

СТАТЬИ

УДК 632.111.5:551.583
DOI 10.17513/use.38046

**ИЗУЧЕНИЕ МЕЖГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ
БЕЗМОРОЗНОГО ПЕРИОДА
НА ПРИМЕРЕ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

¹Автономов А.Н., ²Гаврилов О.Е., ²Димитриев А.В.,
²Карягин Ф.А., ²Миронов А.А., ³Максимов С.С.

¹ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», Саратов, e-mail: 420533@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары, e-mail: karyagin1945@mail.ru;

³Чувашский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Чебоксары

На основе данных многолетних метеорологических наблюдений, проводимых гидрометеорологической службой, анализируются изменения во времени прекращения последних весенних и наступления первых осенних заморозков и продолжительности безморозного периода на территории Чувашской Республики за последние сто лет. Отмечено, что на территории Чувашской республики в течение всего XX в. наблюдалось увеличение продолжительности безморозного периода. Увеличение дней с положительной температурой продолжается по настоящее время, и темпы увеличения продолжительности безморозного периода в условиях глобального потепления климата лишь усиливаются. Обозначены тенденции, причины и особенности межгодовых изменений безморозного периода в разных районах рассматриваемого региона. Подчеркивается, что в борьбе с заморозками большое значение имеют мероприятия, направленные на общее повышение урожайности сельскохозяйственных культур, такие как применение скороспелых и морозоустойчивых сортов, селекция растений на эти качества, своевременное проведение сельскохозяйственных работ, правильный выбор места посева (посадки) с учетом микроклиматических условий, а также такие специальные приемы, как дымление, орошение, открытый обогрев, продувание, укрытие растений. Тенденции изменений изучаемых явлений проанализированы и найдены путем проведения линейного и полиномиального сглаживания. Приведен имеющийся в регионе положительный опыт по защите растений от заморозков. Предложены эффективные меры по защите сельскохозяйственных культур от заморозков в условиях рассматриваемого региона.

Ключевые слова: заморозки, безморозный период, сельскохозяйственные культуры, заморозкоопасность, меры защиты

**STUDY OF INTERANNUAL VARIABILITY OF THE FROST-FREE PERIOD
(ON THE EXAMPLE OF THE CHUVASH REPUBLIC)**

¹Avtonomov A.N., ²Gavrilov O.E., ²Dimitriev A.V.,
²Karyagin F.A., ²Mironov A.A., ³Maksimov S.S.

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, e-mail: 420533@mail.ru;

²Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, e-mail: karyagin1945@mail.ru;

³Chuvash Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring Chuvash Republic, Cheboksary

Based on the data of long-term meteorological observations conducted by the hydrometeorological service, changes in the time of the end of the last spring and the onset of the first autumn frosts and the duration of the frost-free period on the territory of the Chuvash Republic over the past hundred years are analyzed. It is noted that on the territory of the Chuvash Republic during the entire twentieth century there was an increase in the duration of the frost-free period. The increase in days with a positive temperature continues to the present, and the rate of increase in the duration of the frost-free period in the context of global warming is only increasing. The trends, causes and features of interannual changes in the frost-free period in different parts of the region under consideration are indicated. It is emphasized that in the fight against frosts, measures aimed at a general increase in crop yields are of great importance, such as the use of early-ripening and frost-resistant varieties, plant breeding for these qualities, timely agricultural work, the right choice of sowing (planting) site, taking into account microclimatic conditions, as well as such special techniques as smoke, irrigation, open heating, blowing, sheltering plants. Trends in the studied phenomena are analyzed and found by carrying out linear and polynomial smoothing. The positive experience available in the region in protecting plants from frost is given. Effective measures are proposed to protect crops from frost in the conditions of the region under consideration.

Keywords: frosts, frost-free period, agricultural crops, risk of frost, protective measures

Одними из неблагоприятных для сельского хозяйства стихийных гидрометеорологических явлений считаются заморозки. Ежегодные весенние и осенние заморозки в нашей полосе – обычное климатическое

явление для переходных периодов года. Несмотря на это, вред, периодически наносимый сельскохозяйственным культурам поздними весенними и ранними осенними заморозками, бывает очень велик.

Общие закономерности возникновения заморозков, разработанные основателем сельскохозяйственной метеорологии А.И. Воейковым, нашли отражение в работах его соратников и учеников П.И. Броунова, Г.Т. Селянинова и др. [1, 2]. Институтом географии РАН, МСХА им. К.А. Тимирязева, Всероссийским НИИ сельскохозяйственной метеорологии: ГУ «ВНИИГМИ – МЦД» и др. разработаны способы прогнозирования, меры по защите растений от заморозков. Региональные особенности возникновения заморозков достаточно глубоко изучены и разработаны меры защиты от них Казанским федеральным университетом, Алтайским, Башкирским, Дагестанским, Иркутским, Новосибирским, Ставропольским, Ульяновским государственными аграрными университетами и другими научными учреждениями.

Время прекращения заморозков весной, наступления осенью, интенсивность и продолжительность прохождения их по регионам весьма отличаются. Они различны даже на территории Чувашской Республики – на территории одного из самых небольших субъектов федерации. Особенности проявления заморозков на территории отдельных субъектов Российской Федерации являются предметом многих исследований [3–6]. В зависимости от времени наступления и интенсивности проявления заморозки могут частично или существенно повредить сельскохозяйственные культуры, полностью уничтожить или уменьшить их урожай [7, 8]. Изучение продолжительности безморозного периода, учет возможностей наступления заморозка, своевременное предсказание его и планомерное проведение мер борьбы с заморозками позволяет значительно уменьшить, а во многих случаях совсем избежать повреждения растений и снижения урожая от заморозков [9, 10].

Цель исследования – анализ и оценка изменений безморозного периода и повторений поздних весенних и ранних осенних заморозков и на их основе разработка рекомендаций по снижению влияния заморозков на сельскохозяйственные растения.

Материалы и методы исследования

Исходные данные для проведения исследований были заимствованы из материалов государственной статистики, агроклиматического справочника Чувашской Республики, отчета наблюдений Чувашского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала федерального

государственного бюджетного учреждения «Верхне-Волжское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (Чувашский ЦГМС – филиал ФГБУ «Верхне-Волжское УГМС») и материалы собственных наблюдений. В исследованиях были использованы: системный подход анализа и синтеза; классификация; аналитическое моделирование; методы: обобщение, интерполяция, наблюдение, сравнение, описание, картографический метод, ГИС, вариационная и математическая статистика (с применением пакетов прикладных программ Statistica, Microsoft Excel, Curve Expert).

Результаты исследования и их обсуждение

Для территории Чувашии характерны все три типа заморозков – адвективные, радиационные и смешанные (адвективно-радиационные) [11]. Адвективные заморозки обусловлены вторжением на территорию республики в теплое время года холодных арктических воздушных масс с температурой ниже 0 °С. Эти заморозки наиболее продолжительны, временами превышают сутки, а в отдельных случаях длятся до нескольких суток. При этом типе заморозков наиболее морозоопасными являются открытые холодным ветрам участки, особенно наветренные склоны возвышенностей [12, с.116; 13].

Радиационные заморозки на территории республики возникают при господстве арктических и умеренных континентальных воздушных масс в тихие ясные ночи при относительно низких средних суточных температурах вследствие интенсивного излучения тепла деятельной поверхностью, охлаждения ее и прилегающего слоя воздуха. Интенсивность и продолжительность радиационных заморозков зависит от рельефа, характера подстилающей поверхности, влажности почвы и воздуха, близости водоемов и других местных условий.

Адвективно-радиационные заморозки здесь возникают вследствие вторжения арктического холодного воздуха и дальнейшего ночного охлаждения деятельной поверхности при ясном небе. При этом процессы адвекции и радиационного охлаждения проявляются в комплексе и дополняют друг друга. Они наиболее опасны для сельского хозяйства республики.

В условиях Чувашии заморозки прекращаются и приходят в разные годы по-разному, т.е. нет такого года, когда весен-

ние заморозки рано завершаются и осенние рано наступают или, наоборот, когда весенние заморозки поздно прекращаются и осенние также поздно наступают.

Весна в Чувашии характеризуется частыми возвратами холодов с ночными заморозками. Обычно весенние заморозки в воздухе прекращаются во второй декаде мая, однако гарантированным от заморозков является период только после 11 июня. В отдельные годы заморозков в воздухе не бывает уже с середины апреля. В другие годы (например, 1933, 1934, 1939, 1963) они наблюдались еще в первой декаде июня. Примером, когда отмечались поздние заморозки, причем очень интенсивные, может быть 1959 г. В том году после длительного теплого периода во время цветения садов наступило резкое похолодание с минимальными температурами воздуха до $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ в воздухе и до $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ на почве. Похолодание было длительным, сопровождалось выпадением снега и вызвало значительное повреждение посевов и плодовых культур. Заморозки такой интенсивности для Чувашии явление редкое, за время наблюдений они наблюдались лишь дважды – в 1940 и 1959 гг.

Не меньший ущерб наносят и ранние осенние заморозки, возникающие на фоне относительно высоких средних суточных температур, когда еще продолжается вегетация сельскохозяйственных растений. От них страдают в первую очередь овощные культуры открытого грунта. В соответствии с многолетним режимом первые заморозки осенью наблюдаются во второй половине сентября. Однако заморозки на территории республики наблюдались и в августе, и в начале сентября. Так, заморозки рано наступили: в 1927 г. – 10 сентября; 1932 г. – 31 августа; 1939 г. – 28 августа; 1949 г. – 6 сентября; 1956 г. – 8 сентября. На территории Чувашии лишь в июле за все годы наблюдений ни разу не наблюдались заморозки.

В соответствии с многолетним режимом последние заморозки в воздухе весной в среднем наблюдаются: в Алатыре – 8 мая, Порецком – 9 мая, Ибресях – 11 мая, Полевом Сундыре – 18 мая, Вурнарах – 20 мая, Чебоксарах – 23 мая. Осенью первые заморозки в среднем наблюдаются: в Алатыре – 27 сентября, Порецком – 30 сентября, Ибресях – 27 сентября, Полевом Сундыре – 22 сентября, в Вурнарах и Чебоксарах – 18 сентября. На территории Чувашии, несмотря на ее небольшие размеры, продолжительность безморозного периода колеблется в широких пределах (Игнатьев и др.,

2003; Карягин, 2007, 2009). В результате средняя продолжительность безморозного периода в воздухе в Чебоксарах и Канаше составляла 117 дней, Алатыре – 141 день, Вурнарах – 120, Ибресях – 138, Полевом Сундыре – 126 и в Порецком – 143 дня.

В отдельные годы продолжительность безморозного периода значительно превосходит многолетний режим. Так, продолжительность безморозного периода в Порецком в 1905 году составила 191 день, 1922 г. – 177, 1951 г. – 191 день; в Батыреве в 1943 г. – 177 дней, 1954 г. – 174 дня, 1963 г. – 185 дней, 2012 г. – 192 дня, 2014 – 184, 2016 – 186 дней. В Чебоксарах большая продолжительность безморозного периода наблюдалась в 1951 г. – 176 дней, 1954 г. – 175, 1955 г. – 176, 1957 г. – 171, 1980 г. – 171, 1983 – 173, 1985, 2003 г. – 172, 2016 – 180 дней. В Канаше в 1943 г. безморозный период длился 177 дней, 2012 г. – 202 дня, 2016 г. – 187 дней, в Алатыре в 1957 г. – 180 дней, 2012 г. – 202 дня, 2016 г. – 182 дня.

Однако в иные годы безморозный период длился всего около трех месяцев. Такими годами были: в Чебоксарах – 1932 г. – 92 дня, 1934 г. – 98, 1939 г. – 77 дней; в Батыреве – в 1930 г. – 98 дней, 1933 г. – 83, 1934 г. – 96 дней. Коротким был безморозный период в 1930 г. в Канаше (всего 98 дней), Порецком и Алатыре (101 день). На территории Чувашии в течение всего XX в. наблюдалось увеличение продолжительности безморозного периода (таблица, рис. 1–3). Увеличение дней с положительной температурой продолжается по настоящее время, и темпы увеличения продолжительности безморозного периода в условиях глобального потепления климата лишь усиливаются.

Не последнюю роль в увеличении продолжительности безморозного периода на территории Чувашской Республики сыграли противозероизионные, водорегулирующие гидротехнические сооружения (ГТС), построенные в основном в 1970–1980-х гг.

В республике насчитывается более 600 ГТС, из них пять водохранилищ объемом воды более 1 млн м^3 (Оженарское – Канашский р-н, Большеяниковское – Урмарский р-н, Ходарское – Шумерлинский р-н, Атнарское – Красночетайский р-н и Чесновское – Батыревский р-н). В 2006 г. построены Вурнарское водохранилище объемом воды 12,6 млн м^3 и Шемуршинское водохранилище объемом воды 15,9 млн м^3 с целью водоснабжения пос. Вурнары Шемуршинского и Батыревского районов.

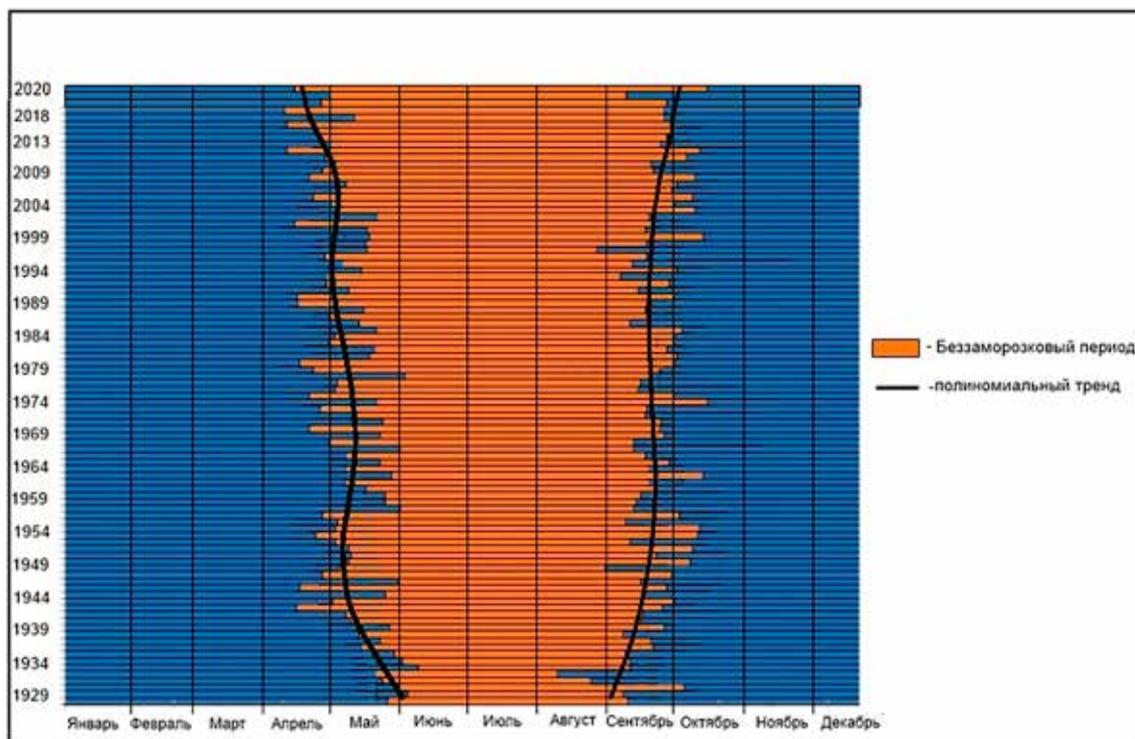


Рис. 1. Межгодовые изменения продолжительности безморозного (безморозкового) периода в Чебоксарах

Средние даты последнего и первого заморозков в воздухе и продолжительность безморозного периода по метеорологическим станциям Чувашского гидрометеоцентра

Метеорологическая станция	В соответствии с многолетним режимом			За 2001–2022 гг.			Увеличение продолжительности безморозного периода
	последние заморозки весной	первые заморозки осенью	продолжительность безморозного периода	последние заморозки весной	первые заморозки осенью	продолжительность безморозного периода	
Чебоксары	23.05	18.09	117	11.05	30.09	141	24
Алатырь	8.05	25.09	141	3.05	28.09	148	7
Батырево	18.05	22.09	126	13.05	22.09	132	6
Вурнары	20.05	18.09	120	15.05	21.09	129	9
Канаш	15.05	16.09	124	13.05	21.09	132	8
Порецкое	9.05	30.09	143	04.05	30.09	149	6

По десятилетиям средняя продолжительность безморозного периода в Чебоксарах имеет следующие значения: 1920 и 1930-е гг. – 117 дней, 1940-е – 112, 1950-е – 119, 1960-е – 111, 1970-е – 119, 1980-е – 137,

1990-е – 139 дней. За два десятилетия XXI в., т.е. за период с 2001 по 2022 г., средняя продолжительность безморозного периода по Чебоксарам составила 141 день. Здесь резкое, почти на месяц, увеличение продол-

жительности безморозного периода произошло с начала 1980-х (рис. 1–3), прежде всего за счет более позднего наступления осенних заморозков. При этом нетрудно разглядеть и причину таких перемен в климате г. Чебоксары и северных районов республики.

На повышение осенних температур в этих районах влияет Чебоксарское водохранилище, образованное строительством одноименного гидроузла, возведенного у г. Новочебоксарска. Перекрытие Волги состоялось в ноябре 1980 г. Возможно, на условия наблюдений на Чебоксарской метеорологической станции за заморозками в некоторой степени повлияло и то, что активно расширяющийся за последние десятилетия город значительно приблизился к метеостанции.

Заморозки – явления, характеризующиеся исключительно высокой микроклиматической изменчивостью. Хорошо известно, что минимальные температуры воздуха весьма чувствительны к особенностям рельефа, характеру подстилающей поверхности, влиянию водоема и др. В этой связи особый интерес представляет то, что за последние четыре десятилетия средняя продолжительность безморозного периода в северных районах республики на 10–15 дней стала больше, чем в южных районах. Графики межгодовой хода продолжительности безморозного периода в г. Чебоксары и с. Батырево, находящегося в 160 км южнее Чебоксар, наглядно иллюстрируют эти изменения (рис. 3).

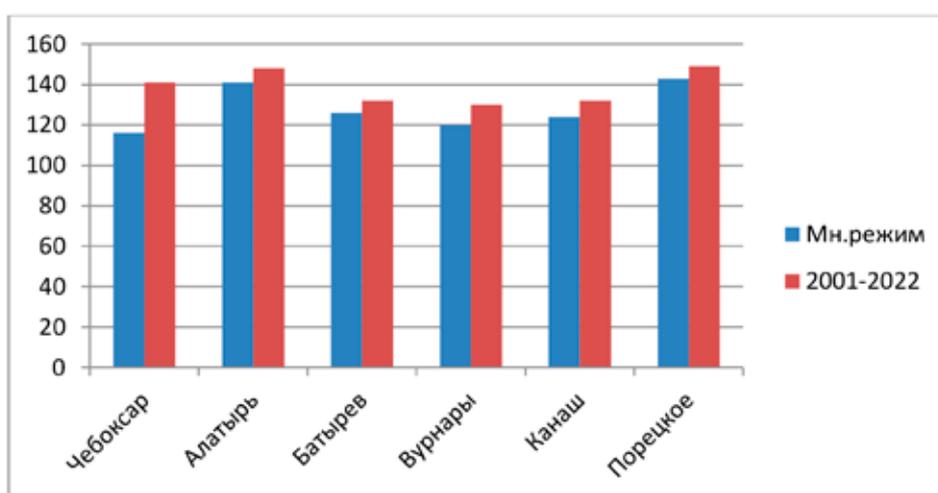


Рис. 2. Продолжительность безморозного периода по данным многолетнего режима и за последние два десятилетия, дней

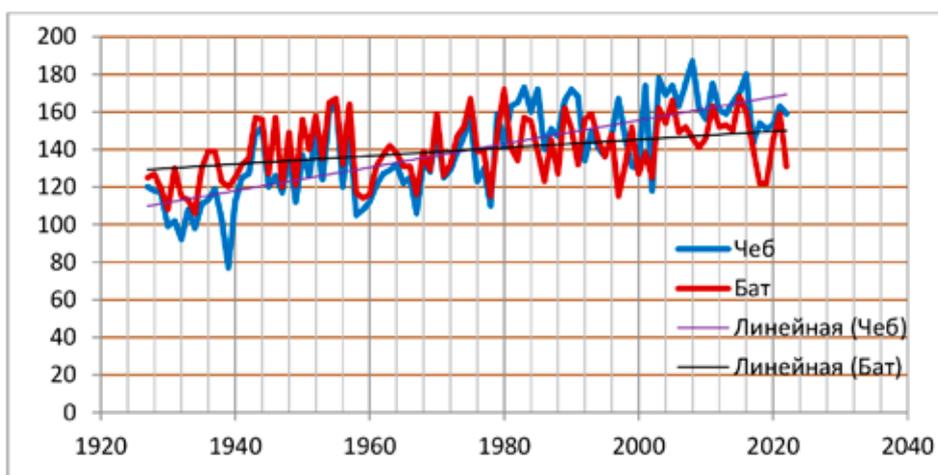


Рис. 3. Межгодовая изменчивость продолжительности безморозного периода в Чебоксарах и в с. Батырево

Естественно, увеличение продолжительности безморозного периода и в целом теплого периода года благоприятно сказывается на народном хозяйстве республики и особенно сельском хозяйстве. В Чувашии за последние десятилетия многие сельскохозяйственные предприятия, фермеры стали активно заниматься производством сахарной свеклы, сои, кукурузы на зерно, садоводы – виноградарством, выращиванием груши, черешни, айвы и других южных плодово-ягодных культур. Определить количественно вклад увеличения продолжительности безморозного периода в повышении урожайности сельскохозяйственных культур трудно, здесь много и других факторов. Тем не менее следует отметить, что увеличение продолжительности теплого периода однозначно способствует своевременному завершению осенних полевых работ в сельском хозяйстве, положительно сказывается на строительстве, особенно дорожном строительстве, способствует экономии энергии в народном хозяйстве, в частности сокращению отопительного сезона.

Увеличение продолжительности безморозного периода не означает, что земледельцы не будут испытывать трудности и иметь ущерб от заморозков. В условиях продолжающегося потепления климата все чаще стали наблюдаться аномальные погодные явления [14, 15]. К тому же у сельхозпроизводителей соблазн раньше посеять, посадить сельскохозяйственные культуры и раньше получить урожай с целью реализации полученной продукции по более высокой цене всегда существует.

Степень опасности заморозка для сельскохозяйственных растений различна и зависит от времени наступления, интенсивности и длительности его, а также от состояния самого растения, фазы его развития, культуры, сорта и агротехники. Плановая, с учетом климатических особенностей региона проводимая работа по борьбе с заморозками, основанная на четком представлении об особенностях их возникновения и распределения по территории хозяйства, позволяет уже сейчас значительно снизить повреждения культур заморозками и сохранить урожай даже в неблагоприятные годы. В борьбе с заморозками большое значение имеют мероприятия, направленные на общее повышение урожайности сельскохозяйственных культур, такие как применение скороспелых и морозостойчивых сортов, селекция растений на эти качества, своевременное проведение сельскохозяйственных

работ, правильный выбор места посева (посадки) с учетом микроклиматических условий, а также такие специальные приемы, как дымление, орошение, открытый обогрев, продувание, укрытие растений и т.п.

Не отрицая все эти мероприятия, в борьбе с заморозками в условиях Чувашской Республики авторы предлагают следующие меры.

1. Необходимо обеспечить сохранность имеющихся прудов и других гидротехнических сооружений, построенных в верховьях малых рек, обеспечить их правильную эксплуатацию, систематически проводить очистку дна, заодно добывать сапропель. Пруды и водохранилища, повышая влажность и передавая полученную днем тепловую энергию в ночное время окружающей среде, оказывают смягчающее влияние на климат прилегающей территории, тем самым снижают вероятность заморозков. К сожалению, многие из них в настоящее время обмелели, заилены, плотины их находятся в плачевном состоянии.

2. Рельеф Чувашской Республики представляет собой слабохолмистую равнину с преобладанием овражно-балочных форм. При радиационном охлаждении холодный воздух, стекая с водоразделов по склонам, скапливается в низинах и способствует возникновению заморозков. Профилактикой предотвращения заморозков может быть создание массивных лесных насаждений по склонам оврагов или русел рек. Чувашия располагает уникальным примером организации таких лесополос [16]. Созданная контурно-мелиоративная система земледелия в колхозе «Ленинская искра» Ядринского района еще в 1970-е гг. по инициативе председателя этого хозяйства А.П. Айдака на площади более 3000 га активно влияет на регулирование температурного режима сельскохозяйственных угодий. Кроме профилактики заморозков созданные лесные полосы выполняют противозерозионную роль и другие природоохранные функции. Отметим, в хозяйстве «Ленинская искра» за последние 40 лет не отмечена гибель сельскохозяйственных культур от заморозков.

3. Необходимо шире опираться на биологизацию сельскохозяйственного производства, больше уделять внимания применению зеленых удобрений. По нашим наблюдениям, температура почвы на участках с заделанными в почву сидератами на 1,7–2,1 °С выше, чем на участках без них. Этого уже достаточно, чтобы избежать легких заморозков. Применение зеленых удобрений

дает положительный результат. При этом происходит улучшение структуры почвы, угнетение сорняков, обогащение почвы азотом, особенно при использовании бобовых растений. Кроме того, в условиях развернувшегося в мире движения за снижение концентрации парниковых газов в атмосфере, применение зеленых удобрений в земледелии приобретает особое значение, так как при использовании сидератов происходит депонирование углекислого газа атмосферы в почве в составе гумуса и других питательных веществ.

Выводы

1. По результатам изучения динамики безморозного периода за длительный период установлено увеличение продолжительности теплого периода года, что благоприятно сказывается на народном хозяйстве республики, особенно на сельском хозяйстве.

2. На длительность безморозного периода существенное влияние оказывают водохранилища, которые, увлажняя воздух, создают определенный экран, препятствующий проникновению холодных воздушных масс.

3. Для снижения негативного воздействия отрицательных температур на сельскохозяйственные растения рекомендованы мероприятия, предусматривающие восстановление и очистку русла и дна от ила противоэрозионных прудов, внедрение контурно-мелиоративного земледелия и применения сидератов на сельскохозяйственных угодьях.

Список литературы

1. Броунов П.И. К вопросу о географических районах Европейской России // Современные вопросы русского сельского хозяйства: (к 50-летию юбилею И.А. Стебута). СПб., 1904. С. 23–45.
2. Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1928. Вып. 20. С. 169–178.

3. Ксенофонтов М.Ю., Ползиков Д.А. К вопросу о влиянии климатических изменений на развитие сельского хозяйства России в долгосрочной перспективе // Проблемы прогнозирования. 2020. № 3. С. 82–92.

4. Шарко Е.Р. Влияния изменений климата на сельское хозяйство в регионах Российской Федерации // Теоретическая и прикладная экономика. 2022. № 1. С. 11–24.

5. Гаврилов О.Е., Карягин Ф.А., Миронов А.А., Максимов С.С. О некоторых результатах изучения амплитуды суточного хода температуры воздуха (на примере Чувашской Республики) // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19044> (дата обращения: 29.05.2023).

6. Агроклиматический справочник по Чувашской АССР. Л.: Гидрометеиздат, 1960. 128 с.

7. Романенко И.А., Сиптиц С.О. Теоретические основы размещения сельского хозяйства с учетом экономических и природно-климатических факторов // Экономика сельского хозяйства России. 2016. № 3. С. 60–65.

8. Немцев С.Н., Шарипова Р.Б. Агроклиматические ресурсы, их изменение и экологические ограничения вегетационного периода Ульяновской области // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35, № 3. С. 10–14.

9. Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А., Титкова Т.Б. Роль весенне-летних засух в динамике аридизации засушливых земель европейской территории России. // Известия Российской академии наук. Серия географическая. М.: Наука, 2022. Т. 86. № 1. С. 98–108.

10. Кузнецова А.В. Оценка термических ресурсов вегетационного периода северо-востока Республики Башкортостан // Международный журнал «Символ науки». 2016. № 11–4. С. 214–216.

11. Суюнчева М.Р. Динамика и современный режим весенних заморозков в лесостепной зоне Ставропольского края // Молодой ученый. 2020. № 30 (320). С. 80–83. URL: <https://moluch.ru/archive/320/72812> (дата обращения: 20.06.2023).

12. Переведенцев Ю.П., Френкель М.О., Шаймарданов М.З. Современные изменения климатических условий и ресурсов Кировской области. Казань: Казан. гос. ун-т, 2010. 242 с.

13. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2022 год. М., 2023. 104 с.

14. Соколов Ю.И. Риски экстремальных погодных явлений // Проблемы анализа риска. 2018. Т. 15. № 3. С. 6–21.

15. Романенко В.А. Изменения климата в России. Причины и последствия // Молодой ученый. 2019. № 7 (245). С. 1–5. URL: <https://moluch.ru/archive/245/56484> (дата обращения: 21.06.2023).

16. Маштаков Д.А., Автономов А.Н. Особенности проектирования и создания массивных лесных насаждений // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2018. № 4 (40). С. 46–52.