время прекращения заморозков весной и осенью от года к году весьма изменчиво. В основной зоне замедления продолжительность беззаморозкового периода изменяется от 90 до 270 дней. Знание продолжительности беззаморозкового периода необходимо при определении возможности выращивания теплолюбивых культур на конкретной территории.

Заморозки заканчиваются и начинаются в различных районах земледельческой зоны при разных уровнях средней суточной температуры воздуха. Для западных районов России заморозки прекращаются обычно до устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 10 ºС. В континентальных районах (Западная Сибирь), заморозки отмечаются после установления средней суточной температуры воздуха выше 12 ºС.

Для защиты сеяных сельскохозяйственных культур от заморозков применяют различные методы, объединяемые понятием борьба с заморозками. Наиболее распространенным методом защиты растений от заморозков является дымление. Она образуется вследствие температурной инверсии в приземном слое воздуха. При адвективных заморозках, а так же в условиях холмистой местности, эффект дымления резко снижается из-за быстрого рассеивания тепловых потоков дыма и разрушения слоя инверсии [1]. Применяют так же полив или дождевой посев, под действием которого увеличивается теплопроводность почвы, приток тепла из более глубоких слоев к ее поверхности. Дождевой имеет ряд преимуществ перед методом поливов. Более выгодным является расположение полей на возвышенных территориях и склонах, где вероятность возникновения заморозков намного меньше. В последние годы учеными предложены методы активного воздействия на заморозки с использованием специальных вентиляционных установок, а так же внесения активных тепловыдающих химических веществ на поверхности почвы (соль гидрида кальция) [1].

2.2 Сильные ливни и град

В результате воздействия сильных ливневых осадков на сельскохозяйственные культуры, может вызвать полегание посевов. У полегающих зерновых культур налив зерна протекает с нарушением физиологических процессов, в результате чего зерно содержит меньше крахмала. Возможно, вызвать истекание зерна – процесс избытка воды в колосьях, возможность развития плесени и грибка.

Сильные ливни вымывают питательные вещества из верхних горизонтов почвы в нижележащие слои. Переувлажненная почва и полегшие растения значительно усложняют механизированную уборку зерновых культур. При наблюдениях используется визуальная оценка, интенсивность определяется в баллах.

Град является стихийным природным гидрометеорологическим явлением. Выпадение града на посевы сельскохозяйственных культур, плантаций плодовых деревьев, виноградников, которые может нанести значительный и даже непоправимый урон, под действием градобития. Ущерб, наносимый сельскохозяйственным посевом и плантациям, зависит не только от размера градин, но и от плотности их выпадения на единицу площади и продолжительности града [1].

В летние жаркие дни возникают мощные восходящие потоки за счет большой неравномерности в нагревании подстилающей поверхности. Основной причиной возникновения града является смещение фронтальных холодных масс. Так, например, в 1874 г. в Гиссарской долине в результате мощного северо-западного вторжения влажного воздуха и его последующей конвекции выпал очень крупный град. В течение нескольких минут градобития были полностью уничтожены хлопковые поля, виноградники и сады. Ежегодно градобитие наносит сельскохозяйственному производству огромный ущерб, около 2 млрд. долл. США. С целью уменьшения потерь, стали применяться активные воздействия на градовые облака. Их суть заключается в искусственном внесении в зону накопления переохлажденных капель в облаке большого количества мельчайших частиц льдообразующих реагентов, обычно твердой углекислоты, йодистого серебра или йодистого свинца [1].

2.3 Засухи, суховеи и засушливые явления

К стихийным явлениям природы, наносящим значительный экономический, экологический и социальный ущерб сельскохозяйственному производству, относятся засухи и суховеи. Общая площадь территории с засушливым климатом составляет около 42 % суши, но эпизодические засухи наблюдаются на большей части суши [1].

Для территории России актуально такое явление, как засуха. Засуха наносит значительный экономический, экологический и социальный ущерб сельскохозяйственному производству. Вероятность засушливых лет в России имеет широкие приделы. На европейской территории страны вероятность засух увеличивается с северо-запада на юго-восток, а в азиатской части России такой закономерности не прослеживается из-за географических особенностей и расположению гидрографической сети. Это одно из самых неблагоприятных явлений наносящее наибольший урон сельскохозяйственному производству. Особенно опасны интенсивные и продолжительные засухи, на больших территориях зернового клина страны.

Наиболее распространенными широкомасштабными последствиями экстремальных метеорологических явлений являются засухи, лесные пожары и экстремальные гидрологические явления наводнения. Они часто приводят к значительному материальному ущербу и в некоторых случаях сопровождаются увеличением заболеваемости и смертности населения [1].

Метеорологические предпосылки засух, это аномальная относительно местных климатических условий и времени года жаркая и засушливая погода. Засуха считается биогидрометеорологическим явлением, заключающимся в резком нарушении соответствия между притоком влаги к растениям и ее расходом. Засуха — явление природы, обусловленное циркуляционными процессами в атмосфере и характеризующееся длительным отсутствием осадков (или значительным их сокращением по сравнению со среднемноголетними нормами), повышенной температурой воздуха и сильными ветрами. Формирование засух на территории России связано с циркуляцией атмосферы, приводящей к установлению длительного периода антициклонической погоды [3].

Существуют три типа засух: атмосферная, почвенная и атмосферно-почвенная (общая). Атмосферно-почвенная засуха представляет наибольшую опасность для сельскохозяйственных культур. Основным признаком атмосферной засухи считают устойчивую антициклоническую погоду с длительными засушливыми периодами, высокой температурой и большой сухостью воздуха. Почвенная засуха возникает как следствие атмосферной засухи, когда при усиленном испарении запасы влаги в почве быстро уменьшаются и становятся недостаточными для нормального роста и развития растений [3].

Атмосферно-почвенная засуха — это сочетание условий, характеризующих атмосферную и почвенную засуху. По интенсивности и охвату территории они делятся на сильные, средние и слабые. По времени наступления засух выделены весенние, летние, осенние и зимние. Весенняя засуха характеризуется невысокой температурой и малой влажностью воздуха, малыми запасами продуктивной влаги в почве, сухими ветрами. Летняя засуха обычно отличается высокой температурой, горячими сухими ветрами (суховеями), вызывающими повышенное испарение воды из почвы и интенсивную транспирацию растений. Осенняя засуха характеризуется невысокой температурой воздуха и малыми запасами продуктивной влаги в корнеобитаемых горизонтах почвы. Зимняя засуха наступает в условиях снежного покрова при недостатке влаги в корнеобитаемых горизонтах почвы и при температуре воздуха выше 0 °С, когда возобновляется транспирация некоторых растений (в частности, озимых культур), усиливающаяся при солнечной и ветреной погоде. Считается, что почвенная засуха является следствием атмосферной. Зависимость возникновения почвенных засух разной интенсивности от атмосферных засух также разной интенсивности с учетом периодов вегетации растений исследована в работе. Программа агрометеорологического мониторинга на станциях наблюдательной сети Росгидромета включает измерения комплекса метеорологических показателей в сочетании с измерением параметров состояния почвы, роста и развития сельскохозяйственных культур, трав и древесной растительности. Эта работа выполняется в соответствии с Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам, а также со специальными инструкциями [3].

Как метеорологическое явление засуха присуща тем областям России, которые характеризуются превышением испарения над естественным увлажнением. В России в отдельные годы засухи и суховеи охватывают большие площади зернопроизводства и порождали страшные бедствия: голод, нищету и смерть людей [1].

Вследствие засухи происходит снижение урожайности сельскохозяйственных культур. При длительных и интенсивных засухах урожайность культур оказывается очень низкой, а при экстремальных засухах гибель растений может наступать еще до формирования урожая. В отличие от засух суховеи, как правило, непродолжительны (от нескольких часов до нескольких суток). Под действием суховеев происходит интенсивное испарение с поверхности почвы, обезвоживание тканей растений в результате транспирации, вследствие чего нарушается водный баланс растений и весь комплекс физиологических процессов: фотосинтез, дыхание, углеводный и белковый обмен. Снижается функции роста, увеличивается число бесплодных цветков, уменьшение числа колосков и зерен в колосе. Существуют также засушливые явления, они отличаются от засух и суховеев тем, что эти явления обуславливают временное угнетение растений. Например, отсутствие осадков при жаркой ветреной погоде.

Многочисленные исследования происхождения засух и суховеев показали, что их образование на территории России связано с циркуляцией атмосферы, приводящей к установлению длительного периода антициклонической погоды. Примерно в 70 % случаев обширный антициклон, приходящий из Арктики, формируется над Западной Сибирью. Из всех неблагоприятных гидрометеорологических явлений наибольший урон сельскохозяйственному производству наносят интенсивные и длительные засухи, охватывающие значительную часть зернового клина страны.

Система борьбы с засухами и суховеями приводится по трем основным направлениям: селекционно-генетическому, агротехническому и мелиоративному. Селекционно-генетическое направление связано с выведением новых засухоустойчивых сортов растений. К ним относят: способность регулировать транспирацию, сокращать площадь испарения культур. Агротехническое направление работ связано с устранением несоответствия между потребностью растений во влаге в период их развития. Мелиоративное направление борьбы с засухами и суховеями является наиболее дорогостоящим; строительство ирригационных сооружений (каналы, водохранилища) [1].

3. Изменение температурно-влажностного режима на юге Западной Сибири

В последнее десятилетие значительно возросло внимание, как будет изменяться климат Земли. Существует два основных сценария изменения климата - по сценарию увеличения гумидности или по сценарию увеличения аридности климата материков. Таким образом, можно отметить, что гумидный процесс несет за собой увеличения влажности, а аридный сценарий увеличения температурных показателей, т.е. увеличения сухости. Индекс тепловлагообеспеченности ГТК, гидротермический коэффициент Селянинова объективно и доступно оценивает изменение климата. В качестве показателя аридности климата вегетационного сезона удобно использовать гидротермический индекс ГТК. Разумное научное обоснование и простота вычисления ГТК, стали причинами его включения в стандартный перечень индексов климатического изменения. В развитии процесса климатического опустынивания велика роль опасных (катастрофических) засух, как атмосферных, так и почвенных. По последним результатам [7] региональной оценки изменений климата указывают на то, что в весенне - летний период тепло-влагообеспеченность формирует засушливые условия (аридность) на большей территории России. Для определения оптимальных условий ведения сельского хозяйства (определение тепло-влагообеспеченности растений, продуктивности растений, оценка влагообеспеченности, оптимизация площадей земледельческой зоны) актуально и доступно производить оценку изменения климата для регионов России по ГТК. В последнее время уделяется серьезное внимание последствиям экстремальных гидрометеорологических явлений. На территории России отмечается более 30 видов опасных экстремальных гидрометеорологических (метеорологических, агрометеорологических, гидрологических, морских гидрометеорологических) явлений. Опасные гидрометеорологические явления, которые характерны для территории России в теплый период, отмечаются сильные ливни, сопровождаемые грозами, градом и шквалистым усилением ветра. Весенние половодья, дождевые паводки и наводнения сопровождаются затоплением населенных пунктов, сельхозугодий. Для южных районов характерны сильные засухи, приводящие к резкому снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Формула для расчета ГТК имеет вид (по [5]):

(1)



ΣR - сумма осадков за месяцы;

ΣT- сумма среднесуточных значений температуры воздуха больше 10 °С.

Индекс ГТК является безразмерным коэффициентом. В этом случае суммирование в формуле для вычисления ГТК производится для летних месяцев, т. е. для периода июнь – август.

3.1 Данные исследовательской работы

Для настоящего исследования была создана база данных за 45-летний период с 1960 по 2005 г., из среднесуточной температуры воздуха и среднесуточной суммы осадков за теплый период. Общий объем за 45 летних (теплых) периодов составил 203130 значений. Расчет выполнялся на основе рядов значений гидрометеорологических величин по станциям Красноярск, Минусинск, Рубцовск, Барнаул, Барабинск и Омск. А также число Вольфа за исследуемый период.

Данные были взяты из электронного каталога метеорологических данных международного обмена [9] . Данные представлены в виде выборки летних месяцев с учетом среднесуточной температура >10 ºС. таблицы А1, А2, А3 из приложения А, в которых размещены полученные статистические характеристики индекса ГТК по территории юга Западной Сибири по месяцам и общие за период исследования, а также значение ГТК по станциям. В целях сравнения осредненного индекса ГТК по югу Западной Сибири был предложен показатель солнечной активности (число Вольфа). Данные показателя были взяты из электронной базы данных Национального агентства по аэронавтике и исследованию космического пространства (National Aeronautics and Space Administration) NASA. Число Вольфа представляется в виде осредненных значений за летние месяцы в период с 1960 по 2005 год. Таблица Б1 показывает сравнение ранжированных рядов данных индекса ГТК и числа Вольфа из приложения Б. Данные сумм среднесуточных температур >10ºС и сумм осадков представлены в таблицах В1 и В2 из приложения В, в которых размещены статистические характеристики температуры воздуха и осадков по территории юга Западной Сибири.

3.2 Анализ температурно–влажностного режима по территории юга Западной Сибири

Исследования температурно – влажностного режима территорий очень важен для многих отраслей экономики страны, особо важной отраслью является сельское хозяйство. Сельскохозяйственные культуры полностью зависят от температурного и влажностного режима, особенно в период роста и созревания. Западная Сибирь является зоной рискованного земледелия, потому что, возможны заморозки в любой летний месяц, за исключением самых южных районов Западной Сибири. Так же возможны сильнейшие атмосферно – почвенные засухи и суховеи. Все эти проблемы сказываются на урожайности сельскохозяйственной продукции, а это в свою очередь влияет на социально – экономическую сферу Российской Федерации, приводящие к росту цен на основные продукты питания. Таким образом, оценка температурно – влажностного режима территории Западной Сибири очень важна.

На рисунке 1 приводится временной ход сумм температур за период >10 ºС, осредненных по исследуемой территории, а также линия осреднения полиномом второй степени, которая аппроксимирует изменение сумм температур во времени.



Рисунок 1 – Изменение сумм температур воздуха по территории юга Западной Сибири

При анализе рисунка 1 за последние 30 лет происходит увеличение сумм температур. В целом для территории юга Западной Сибири среднее значение суммы активных температур равняется 1661,9 ºС. Это говорит о том, что территория юга Западной Сибири получает большое количество тепла, что, следовательно, приводит к благоприятным условиям ведения сельского хозяйства в летнее время. Линия тренда нам показывает, что за 45 летний промежуток времени происходит увеличение суммарной температуры. Как видно из таблицы 5, больший рост суммарной температуры приходятся на Красноярск, Барнаул и Рубцовск. Максимальные суммы 2076,6 ºС наблюдаются в Рубцовске, а минимальные 1380,2 ºС в Барабинске, это говорит о том, что прослеживается зональность распределения температур на земном шаре, и следовательно более северные территории южной части Западной Сибири получают меньшее количество тепла.

На рисунке 2 приводится временной ход сумм осадков, осредненных по исследуемой территории, а также линия осреднения также полиномом 2й степени, которая показывает изменение сумм температур во времени.



Рисунок 2 - Изменение сумм осадков по территории юга Западной Сибири

При анализе рисунка 2, за период 45 лет происходит незначительное увеличение сумм осадков. В целом для территории юга Западной Сибири среднее значение суммарных осадков равняется 164,4 мм. Это говорит о том, что территория юга Западной Сибири получает оптимальное количество осадков в теплый период. Линия осреднения нам показывает, что за 45 летний промежуток времени происходит некая эпизодичность изменения сумм осадков. Как видно из таблицы В2 (приложение В), небольшой рост сумм осадков приходится на район станции Барнаул. Максимальные суммы 382 мм наблюдаются в Красноярск, а минимальные 30,9 мм в Рубцовске.

Таким образом, территория Западной Сибири находится в сравнительно оптимальных условиях тепло-влагообеспеченности в летний период. Большое количество выпадающих осадков, около половины годовой нормы (400 мм), компенсируются большим количеством поступающего тепла, что в свою очередь приводит к высокому уровню испарения, а также транспирации растений, что в свою же очередь является благоприятным условием произрастания сельскохозяйственных культур на территории Западной Сибири. В свою очередь, соотношение сумм температур и осадков явно описывает индекс тепловлагообеспеченности ГТК.

3.3 Анализ индекса ГТК по территории юга Западной Сибири

По станциям, выбранным для настоящего исследования по выше описанной методике был проведен расчет индекса ГТК. На рисунке 3 приводится временной ход индекса ГТК, осредненный по исследуемым станциям, а также линия полиномиального тренда, которая показывает изменение индекса во времени.



Рисунок 3 – Индекс ГТК, осредненный по станциям юга Западной Сибири

При анализе рисунка 3, использовалась шкала классификации уровней тепловлагообеспеченности по ГТК [5]. Согласно шкале, оптимальные условия тепло-влагообеспеченности по индексу ГТК в пределах от 1,1 до 1,4 являются наиболее благоприятными для ведения сельского хозяйства, а так же развития биогенных процессов в летние месяцы. Низкое значение индекса ГТК<1, говорит о том, что для летних месяцев было характерно увеличение доли сумм температур по сравнению с долей осадков.

За последние 30 лет происходит увеличение повторяемости экстремальных высоких температур и экстремально малого количества выпавших осадков. Такие значения ГТК могут привести к опасным гидрометеорологическим явлениям, таким как суховеи и атмосферная засуха, переходящая в почвенную засуху. В результате происходит увеличения числа пожаров, а так же наносится большой ущерб сельскому хозяйству, связанный с увеличением транспирации растений, которое приводит к ссыханию культурной растительности.

В целом для территории юга Западной Сибири среднее значение коэффициента ГТК равняется 1,01. Это говорит о том, что для территории юга Западной Сибири складываются оптимальные условия для разведения кукурузы, подсолнечников, картофеля, рапса, а также сои. Следовательно, приводит к благоприятным условиям ведения сельского хозяйства в летнее время. Линия осреднения нам показывает, что за 45 летний промежуток времени происходит незначительное уменьшение индекса ГТК. В Западной Сибири, наблюдается уменьшение значений индекса ГТК, по критерию "сухости" (ГТК< 0.76) [5] в Омской и Новосибирской областях; и некоторое увеличение в южных районах Алтайского края.

Данные авторов Ю.А Израэль, О.Д Сиротенко [4], распределения трендов ГТК за период 30 лет свидетельствуют о том, что увлажненность летнего периода за последние 30 лет уменьшалась на большей части ЕТР и в южных районах Западной Сибири. Уменьшение увлажненности летнего периода, наблюдалось также в южных районах Восточной Сибири. Было замечено, что с уменьшением индекса ГТК связано увеличение числа неблагоприятных агрометеорологических явлений, такие как самые сильные засухи в Омской области, на юге Красноярского края, Хакасии и Алтайском крае в 1975, 1982 и 1991 годах. В результате этих катастрофических засухах недоборы урожая составили по югу Западной Сибири 30%.

При анализе изменения ГТК во времени, можно заметить, что выявляются некоторые периодичности хода индекса. По произведенному спектральному анализу можно сказать, что индекс ГТК имеет 11-летний цикл, и менее выражены 6 и 9-летние циклы. Этот вывод наводит на мысль о том, что, вероятно, существует связь периодичности ГТК с солнечной активностью. В качестве характеристики, которая дает представление о солнечной активности наиболее часто используют числа Вольфа. Данная ранжированная зависимость представленная на рисунке 4.



Рисунок 4 – Сравнение ранжированных рядов среднегодовых значений ГТК и чисел Вольфа

При построении рисунка 4, были использованы ранжированные ряды данных по индексу ГТК и числа Вольфа за соответствующий период времени. Было замечено, что прослеживается некое сходство экстремумов значений в ходе ГТК и чисел Вольфа. Возрастание солнечной активности приводит к увеличению влагосодержания. Это может заключаться в увеличении выпадения осадков, а так же уменьшению суммарных температур летом. В минимумы солнечной активности мы видим, что ранги индекса ГТК также имеют минимальные значения, а, следовательно, низкое влагосодержание почвы. Можно отметить, что на это время приходится большее количество засух на территории Западной Сибири в 1982 и 1975 годах. В период спада и роста солнечной активности можно проследить, что наблюдаются второстепенные всплески индекса ГТК. Можно пронаблюдать, что существует некая связь между ранговыми значениями ГТК и числа Вольфа по ранговому коэффициенту Спирмана. Формула для расчета имеет вид (по [6]):

(2)



Rx – значения по массиву данных х

Ry – значения по массиву данных y

n – объем выборки

Коэффициент Спирмана равный 0,27 показывает, что в целом влияние солнечной активности в 30% случаев оказывает влияние на индекс ГТК. В других случаях наблюдаются отдельные аномалии года, т.е. выбивания из совместного ритма. Так же немало важным аспектом является, что в период обработки данного массива данных попадает на 3 циркуляционные эпохи до 1968 меридиональная (С), 1969-1981 форма восточной циркуляции (Е), а с 1991 началась эпоха западного переноса (W) [7].

Рассматривая построение рисунка 4, ранжированных рядов среднегодовых значений ГТК и чисел Вольфа, можно предположить, что отдельные аномалии связаны не только с фактором циркуляционного режима, но и с воздействием других немало важных факторов. Одним из таких фактором являются вулканические извержения, они могут воздействовать на многие процессы, проходящие в атмосфере. Особо сильные извержения воздействуют на общепланетарные масштабы, что может вызвать "вулканические зимы", существенно изменяющие температурный и влажностный режим всей планеты Земля на период времени от 2 до 7 лет. Вулканические зимы возникают из-за взвешенных частиц пепла в тропосфере и стратосфере, которые образуют экран, задерживающий поступающую солнечную радиацию. Хотелось бы заметить, что в годы аномалии наблюдается рост числа Вольфа, а индекс ГТК испытывает понижение. Таким образом, в годы роста ранжированного значения числа Вольфа наблюдаются засухи или недостаточное значение индекса ГТК. Такими периодами являются с 1980 по 1982 и с 1992, которые изображены на рисунке 4. На эти два периода приходятся три сильнейших извержения вулканов, с выбросами вулканического аэрозоля более 10 Мт. Такими являются: вулканы Сент-Хеленс (США) 1980 год, Эль-Чичон (Мексика) 1982 год и Пинатубо (Филиппины) 1991 год [11]. Абсолютной связи извержений и аномалий нет, но как любой процесс в атмосфере имеет инерцию. Выбрасываемые из вулканов частицы пепла и другие химические соединения долгое время находятся в атмосфере во взвешенном состоянии, благодаря незначительному размеру, могут служить ядрами конденсации. Возможно, что при этом процессе большое количество водяного пара конденсируется на гигроскопических частицах вулканического происхождения, а также на более крупных частицах происходит смачивание. В глобальном масштабе районы вулканической деятельности можно назвать, как огромными сорбентами атмосферной влаги. Так, например, извержение вулкана Пинатубо способствовало усилению тропического тайфуна, который затопил восточную часть острова Лусон (Филиппинские острова). Следовательно, где вызывается избыток, возникает недостаток атмосферной влаги. Об этом, наглядно говорит факт засухи, наблюдающийся на территории Западной Сибири в 1982 году. К тому же, года начала извержений вулканов связаны с началом возникновения выбиваний хода двух ранжированных характеристик. Можно сделать вывод, что выдвинутая гипотеза имеет место взаимосвязи с аномалиями связи индекса ГТК и числом Вольфа. Так же рисунок 4 показывает, что существующие аномалии хода числа Вольфа и индекса ГТК для юга Западной Сибири могут быть связаны с климатическими аномалиями Эль-Ниньо. Процесс возникновения Эль-Ниньо связан с тем, что происходит процесс аномального распределения давления. В теории циркуляции говориться, что над Южной Америкой формируется зона высокого давления, а в юго-восточной Азии формируется зона низкого давления, под действием летнего муссона формирует обильные осадки на территории Индии. В годы Эль-Ниньо происходит обратный процесс распределения давления в этих областях земного шара. Благодаря кардинальному изменению барического поля, происходит ослабление пассатной циркуляции в районах побережья Южной Америки из-за ослабления зоны высокого давления. Таким образом, теплая вода из Индонезии начинает перемещаться в зону Южной Америки. Язык теплой воды вызывает катастрофические явления на Перу, Колумбию и Чили. Происходит резкое уменьшение морских видов животных, возникают сильнейшие ливни и вследствие наводнения в южноамериканских странах. Этот феномен воздействует и на весь Земной шар, благодаря изменению циркуляции, в Евразии, Австралии возникают сильнейшие засухи, которые приводят к неурожаям. Можно предположить, что феномен Эль-Ниньо наблюдается в периоды аномалии хода индекса ГТК и числа Вольфа [11].

В заключении можно сказать, что территория Западной - Сибири имеет огромный потенциал развития аграрного комплекса, который зависит по большому счету от характера развития сценария изменения климата. По произведенному анализу можно сказать, что за 45 лет произошло небольшое увеличение сухости климата в летнее время. Это связанно с увеличением числа повторяемости экстремальных высоких температур к количеству выпавших осадков. Возможно, что индекс имеет определенную цикличность в большом периоде данных и работа требует дальнейшего исследования рядов данных в современной циркуляционной эпохе (W-западная), в которой подобные исследования еще не проводились.

Более глубокое изучение индекса ГТК по югу Западной Сибири является рассмотрение изменения ГТК внутри вегетационного периода, а именно по летним месяцам (июнь, июль и август). Данные изображений изменения индекса ГТК по югу Западной Сибири для июня, июля и августа приведены на рисунках 5, 6 и 7.



Рисунок 5 – Изменение индекса ГТК по станциям юга Западной Сибири за июнь

При анализе рисунка 5, использовалась шкала классификации уровней тепловлагообеспеченности по ГТК [5]. Согласно шкале, оптимальные условия тепло-влагообеспеченности по индексу ГТК за июнь месяц оказываются незначительными. За последние 45 лет, линия осреднения показывает нам, что происходит увеличение индекса ГТК, что способствует собой увеличение тепловлагообеспеченности. Рост индекса ГТК начал наблюдается с 1982 года и по сегодняшний день наблюдается положительная тенденция роста. Таким образом, июнь месяц для юга Западной Сибири стал более влажным месяцем, где количество выпавших осадков превышает сумму температур. А так же обильные осадки, хорошо взаимодействуют с относительно высокими температурами, что способствует собой хорошему произрастанию сельскохозяйственных культур.

Июнь месяц считается очень важным месяцем в жизни зерновых культур, так как в это время происходит процесс опыления озимой пшеницы на территории Западной Сибири. Чередование осадков и высоких температур способствуют увеличению потенциального урожая озимой пшеницы. Было установлено, что так же с 1982 года происходило увеличение минимальных значений индекса ГТК, что способствовало собой сокращению засух в июне месяце. В общем, можно отметить, что прослеживается определенная цикличность для июня месяца. На рисунке 5, наглядно видно, что до 1982 года происходит уменьшение индекса ГТК, а именно его минимумов, для периода с 1960 по 1982 года включительно, приходится наибольшее количество засух в июне месяце. На этот период приходится основное число неурожаев, по причине гибели 20-30% ожидаемого урожая из-за ссыхания и невозможности при высоких температурах опыляться. Так же на этот период времени приходится относительно высокое значение ГТК, что в свою очередь вызывала избыточное увлажнение почвы. Это приводило к всевозможным заболеваниям сельскохозяйственных культур (образование плесени, гниение и др.).



Рисунок 6 – Изменение индекса ГТК по станциям юга Западной Сибири за июль

При анализе рисунка 6, использовалась шкала классификации уровней тепловлагообеспеченности по ГТК [1]. Согласно шкале, оптимальные условия тепло-влагообеспеченности по индексу ГТК за июль месяц оказываются существенными, по отношению к июню месяцу. За последние 45 лет, линия осреднения показывает нам, что особых изменений индекса ГТК не происходит. Преобладание оптимального индекса ГТК способствуют тому, что на территории Западной Сибири суммы положительных температур уравновешиваются с количеством выпавших осадков. В свою очередь, это объясняет то, что складываются благоприятные условия для дальнейшего роста и развития зерновых культур, а так же выращивания тепло и влаголюбивых растений, такие как, вишня, черешня и т.д. Оптимальные условия ГТК очень важны для сельскохозяйственных культур Западной Сибири. Так, например, оптимальное количество осадков способствует увеличению запасов влаги, а высокие температуры способствуют повышению транспирации растений, следовательно, возможно увеличение будущего урожая озимых культур. За период наблюдений по июлю месяцу индекс ГТК единично превышал оптимальные условия, в 1972 и 1979 годах значения ГТК были избыточные. Для Западной Сибири за июль месяц количество засух незначительно, но могут наблюдаться особо сильные засухи, так например 1974 и 1999 года. Засухи в июле могут наносить непоправимый вред сельскому хозяйству, так как эти засухи по продолжительности в общем количестве превосходят июньские засухи. Могут возникать возгорание зерновых культур, которые в свою очередь могут уничтожить целые поля озимой пшеницы. Несмотря на это, для Западной Сибири складываются благоприятные условия для жизни и развития сельскохозяйственных культур, в особенности озимой пшеницы.



Рисунок 7 – Изменение индекса ГТК по станциям юга Западной Сибири за август

При анализе рисунка 7, использовалась шкала классификации уровней тепловлагообеспеченности по ГТК [5]. Согласно шкале, оптимальные условия тепло-влагообеспеченности по индексу ГТК за август месяц оказываются незначительными. За последние 45 лет, линия осреднения показывает нам, что происходит уменьшение индекса ГТК, что способствует собой уменьшению тепловлагообеспеченности. С 1969 по 1973 год значение индекса ГТК соответствует условиям избыточного влагосодержания. Это говорит о том, что количество выпавших осадков кратно превосходило суммы положительных температур в этот период времени. Это приводит к тому, что уже готовый урожай подвергался действию процесса гниения в условиях избыточного индекса ГТК. А так же оказывало существенную проблему проведения сельскохозяйственных работ на полях [4]. Было замечено, что низкое значение ГТК, засуха, наблюдающееся в 1974 году является продолжением засухи с июля месяца. В основном, наблюдаются слабые кратковременные засухи, которые особого влияния на сельское хозяйство не оказывают. С 1989 года наблюдается уменьшение дисперсии индекса ГТК, но с увеличением минимальных значений индекса. Это объясняет тенденцию индекса ГТК, в сторону его уменьшения. В общем можно сказать, что август месяц является крайне нестабильным месяцем по индексу ГТК, он может быть и в зоне избыточности, а так же в зоне сильных засух. Но, в условиях последней тенденции, можно утверждать, что складываются более благоприятные условия для сельского хозяйства за последние 15 лет в августе месяце.

3.4 Пространственное изменение статистических характеристик индекса ГТК

В предыдущих главах были рассмотренные временные изменения индекса ГТК, его ход. В данном случае мы рассмотрим статистическое распределение характеристик в пространстве, а именно на исследуемой территории юга Западной Сибири. Данные статистические характеристики представляются на основе среднего индекса ГТК, его среднеквадратическое отклонение и тренд за 10 лет, находящиеся в приложении А (таблица А2). Данные изображения, пространственного распределения среднего значения индекса ГТК представляются на рисунках 10. 11, 12, за июнь, июль и август.



Рисунок 10 – Пространственное изменение среднего значения индекса ГТК по исследуемой территории за июнь месяц



Рисунок 11 - Пространственное изменение среднего значения индекса ГТК по исследуемой территории за июль месяц



Рисунок 12 - Пространственное изменение среднего значения индекса ГТК по исследуемой территории за август месяц

Согласна рисункам 10, 11 и 12 пространственного распределения среднего значения ГТК по территории юга Западной Сибири, использовалась шкала классификации уровней тепловлагообеспеченности по ГТК [1]. По полученным данным можно сказать, что на территории складываются благоприятные (оптимальные) условия тепловлагообеспеченности для обширных районов Западной Сибири, а именно Омской, Новосибирской областях, Красноярского края и Хакасии на протяжении всего вегетационного периода. Особо отметим, что для районов Алтайского края характерны на протяжении летних месяцев значительные уменьшение индекса ГТК. Вследствие, полученных результатов и опираясь на шкалу классификации индекса ГТК [5], на территории Алтая, наблюдается недостаточная величина тепловлагообеспеченности, а для юга – западных районов края (Рубцовск), наблюдаются засухи различных интенсивностей. По полученным средним значениям для Рубцовска, делаем вывод, что слабые засухи наблюдаются в июне, а засухи средней и сильной интенсивности в августе. Для июля характерно недостаточное значение индекса ГТК, возможно, это связано с тем, что июль месяц являются месяцем максимального развития конвективной облачности, а именно образования кучево–дождевых облаков локального характера.

Отклонение от среднего является мерой разброса множества данных во временном ряду данных. Чем больше временной ряд, тем точнее можно проследить природу изменчивости данной характеристики во времени. Данный временной ряд позволяет нам провести оценку среднего отклонения, т.к. временной ряд данной исследовательской работы составляет 45 лет. Данные изображения, пространственного распределения среднего отклонения индекса ГТК представляются на рисунках 13. 14, 15 за июнь, июль и август.



Рисунок 13 - Пространственное изменение среднеквадратического значения индекса ГТК по исследуемой территории за июнь месяц



Рисунок 14 - Пространственное изменение среднеквадратического значения индекса ГТК по исследуемой территории за июль месяц



Рисунок 15 - Пространственное изменение среднеквадратического значения индекса ГТК по исследуемой территории за август месяц

Согласно изолиниям пространственного распределения σГТК (рисунки 13-15) можно сделать предположение, что вся исследуемая территория юга Западной Сибири является зоной большой изменчивости данной величины за весь вегетационный период. Следовательно исходя из средних значений ГТК, на этой территории тепловлагообеспеченность по ГТК может быть избыточной, а также могут наблюдаться засухи слабой и средней интенсивности, в редких случаях могут наблюдать засухи сильной интенсивности. В результате, эти районы имеют существенные контрасты тепловлагообеспеченности за период исследования. Исключения наблюдаются в районе станции Рубцовск, где σГТК имеет наименьшие значения, в результате, могут формироваться оптимальные условия тепловлагообеспеченности, а также условия сильнейших засух, благодаря незначительному среднему значению ГТК. В общем, можно добавить, что районы Алтайского края должны обладать развитой системой ирригации земель, для предотвращения гибели сельскохозяйственной продукции под воздействием атмосферно-почвенных засух, особенно с сильными интенсивностями. Остальные районы юга Западной Сибири должны обладать большим комплексом мероприятий по сохранению урожая, т.к. эти районы подвержены как избыточному увлажнению, так и засухам различных интенсивностей.

Как говорилось в предыдущих главах, актуален вопрос изменчивости климата в будущем. Т.е. определения сценария развития климатических процессов: по увеличению аридности (сухости) или гумидности (влажности). Данная работа также преследует цель определения изменчивости климата во времени, а также ее распределение в пространстве. Для этого можно использовать тренд за десятилетний период. Данные изображения, пространственного распределения тренда за 10 лет, представляются на рисунках 16-18 за июнь, июль и август.



Рисунок 16 – Пространственная изменчивость тренда индекса ГТК (ед./за 10 лет) по исследуемой территории за июнь месяц



Рисунок 17 – Пространственная изменчивость тренда индекса ГТК (ед./за 10 лет) по исследуемой территории за июль месяц



Рисунок 18 – Пространственная изменчивость тренда индекса ГТК(ед./за 10 лет) по исследуемой территории за август месяц

По полученным данным из рисунков 16-18 можно сказать, что за последние 10 лет наибольшие изменения тепловлагообеспеченности в сторону увеличения сухости (аридности) наблюдается на востоке и юго-востоке Западной Сибири, а именно в Красноярском крае и Республике Хакасия. Тогда как, для большей части Западной Сибири существенных изменений тепловлагообеспеченности не наблюдается. Аналогичное распределение наблюдается и для трендов суммарных температур (см. п. 3.1). Следовательно, повышение сухости может быть связано с увеличением суммарных температур за летние периоды. Но для районов Красноярска эти тенденции являются очень важными, т.к. эти территории имеют значительную повторяемость избыточного индекса ГТК. Таким образом, повышение температур может привести к тому, что на территории Красноярского края будут преобладать оптимальные условия тепловлагообеспеченности, если эта тенденция сохранится и в будущем. Для районов Хакасии увеличение аридности может привести к возникновению продолжительных засух, различных интенсивностей. Возникает вопрос развития и совершенствования способов ирригации земель.

3.5 Изучение изменения континентальности климата на территории юга Западной Сибири и влияние на сельское хозяйство

Большие внутригодовые различия значений температуры — следствие континентальности климата — способствуют формированию на территории России зоны рискованного земледелия, для которой характерна значительная неустойчивость урожаев. Для современного изменения климата характерно уменьшение годовой амплитуды температуры, что ведет к уменьшению континентальности климата на территории земледельческой зоны Западной Сибири. На рисунке 8 приводится временное изменение годовой амплитуды температуры, осредненной по исследуемой территории, а также линия осреднения, которая показывает изменение времени.



Рисунок 8 – Годовая амплитуда температуры воздуха на юге Западной Сибири

Как видно из рисунка 8, многообразные экологические последствия на территории Западной Сибири привели к уменьшению амплитуды температуры воздуха до 4–6 °С за последние 45 летний период. Следует заметить, что максимальная урожайность зерновых культур на территории Европы достигнута в странах с наименее континентальным климатом — в Ирландии и Нидерландах [8]. Следовательно, уменьшение континентальности климата на территории юга Западной Сибири приводит к благоприятным условиям для развития сельского хозяйства и получения высоких урожаев. Можно сделать вывод, что уменьшение индекса ГТК связано с уменьшением континентальности климата и преобладание влияния теплых и влажных воздушных масс на территории Западной Сибири.

На рисунке 9 приводится временное изменение среднемесячной температуры за январь, осредненный по исследуемой территории, а также линия осреднения, которая показывает изменение времени.



Рисунок 9 – Изменение среднемесячной температуры января Западной Сибири

В Сибирском федеральном регионе за период исследований, отмечено увеличение температуры зимой. Как показано на рисунке 9, температура воздуха января за последние 45 лет имеет положительную тенденцию, тренд равный (R2) 0,76. Т.е. происходит изменение качественных характеристик климата в положительную сторону. По этой причине, рекомендация о расширении клина озимой пшеницы на территории юга Западной Сибири является актуальной. Данные выводы подкрепляются исследованиями Ю.А. Израэль, О.Д. Сиротенко [4]. Их выводы говорят, что вероятность гибели озимых в последнем десятилетии уменьшилась почти в 2 раза. Это также говорит о тенденции улучшения условий перезимовки и возможности расширения здесь посевов озимых культур как более урожайных.

Таким образом, наблюдаемые в течение последних 45 лет изменения климата способствовали росту продуктивности сельскохозяйственных культур Западной Сибири. Положительные тенденции урожайности зерновых и зернобобовых культур за 1975–2005 гг. в 70% субъектов Российской Федерации, наблюдаемые даже в условиях экономических сложностей в стране, косвенно подтверждают это заключение [4].

Заключение

В результате исследования температурно-влажностного режима на юге Западной Сибири было выявлено, что территория находится в сравнительно оптимальных условиях тепло-влагообеспеченности в летний период. Большое количество выпадающих осадков, компенсируются большим количеством поступающего тепла, что в свою же очередь является благоприятным условием произрастания сельскохозяйственных культур на территории Западной Сибири.

По итогам проделанной работы по индексу ГТК было выявлено, что в целом для территории юга Западной Сибири среднее значение коэффициента ГТК равняется 1,01. Это говорит о том, что для территории юга Западной Сибири складываются оптимальные условия для разведения таких культур как: кукурузы, подсолнечников, рапса, а также сои. Следовательно, приводит к благоприятным условиям ведения сельского хозяйства в летнее время. При изменении ГТК во времени, выявляются некоторые периодичности хода индекса. В свою очередь, выдвинуты гипотезы периодичности ГТК синхронные с солнечной активностью, вулканической деятельностью, а также с явлением Эль-Ниньо.

Территория Западной Сибири имеет огромный потенциал развития аграрного комплекса, который зависит по большому счету от характера развития сценария изменения климата. По произведенному анализу можно сказать, что за 45 лет произошло небольшое увеличение сухости климата в летнее время. Это связанно с увеличением числа суммарных температур к количеству выпавших осадков. Вероятно, будет происходить незначительное иссушение почвы в весенние и летние месяцы. Все это будет обеспечивать более интенсивное нарастание биомассы, а в летнее время при увеличении затрат воды на транспирацию приведет к снижению влагозапаса в почве. Продуктивность кормов в Западной Сибири возрастает повсеместно. Произойдет увеличение зерна, в основном за счет Омской, Новосибирской области, Красноярского края. В условиях устойчивого потепления климата, в зоне оптимального увлажнения, наиболее эффективными мероприятиями станут замены сортов (гибридов) сельскохозяйственных культур на более позднеспелые, и более урожайные, а так же расширение посевов зерновых культур. В восточных районах европейской части России и в Западной Сибири из-за уменьшения вероятности вымерзания станет возможным расширение посевного клина озимых культур. Могут быть также расширенны посевные зоны особо ценных и дефицитных для России сельскохозяйственных культур: сои, подсолнечника, кукурузы и других. Более мягкие зимние условия позволят расширить границы садоводства к северу на 500 км. В зоне степного земледелия борьба с засухами станет еще более острой, а эффективность развития орошения и влагосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур – еще более высокой. Адаптация к потеплению климата потребует внедрения в этой зоне более засухоустойчивых культур и сортов сельскохозяйственных растений.

Новизной и оригинальностью работы является то, что изучение температурно-влажностного режима для юга Западной Сибири осуществляется с помощью индекса ГТК Селянинова и выявление взаимосвязи с другими явлениями природы. Выявление будущего развития климата с помощью индекса ГТК, а также, опираясь на полученные результаты, выработка рекомендаций для аграрного сектора юга Западной Сибири. Исследования требуют дальнейшего изучения температурно-влажностного режима, выявление других факторов, влияющих на изменение климата. Расширение базы данных, с помощью вовлечения новых станций на исследуемой территории, для изучения локальных изменений, обусловленных географическими факторами. Для более глубокого анализа необходимо сравнение других индексов тепло – влагообеспеченности между собой и их взаимосвязь природными процессами, а так же выбор оптимального индекса для территории юга Западной Сибири.

Список испльзованных источников и литературы

Книги двух авторов

1. Грингоф И.Г., Пасечнюк А.Д. / Агрометеорология и агрометеорологические наблюдения. – Л.: Гидрометеоиздат, 2005. – 551 с.

1. Хромов С.П., Петросянц М.А. / Метеорология и Климатология. – М.: МГУ, 2004. – 580 с.

Статьи из научного журнала

1. Сиротенко О.Д., Грингоф И.Г. / Оценка влияния ожидаемых изменений климата на сельское хозяйство Российской Федерации //Метеорология и гидрология, 2006.-№8.- С. .92-101.
2. Израэль Ю.А., Сиротенко О.Д. Моделирование влияния изменений климата на продуктивность сельского хозяйства России // Метеорология и гидрология, 2003.- №3. - С. .5 -17.
3. Зоидзе Е.К., Хомякова Т.В. / Основы оперативной системы оценки развития засух и опыт ее экспериментальной эксплуатации // ВНИИСХМ, 2002.-Вып.34. - С. 48-66.

Отчёты о научно-исследовательской работе

1. Уланова Е.С., Забелин В.Н. / Методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии // Оценочный доклад об изменении климата, 1990.- С.148-150.

Книги одного автора

1. Гирс А.А. / Основы долгосрочных прогнозов погоды. – Л.: Гидрометеоиздат, 1960. – 560 с.

Книги более трёх авторов

1. Гордеев А.В., Клещенко А.Д.,Черняков Б.А., Сиротенко О.Д. Биоклиматический потенциал России. – М.: Творчество научных изданий, 2006.-508 с.

Методические пособия

Оформление курсовых, дипломных и диссертационных работ: метод. рекомендации / сост.: С.М. Григорьевская, Е.Ю. Кичигина, В.С. Крылова; Том. гос. ун-т, Науч. б-ка, Библиогр. информ. центр. – Томск, 2009. – 50 с.

Стандарты

ГОСТ 7.1–2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. – Взамен ГОСТ 7.1–84, ГОСТ 7.16–79, ГОСТ 7.18–79, ГОСТ 7.34–81, ГОСТ 7.40–82; введ. 2004–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 48 с. – (Система стандартов по информатизации, библиотечному и издательскому делу).

Электронные ресурсы

Ресурсы Internet

1. Электронная база метеорологических данных международного обмена:.ВНИИГМЦД [Электронный ресурс]:– URL: http://www.meteoinfo.ru (дата обращения 15.02.2010)
2. Электронная база данных солнечной активности по числу Вольфа [Электронный ресурс]: - URL: http://www.NASA.com (дата обращения 11.03.2010)
3. Greenhouse effect and climate change The Bureau of Meteorology contains a wide range of information on Australian climate and links to other useful sites [Электронный ресурс] Australia: - URL: http://www.bom.gov.au (дата обращения 14.04.2010)

Приложение А

Основные статистические характеристики индекса ГТК

Таблица А1 – Временные характеристики среднее значение (Xср), мода (Мо), стандартное отклонение (σ), тренд ГТК по югу Западной Сибири

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| год | Барабинск | Барнаул | Красноярск | Минусинск | Омск | Рубцовск | среднее |
| 1960 | 1,64 | 1,78 | 1,88 | 0,79 | 1,71 | 1,16 | 1,49 |
| 1961 | 1,06 | 0,87 | 1,3 | 0,90 | 0,95 | 0,63 | 0,95 |
| 1962 | 0,72 | 0,9 | 0,59 | 0,89 | 0,93 | 0,33 | 0,73 |
| 1963 | 0,77 | 0,76 | 1,42 | 0,90 | 0,74 | 0,41 | 0,83 |
| 1964 | 0,75 | 0,94 | 1,46 | 0,67 | 1,05 | 0,41 | 0,88 |
| 1965 | 0,80 | 0,86 | 1,09 | 0,51 | 0,52 | 0,37 | 0,69 |
| 1966 | 0,70 | 0,67 | 1,52 | 1,02 | 1,33 | 0,65 | 0,98 |
| 1967 | 1,03 | 1,22 | 2,07 | 1,52 | 0,84 | 0,68 | 1,23 |
| 1968 | 0,53 | 1,27 | 1,46 | 0,95 | 1,12 | 0,49 | 0,97 |
| 1969 | 0,59 | 1,08 | 1,64 | 1,08 | 1,32 | 0,69 | 1,07 |
| 1970 | 1,29 | 1,31 | 1,78 | 1,99 | 1,47 | 0,67 | 1,42 |
| 1971 | 1,52 | 0,82 | 1,45 | 1,41 | 1,55 | 0,88 | 1,27 |
| 1972 | 0,56 | 2,51 | 1,83 | 1,53 | 1,11 | 0,67 | 1,37 |
| 1973 | 0,58 | 1,19 | 0,9 | 0,94 | 1,08 | 0,41 | 0,85 |
| 1974 | 1,08 | 0,7 | 0,8 | 0,65 | 0,91 | 0,2 | 0,72 |
| 1975 | 0,74 | 0,52 | 1,65 | 0,93 | 0,99 | 0,36 | 0,87 |
| 1976 | 1,16 | 1,24 | 1,17 | 1,29 | 0,86 | 0,44 | 1,03 |
| 1977 | 1,04 | 1,05 | 1,24 | 1,15 | 0,96 | 0,45 | 0,98 |
| 1978 | 1,05 | 1,16 | 1,21 | 0,99 | 1,2 | 0,54 | 1,03 |
| 1979 | 1,02 | 1,7 | 1,76 | 1,24 | 1,59 | 1,15 | 1,41 |
| 1980 | 0,64 | 1,66 | 1,25 | 1,37 | 1 | 0,51 | 1,07 |
| 1981 | 0,72 | 0,52 | 1,37 | 0,66 | 0,69 | 0,5 | 0,74 |
| 1982 | 0,91 | 0,63 | 0,92 | 1,16 | 0,97 | 0,33 | 0,82 |
| 1983 | 1,29 | 0,86 | 1,4 | 0,94 | 0,91 | 0,72 | 1,02 |
| 1984 | 1,31 | 1,05 | 1,05 | 1,27 | 0,69 | 0,79 | 1,03 |
| 1985 | 1,44 | 1 | 1,6 | 1,25 | 1,04 | 0,37 | 1,12 |
| 1986 | 0,66 | 1,42 | 0,82 | 1,02 | 2,01 | 0,53 | 1,08 |
| 1987 | 0,72 | 0,45 | 1,55 | 1,20 | 1,08 | 0,61 | 0,94 |
| 1988 | 0,70 | 0,71 | 2,26 | 1,28 | 0,42 | 0,51 | 0,98 |
| 1989 | 0,67 | 0,53 | 0,9 | 0,96 | 0,68 | 0,47 | 0,7 |
| 1990 | 1,28 | 0,84 | 1,86 | 0,85 | 1,07 | 1,05 | 1,16 |
| 1991 | 0,81 | 1,26 | 1,5 | 1,15 | 0,93 | 0,43 | 1,01 |
| 1992 | 1,17 | 0,85 | 1,54 | 1,49 | 1,04 | 0,78 | 1 |
| 1993 | 1,49 | 0,85 | 0,98 | 0,94 | 1,38 | 1,11 | 1,15 |
| 1994 | 1,08 | 1,03 | 1,26 | 1,30 | 1,24 | 0,63 | 1,09 |
| 1995 | 1,30 | 0,9 | 1,23 | 1,14 | 0,91 | 0,63 | 1,02 |
| 1996 | 1,13 | 1,99 | 1,37 | 1,02 | 1,09 | 0,36 | 1,16 |
| 1997 | 0,75 | 0,86 | 1,53 | 1,23 | 0,79 | 0,19 | 0,89 |
| 1998 | 1,11 | 0,49 | 0,81 | 0,88 | 0,56 | 0,57 | 0,74 |
| 1999 | 0,64 | 0,62 | 1,13 | 1,06 | 0,63 | 0,41 | 0,75 |
| 2000 | 1,25 | 0,73 | 1,32 | 1,02 | 1,28 | 0,62 | 1,04 |
| 2001 | 1,07 | 1,13 | 0,97 | 1,30 | 0,89 | 0,73 | 1,02 |
| 2002 | 1,23 | 1,3 | 2,24 | 1,80 | 1,44 | 0,49 | 1,42 |
| 2003 | 0,62 | 0,84 | 0,88 | 0,80 | 1,24 | 0,44 | 0,8 |
| 2004 | 0,91 | 1,17 | 0,92 | 1,16 | 0,66 | 0,64 | 0,91 |
| 2005 | 1,04 | 1,21 | 1,01 | 0,85 | 1,07 | 0,65 | 0,97 |
| Xср | 0,97 | 1,03 | 1,35 | 1,10 | 1,04 | 0,57 | 1,01 |
| Мо | 0,72 | 0,86 | 1,46 | 1,02 | 0,91 | 0,41 | 0,89 |
| σ | 0,29 | 0,41 | 0,39 | 0,29 | 0,32 | 0,23 | 0,32 |
| Тренд, за 10 лет | 0,027 | -0,036 | -0,051 | 0,034 | -0,030 | -0,001 | -0,010 |

Таблица А2 – Внутрисезонные характеристики: Среднее значение (Xср), стандартное отклонение (σ), тренд ГТК по югу Западной Сибири

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| станция | местоположение | месяц | Xср | σ | тренд |
| Барабинск | 55.3°с.ш 78.4°в.д | июнь | 0,99 | 0,63 | 0,03 |
| июль | 1,03 | 0,66 | -0,03 |
| август | 1,07 | 0,55 | -0,08 |
| Барнаул | 53.4°с.ш 83.7°в.д | июнь | 0,97 | 0,47 | 0,1 |
| июль | 0,99 | 0,53 | 0,03 |
| август | 0,95 | 0,54 | -0,06 |
| Красноярск | 56.0°с.ш 92.7°в.д | июнь | 1,3 | 0,63 | 0,03 |
| июль | 1,32 | 0,68 | -1 |
| август | 1,41 | 0,65 | -0,1 |
| Минусинск | 53.7° с.ш 91.7°в.д | июнь | 1,1 | 0,55 | 0,12 |
| июль | 1,1 | 0,50 | 0 |
| август | 1,22 | 0,72 | 0,08 |
| Омск | 55.0°с.ш 73.4°в.д | июнь | 1,03 | 0,62 | -0,01 |
| июль | 1,1 | 0,69 | -0,06 |
| август | 1,14 | 0,58 | -0,05 |
| Рубцовск | 51.5°с.ш 81.2°в.д | июнь | 0,52 | 0,34 | 0,03 |
| июль | 0,7 | 0,51 | 0,05 |
| август | 0,44 | 0,31 | -0,06 |
| Западная Сибирь |  | июнь | 0,99 | 0,54 | 0,04 |
| июль | 1,04 | 0,37 | -0,02 |
| август | 1,04 | 0,56 | -0,04 |

Таблица А3 – Повторяемость (число случаев) условий ГТК на юге Западной Сибири

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Территория | очень сильная | сильная | средняя | слабая | оптимальное | избыточное |
| Омск | 10 | 12 | 31 | 17 | 63 | 47 |
| Барнаул | 8 | 21 | 22 | 19 | 61 | 49 |
| Минусинск | 1 | 11 | 19 | 24 | 84 | 41 |
| Рубцовск | 30 | 40 | 46 | 15 | 40 | 9 |
| Красноярск | 1 | 4 | 6 | 11 | 56 | 57 |
| Барабинск | 7 | 15 | 21 | 10 | 47 | 35 |

\* Общее число случаев 135 (45 лет по 3 месяца)

Приложение Б

Ранговые значения индекса ГТК и чисел Вольфа (W)

Таблица Б1 – Ранговые значения индекса ГТК и числа Вольфа (W)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ГТК | ранги | W | ранги |
| 1,49 | 46 | 121,4 | 39 |
| 0,95 | 17 | 63,6 | 23 |
| 0,73 | 4 | 32,32 | 13 |
| 0,83 | 10 | 32,92 | 15 |
| 0,88 | 13 | 7,75 | 1 |
| 0,69 | 1 | 15,2 | 6 |
| 0,98 | 20 | 50,23 | 20 |
| 1,23 | 40 | 88,13 | 30 |
| 0,97 | 18 | 110,73 | 37 |
| 1,07 | 32 | 105,2 | 34 |
| 1,42 | 44 | 109,95 | 36 |
| 1,27 | 41 | 62,43 | 22 |
| 1,37 | 42 | 80,45 | 28 |
| 0,85 | 11 | 32,65 | 14 |
| 0,72 | 3 | 41,23 | 18 |
| 0,87 | 12 | 22,08 | 8 |
| 1,03 | 28 | 10,73 | 4 |
| 0,98 | 20 | 27,15 | 11 |
| 1,03 | 28 | 76,58 | 27 |
| 1,41 | 43 | 146,38 | 42 |
| 1,07 | 32 | 152,23 | 44 |
| 0,74 | 5 | 130,23 | 40 |
| 0,82 | 9 | 101,58 | 32 |
| 1,02 | 25 | 86,08 | 29 |
| 1,03 | 28 | 46,35 | 19 |
| 1,12 | 36 | 23,38 | 9 |
| 1,08 | 34 | 10,08 | 3 |
| 0,94 | 16 | 30,53 | 12 |
| 0,98 | 20 | 96,83 | 31 |
| 0,7 | 2 | 157,63 | 45 |
| 1,16 | 38 | 146,83 | 43 |
| 1,01 | 24 | 160,25 | 46 |
| 1 | 23 | 72,3 | 26 |
| 1,15 | 37 | 52,8 | 21 |
| 1,09 | 35 | 25,85 | 10 |
| 1,02 | 25 | 14,73 | 5 |
| 1,16 | 38 | 9,98 | 2 |
| 0,89 | 14 | 16,5 | 7 |
| 0,74 | 5 | 71,45 | 24 |
| 0,75 | 7 | 112,83 | 38 |
| 1,04 | 31 | 136,78 | 41 |
| 1,02 | 25 | 104,7 | 33 |
| 1,42 | 44 | 106,28 | 35 |
| 0,8 | 8 | 72 | 25 |
| 0,91 | 15 | 41,18 | 17 |
| 0,97 | 18 | 39,63 | 16 |

Приложение В

Характеристики температурно-влажностного режима на территории юга Западной Сибири

Таблица В1 – Временное изменение сумм температур воздуха (ΣT) по Западной Сибири

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год | Барабинск | Барнаул | Красноярск | Минусинск | Омск | Рубцовск | Среднее, °С |
| 1960 | 1426,4 | 1506,1 | 1413,0 | 1594,0 | 1461,7 | 1681,6 | 1513,8 |
| 1961 | 1537,6 | 1607,3 | 1435,3 | 1581,4 | 1579,1 | 1732,1 | 1578,8 |
| 1962 | 1650,0 | 1810,9 | 1633,8 | 1737,2 | 1692,2 | 1975,2 | 1749,9 |
| 1963 | 1573,7 | 1670,9 | 1515,0 | 1594,4 | 1666,8 | 1882,7 | 1650,6 |
| 1964 | 1644,8 | 1733,6 | 1615,9 | 1766,4 | 1599,6 | 1858,8 | 1703,2 |
| 1965 | 1728,8 | 1510,9 | 1647,5 | 1816,8 | 1756,7 | 1930,1 | 1731,8 |
| 1966 | 1629,8 | 1740,2 | 1520,7 | 1678,6 | 1686,3 | 1885,5 | 1690,2 |
| 1967 | 1586,1 | 1589,3 | 1459,3 | 1547,1 | 1686,2 | 1739,0 | 1601,2 |
| 1968 | 1482,3 | 1647,3 | 1467,0 | 1648,7 | 1522,3 | 1811,0 | 1596,4 |
| 1969 | 1636,4 | 1722,6 | 1661,4 | 1749,4 | 1626,2 | 1825,9 | 1703,7 |
| 1970 | 1442,5 | 1576,7 | 1445,3 | 1596,4 | 1441,5 | 1746,4 | 1541,5 |
| 1971 | 1563,7 | 1556,8 | 1487,3 | 1531,5 | 1597,3 | 1735,8 | 1578,7 |
| 1972 | 1380,2 | 1500,7 | 1421,5 | 1583,3 | 1420,6 | 1670,8 | 1496,2 |
| 1973 | 1579,3 | 1704,6 | 1534,7 | 1650,4 | 1618,6 | 1839,1 | 1654,5 |
| 1974 | 1584,3 | 1741,1 | 1559,7 | 1711,1 | 1675,2 | 1969,5 | 1706,8 |
| 1975 | 1554,8 | 1619,9 | 1481,5 | 1617,0 | 1642,6 | 1810,9 | 1621,1 |
| 1976 | 1673,8 | 1691,9 | 1541,5 | 1653,8 | 1734,7 | 1856,9 | 1692,1 |
| 1977 | 1601,6 | 1646,1 | 1497,3 | 1651,7 | 1690,3 | 1890,0 | 1662,8 |
| 1978 | 1559,3 | 1619,6 | 1544,8 | 1712,2 | 1561,9 | 1831,4 | 1638,2 |
| 1979 | 1597,9 | 1701,9 | 1582,4 | 1757,8 | 1567,0 | 1821,4 | 1671,4 |
| 1980 | 1477,5 | 1645,6 | 1583,6 | 1684,7 | 1508,8 | 1730,1 | 1605,1 |
| 1981 | 1682,3 | 1761,4 | 1493,8 | 1663,9 | 1771,6 | 1984,3 | 1726,2 |
| 1982 | 1702,8 | 1724,8 | 1520,9 | 1629,0 | 1712,0 | 1907,0 | 1699,4 |
| 1983 | 1718,6 | 1705,4 | 1466,5 | 1606,5 | 1781,8 | 1925,4 | 1700,7 |
| 1984 | 1532,7 | 1597,6 | 1483,8 | 1584,2 | 1643,7 | 1805,5 | 1607,9 |
| 1985 | 1521,3 | 1556,0 | 1460,3 | 1542,6 | 1566,8 | 1797,3 | 1574,1 |
| 1986 | 1488,2 | 1604,9 | 1545,2 | 1680,1 | 1496,2 | 1842,3 | 1609,5 |
| 1987 | 1636,2 | 1664,9 | 1444,4 | 1580,1 | 1723,3 | 1861,3 | 1651,7 |
| 1988 | 1594,6 | 1647,3 | 1366,9 | 1542,5 | 1765,5 | 1849,5 | 1627,7 |
| 1989 | 1661,5 | 1648,3 | 1439,8 | 1624,1 | 1768,5 | 1853,2 | 1665,9 |
| 1990 | 1698,9 | 1717,8 | 1617,7 | 1714,3 | 1752,1 | 1855,9 | 1726,1 |
| 1991 | 1596,6 | 1746,0 | 1547,8 | 1700,4 | 1717,9 | 1923,7 | 1705,4 |
| 1992 | 1469,1 | 1609,3 | 1492,0 | 1670,7 | 1467,6 | 1759,3 | 1578,0 |
| 1993 | 1685,6 | 1706,1 | 1598,1 | 1662,3 | 1697,3 | 1810,7 | 1693,4 |
| 1994 | 1687,6 | 1771,9 | 1671,2 | 1769,6 | 1696,7 | 1918,2 | 1752,5 |
| 1995 | 1578,0 | 1655,1 | 1556,5 | 1639,1 | 1618,9 | 1848,8 | 1649,4 |
| 1996 | 1548,4 | 1669,1 | 1579,1 | 1660,1 | 1588,2 | 1897,5 | 1657,1 |
| 1997 | 1458,0 | 1666,5 | 1479,8 | 1614,1 | 1521,8 | 1906,7 | 1607,8 |
| 1998 | 1808,2 | 1837,2 | 1588,2 | 1772,3 | 1912,8 | 2076,6 | 1832,6 |
| 1999 | 1610,2 | 1750,2 | 1560,1 | 1726,4 | 1645,5 | 1956,0 | 1708,1 |
| 2000 | 1661,1 | 1713,6 | 1604,0 | 1734,3 | 1719,4 | 1910,4 | 1723,8 |
| 2001 | 1544,1 | 1685,4 | 1659,3 | 1741,5 | 1569,9 | 1872,7 | 1678,8 |
| 2002 | 1520,6 | 1651,9 | 1693,2 | 1646,8 | 1533,7 | 1843,3 | 1648,3 |
| 2003 | 1676,0 | 1727,3 | 1732,2 | 1673,2 | 1682,9 | 1873,8 | 1727,6 |
| 2004 | 1600,7 | 1684,7 | 1660,1 | 1796,4 | 1702,9 | 1875,5 | 1720,1 |
| 2005 | 1695,4 | 1794,3 | 1764,4 | 1800,0 | 1718,5 | 1956,9 | 1788,3 |
| Среднее, °С | 1593,2 | 1670,5 | 1545,1 | 1666,1 | 1641,5 | 1855,1 | 1661,9 |
| Максимум, °С | 1808,2 | 1837,2 | 1764,4 | 1816,8 | 1912,8 | 2076,6 | 1832,6 |
| Минимум, °С | 1380,2 | 1500,7 | 1366,9 | 1531,5 | 1420,6 | 1670,8 | 1496,2 |
| Станд.отклон, °С | 90,1 | 78,1 | 89,7 | 74,9 | 104,6 | 82,4 | 69,5 |
| Тренд за 10 лет, °С | 1,4 | 2,1 | 2,9 | 1,5 | 1,7 | 2,3 | 2,0 |

Таблица В2 - Временное изменение сумм осадков (ΣR) по югу Западной Сибири

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год | Барабинск | Барнаул | Красноярск | Минусинск | Омск | Рубцовск | Среднее, мм |
| 1960 | 256,1 | 202,2 | 268,2 | 139,1 | 267,8 | 185,5 | 219,8 |
| 1961 | 126,6 | 172,8 | 189,9 | 148,0 | 194,8 | 99,5 | 155,3 |
| 1962 | 146,7 | 114,2 | 97,9 | 158,1 | 168,3 | 63,1 | 124,7 |
| 1963 | 116,4 | 121,0 | 222,4 | 176,9 | 141,0 | 79,5 | 142,9 |
| 1964 | 147,0 | 143,1 | 222,2 | 145,8 | 208,9 | 89,4 | 159,4 |
| 1965 | 132,1 | 127,2 | 179,4 | 103,6 | 88,6 | 75,2 | 117,7 |
| 1966 | 101,5 | 75,6 | 232,8 | 136,7 | 149,1 | 75,4 | 128,5 |
| 1967 | 205,0 | 191,6 | 296,8 | 250,4 | 170,7 | 139,9 | 209,1 |
| 1968 | 194,9 | 92,0 | 202,5 | 183,1 | 200,0 | 121,6 | 165,7 |
| 1969 | 154,3 | 198,4 | 247,8 | 150,9 | 197,0 | 84,9 | 172,2 |
| 1970 | 188,5 | 241,2 | 261,2 | 258,4 | 231,1 | 119,3 | 216,6 |
| 1971 | 127,3 | 174,4 | 215,8 | 211,0 | 216,3 | 99,9 | 174,1 |
| 1972 | 347,1 | 232,8 | 263,1 | 270,0 | 199,7 | 111,3 | 237,3 |
| 1973 | 189,9 | 88,0 | 137,1 | 120,5 | 203,4 | 72,9 | 135,3 |
| 1974 | 107,4 | 110,5 | 127,2 | 103,5 | 147,1 | 49,5 | 107,5 |
| 1975 | 81,7 | 72,5 | 247,2 | 147,2 | 145,1 | 33,5 | 121,2 |
| 1976 | 200,7 | 153,1 | 173,1 | 219,0 | 153,5 | 103,7 | 167,2 |
| 1977 | 160,0 | 160,3 | 182,9 | 191,0 | 157,4 | 79,1 | 155,1 |
| 1978 | 179,0 | 183,0 | 185,6 | 163,4 | 227,5 | 119,8 | 176,4 |
| 1979 | 282,9 | 180,7 | 260,4 | 198,9 | 268,4 | 190,3 | 230,3 |
| 1980 | 250,2 | 217,2 | 199,7 | 250,7 | 187,9 | 84,5 | 198,4 |
| 1981 | 87,4 | 114,6 | 202,5 | 113,4 | 135,7 | 92,9 | 124,4 |
| 1982 | 99,9 | 166,7 | 140,2 | 167,4 | 157,8 | 58,4 | 131,7 |
| 1983 | 151,6 | 129,0 | 207,5 | 132,3 | 147,2 | 59,8 | 137,9 |
| 1984 | 158,9 | 168,8 | 157,0 | 190,1 | 104,0 | 90,8 | 144,9 |
| 1985 | 149,6 | 168,2 | 232,8 | 185,5 | 135,9 | 63,5 | 155,9 |
| 1986 | 211,1 | 202,5 | 126,3 | 159,1 | 214,7 | 69,1 | 163,8 |
| 1987 | 70,6 | 85,8 | 212,3 | 182,2 | 177,9 | 112,0 | 140,1 |
| 1988 | 112,6 | 78,2 | 320,6 | 224,4 | 57,0 | 69,3 | 143,7 |
| 1989 | 87,9 | 111,9 | 129,7 | 167,4 | 73,2 | 54,1 | 104,0 |
| 1990 | 145,9 | 268,4 | 302,4 | 162,7 | 172,8 | 227,7 | 213,3 |
| 1991 | 203,5 | 123,4 | 238,7 | 181,3 | 171,7 | 108,4 | 171,2 |
| 1992 | 133,3 | 217,7 | 221,3 | 287,5 | 161,3 | 159,9 | 196,8 |
| 1993 | 145,7 | 263,1 | 145,5 | 168,6 | 286,4 | 229,1 | 206,4 |
| 1994 | 169,4 | 153,4 | 212,6 | 242,5 | 234,6 | 124,5 | 189,5 |
| 1995 | 139,2 | 221,3 | 172,3 | 172,6 | 160,8 | 110,4 | 162,8 |
| 1996 | 294,1 | 193,2 | 203,2 | 201,5 | 197,6 | 48,2 | 189,6 |
| 1997 | 122,5 | 126,3 | 224,2 | 198,8 | 141,7 | 30,9 | 140,7 |
| 1998 | 83,6 | 166,3 | 127,2 | 166,9 | 99,9 | 81,6 | 120,9 |
| 1999 | 83,6 | 129,3 | 177,5 | 211,6 | 113,7 | 101,6 | 136,2 |
| 2000 | 118,2 | 150,1 | 210,2 | 129,0 | 116,6 | 79,1 | 133,9 |
| 2001 | 172,7 | 191,9 | 160,2 | 256,2 | 171,7 | 147,8 | 183,4 |
| 2002 | 200,6 | 226,0 | 382,0 | 346,9 | 240,2 | 85,5 | 246,9 |
| 2003 | 139,1 | 111,0 | 152,1 | 115,8 | 257,4 | 87,2 | 143,8 |
| 2004 | 179,9 | 183,2 | 153,8 | 242,2 | 123,4 | 110,3 | 165,5 |
| 2005 | 203,8 | 216,3 | 172,1 | 250,1 | 208,9 | 164,4 | 202,6 |
| Среднее, мм | 160,0 | 161,3 | 204,3 | 186,6 | 173,6 | 101,0 | 164,4 |
| Максимум, мм | 347,1 | 268,4 | 382,0 | 346,9 | 286,4 | 229,1 | 246,9 |
| Минимум, мм | 70,6 | 72,5 | 97,9 | 103,5 | 57,0 | 30,9 | 104,0 |
| Станд.отклон, мм | 59,6 | 51,2 | 57,2 | 52,8 | 52,0 | 45,1 | 36,1 |
| Тренд за 10 лет,мм | -0,4 | 0,8 | -0,4 | 1,3 | -0,4 | 0,3 | 0,2 |