

**АНАЛИЗ ХОДА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ  
УСЛОВИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ТЕПЛОЛЮБИВЫХ КУЛЬТУР В  
АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ**

**АЛТАЙСКОГО КРАЯ, ПО ДАННЫМ ЗА 1960–2016 ГОДЫ**

**А. А. Бондарович<sup>1</sup>, Е. В. Понькина<sup>1</sup>, Г. Шмидт<sup>2</sup>, П. Иллигер<sup>2</sup>, Н. В. Рудев<sup>3</sup>, Н. И. Быков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Алтайский государственный университет

656049, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 61;

<sup>2</sup> Институт географии и наук о Земле, Университет Мартина Лютера Галле-Виттенберг

06120, Галле, Фон-Зекендровф-Платц, 4, Германия;

<sup>3</sup> ООО КХ «Партнер»

656056, Алтайский край, Михайловский район, с. Полуямки, 31

E-mail: bondarovich@geo.asu.ru

Поступила в редакцию 22 августа 2018 г., принята к печати 26 февраля 2019 г.

В работе представлены результаты статистического анализа базовых агрометеорологических параметров, определяющих условия возделывания теплолюбивых культур на территории Алтайского края, за период 1960–2016 гг. Для сухо-степной Кулундинской и лесостепных Приобской и Бие-Чумышской агроклиматических зон Алтайского края выявлены тренды роста среднегодовых температур воздуха в среднем на  $+0,3^{\circ}\text{C}$  в 10 лет. По вегетационным периодам 1980–2016 гг. уточнены даты устойчивого перехода температур воздуха через  $0$ ,  $+5$  и  $+10^{\circ}\text{C}$ , даты наступления заморозков (от  $-5^{\circ}\text{C}$ ), а также проведена оценка изменения сумм активных температур и гидротермического коэффициента Селянинова. Установлено увеличение длительности вегетационного периода в среднем на 10 дней в лесостепи и на 7 дней в сухой степи по сравнению с 1960–1969 гг. Анализ изменения суммы активных температур за вегетационный период позволил выявить их рост в среднем на  $+10^{\circ}\text{C}$  относительно условий 1960–1969 гг. Выявленные климатические тенденции в целом благоприятны для выращивания кондитерского подсолнечника в Кулундинской, Приобской и Бие-Чумышской зонах. Однако в последние годы (2010–2017 гг.) возросла вероятность возникновения поздних весенних заморозков (до 20 мая), а также увеличилось количество дней с заморозками на фоне более раннего наступления вегетационного периода (12–19 апреля).

**Ключевые слова:** региональные изменения климата, агроэкологический мониторинг, погодные риски, технологии земледелия.

**ANALYSIS OF METEOROLOGICAL PARAMETERS DETERMINING THE  
CONDITIONS OF THERMOPHILIC CROPS CULTIVATION IN AGRO-CLIMATIC  
ZONES OF ALTAI KRAI ACCORDING TO DATA FOR 1960–2016**

**A. A. Bondarovich<sup>1</sup>, E. V. Ponkina<sup>1</sup>, G. Schmidt<sup>2</sup>, P. Illiger<sup>2</sup>, N. V. Rudev<sup>3</sup>, N. I. Bykov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Altai State University

61, Leninskyi pr., Barnaul, Altai Krai, 656049, Russia;

<sup>2</sup> Institute of Geography and geosciences, Martin Luther University Halle-Wittenberg

06120, Halle, sq. Fon-Zekendorf, 4, Germany;

<sup>3</sup> GmBH "Patner", 31, Poluyamki village, Mikhailovskiy district, Altai Krai, 656056, Russia

E-mail: bondarovich@geo.asu.ru

The paper presents the results of a statistical analysis of basic agrometeorological parameters that determine the conditions of cultivation of thermophilic crops in the Altai Krai for the period 1960–2016. Trends of average annual air temperatures increase (by  $+0.3^{\circ}\text{C}$  for 10 years) have been revealed for the Kulundinskaya dry-steppe and Priobskaya and Biye-Chumyshskaya forest-steppe zones of Altai Krai. The dates of stable transition of air temperatures through  $0$ ,  $+5$  and  $+10^{\circ}\text{C}$ , the dates of the onset of frosts (below  $-5^{\circ}\text{C}$ ) were specified, and the change in the sum of active temperatures and the Selyaninov hydrothermal coefficient were estimated during the growing seasons of 1980–2016. There was an increase in the duration of the growing season by an average of 10 days in the forest-steppe and by 7 days in the dry-steppe compared with 1960–1969. Analysis of the sum of the active temperatures for the growing season has shown the increase of the parameter by  $+10^{\circ}\text{C}$  in average compared to the conditions of 1960–1969. The revealed climatic trends are generally favorable for the cultivation of confectionary sunflower in the Kulundinskaya, Priobskaya and Biye-Chumyshskaya zones. However, in recent years (2010–2017) a probability of late spring frosts (before 20th of May) and the number of days with frosts have increased on the background of an earlier onset of the growing season (April 12–19).

**Keywords:** regional climate change, agro-ecological monitoring, weather risks, farming technologies.

## ВВЕДЕНИЕ

Оценки влияния глобальных изменений климата на сельскохозяйственное производство отдельных регионов зачастую противоречивы и не всегда позволяют выбрать необходимые средства адаптации к существующим тенденциям. Этим обусловлена сложность выбора оптимальных культур, севооборотов и агротехнологий в регионах с весьма разнообразными агроклиматическими условиями. По оценкам климатологов, 50–70% вариабельности урожайности культур в пределах степной и лесостепной зон Алтайского края определяются воздействием таких климатических факторов, как температура и осадки в весенние и летние месяцы (апрель, май, июнь и июль) (Харламова и др., 2014). Для учета климатических условий возделывания культур на территории Алтайского края по одной из схем агроклиматического районирования, предложенной в 1987 г., выделено семь почвенно-климатических зон: *Кулундинская, Приалейская, Приобская, Бие-Чумышская, Присалаирская, Приалтайская и Алтайская* (Система..., 1987) (рис. 1). В 2008 г. согласно агроклиматическому районированию Сибирского Федерального округа выделены три укрупненные зоны: *зона сухих и типичных степей* (включает в себя районы Западно-Кулундинской почвенно-климатической зоны); *зона типичных степей и лесостепей* (объединяет Восточно-Кулундинскую, Приалейскую и Приобскую зоны); *зона лесостепей и предгорий Алтая* (Бийско-Чумышская, Присалаирская, Приалтайская и Алтайская зоны) (Понькина и др., 2014). Данное территориальное зонирование до настоящего времени является основой для формирования рекомендаций по выбору культур и технологий их возделывания в регионе.

Сложность выбора культур и севооборотов обусловлена не только разнообразием климатических условий, но и быстро изменяющимся от сезона к сезону спросом на рынке зерна, а также соотношением цен на ресурсы и сельскохозяйственную продукцию. Комплекс факторов привел к существенным изменениям структуры посевных площадей в регионе за довольно короткий период (2012–2016 гг.). Площади посева зерновых снизились на 7%, в том числе озимых культур – почти в два раза, яровой пшеницы – на 25%, однако увеличились площади посева подсолнечника (на 38%), лена-кудряша (в 2,7 раза), сои (на 24%) и гречихи (в 1,7 раз) (Барышников и др., 2018). Рост посевных площадей подсолнечника в первую очередь обусловлен спросом и высокой рентабельностью его производства. Традиционно подсолнечник возделывается в сухостепных и степных зонах Алтайского края. В Кулундинской и Приалейской зонах сосредоточено 75,4% площади посева культуры, также на них приходится 69% валового сбора маслосемян в регионе (Понькина и др., 2014). Лесостепь, характеризующаяся более высоким

уровнем плодородия почв и более благоприятными условиями увлажнения, в настоящее время не играет существенной роли в производстве подсолнечника. На Приобскую зону приходится только 13,5% валового сбора маслосемян при урожайности 7,3 ц га<sup>-1</sup>. В Приалтайской зоне эффективные результаты получены лишь в отдельных хозяйствах при достаточно обширной площади посевов, а Присалаирская и Алтайская зоны не играют значимой роли в производстве подсолнечника (Лихачёв, Мицурин, 2012). В качестве перспективной территории для возделывания подсолнечника рассматривается Бийско-Чумышская зона, где урожайность культуры в отдельные годы превышает 10 ц га<sup>-1</sup>. Однако для обоснования решений по выбору данной культуры и оптимизации севооборотов в целом, направленных на обеспечение не только максимальной урожайности, но высокой ожидаемой прибыли, необходимо определить, насколько современные климатические условия являются благоприятными для возделывания современных районированных сортов культур, а также оценить климатические риски, от которых зависят ожидаемый валовой сбор и прибыль хозяйств.

Предварительный анализ прогнозируемых тенденций тепло- и влагообеспеченности свидетельствует о развитии на территории Алтайского края процессов аридизации, характеризующихся снижением степени увлажнения и значительным региональным потеплением (Харламова и др., 2014). В настоящем исследовании основное внимание сосредоточено на анализе современных агроклиматических условий Кулундинской, Приобской и Бие-Чумышской почвенно-климатических зон Алтайского края как наиболее перспективных для возделывания кондитерского подсолнечника. Прикладной анализ направлен на: i) выявление долгосрочных трендов среднегодового хода температур воздуха и осадков, являющихся важными климатическими факторами, ограничивающими выбор районированных сортов подсолнечника; ii) уточнение базовых агроклиматических параметров в современных климатических условиях; iii) оценку вероятности возникновения опасных природных явлений, в частности заморозков в весенний и осенний периоды.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исходным материалом послужила информация из базы метеорологических данных, расположенной на платформе Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД), по сети гидрометеорологических станций (далее – ГМС) Алтайского края (Росгидромет). Пункты ГМС: «Славгород», «Ребриха», «Камень-на-Оби», «Барнаул», «Бийск-зональная» (табл. 1, рис. 1).

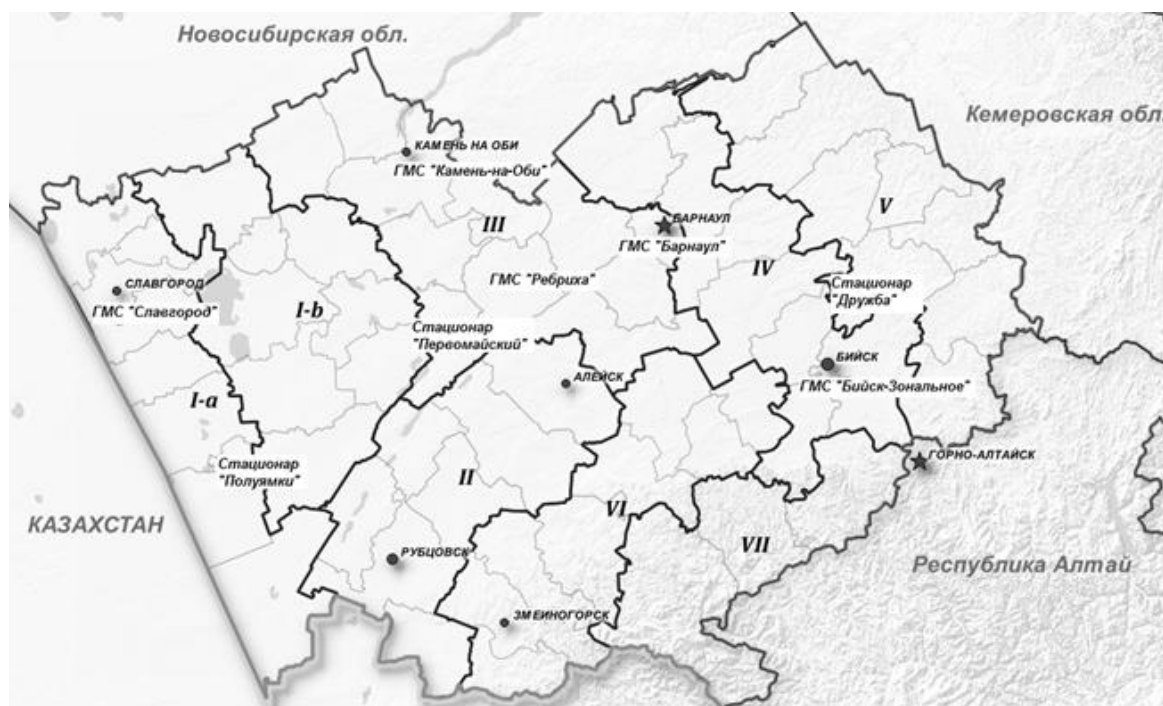


Рис. 1. Почвенно-климатические зоны Алтайского края:  
*I-a* – Западно-Кулундинская; *I-b* – Восточно-Кулундинская; *II* – Приалейская; *III* – Приобская;  
*IV* – Бийско-Чумышская; *V* – Присалаирская; *VI* – Приалтайская; *VII* – Алтайская  
(на карте отмечено местоположение гидрометеорологических станций (ГМС) Росгидромета и агроклиматических стационаров АлтГУ)

Таблица 1. Местоположение ГМС «Росгидромет» и стационаров АлтГУ

Агроклиматическая зона				
Кулундинская	Приобская			Бие-Чумышская
ГМС «Росгидромет»				
«Славгород»	«Ребриха»	«Барнаул»	«Камень-на-Оби»	«Бийск-Зональное»
координаты				
52° 58' ш. с. 78° 39' в. д.	53° 05' ш. с. 82° 20' в. д.	53° 26' ш. с. 83° 31' в. д.	53° 49' ш. с. 81° 16' в. д.	52° 68' ш. с. 84° 95' в. д.
стационары АлтГУ				
«Полуямки»	«Первомайский»			
координаты				
52° 03,959' ш. с. 79° 42,786' в. д.	52° 54,957' ш.с. 81° 39,979' в.д			

В работе использованы временные ряды среднесуточных температур воздуха и суточной суммы осадков за период 1960–2016 гг. Кроме того, использованы временные ряды метеоданных за период 2013–2017 гг., полученных с агрометеорологических стационаров Алтайского государственного университета (АлтГУ) «Полуямки» и «Первомайский» (температура и влажность воздуха, скорость ветра, солнечная радиация, сумма осадков, температура и влажность почвы на глубине 30 см).

Распределение сети наблюдательных пунктов по территории Алтайского края с учетом почвенно-климатического зонирования представлено на рис. 1. Детальное описание оборудования стационаров АлтГУ содержится в (Stephan et al., 2014).

Анализ региональных климатических тенденций среднегодовых температур и годовой суммы осадков выполнен с использованием уравнений линейных трендов (глобальных – за весь период – и 50-летних) вида  $Y = at + b$ .

Идентификация параметров  $(a, b)$  осуществлена с использованием метода наименьших квадратов с оценкой показателя детерминации ( $R^2$ ) и проверкой гипотезы о статистической значимости зависимости в целом и параметра  $a$  в частности. Полученные тренды характеризуют общую тенденцию моделируемого признака за весь период 1960–2016 гг. и ожидаемое значение среднегодового изменения температур и сумм осадков (параметр  $a$ ). Локальные тренды сформированы по 50-летним периодам методом скользящей регрессии. Для построения трендов использовалось 50-летнее временное «окно», скользящее по периодам 1959–2009, 1960–2010, 1961–2011, 1962–2012, 1963–2013, 1964–2014, 1965–2015, 1966–2016. Таким образом, оценки параметров по восьми трендам характеризуют изменчивость или устойчивость найденной тенденции. В работе учитывается предположение о том, что смещение временного «окна» на  $\pm 1$  год не оказывает существенного влияния на истинную тенденцию и, соответственно, на значение параметра  $a$ . При наличии устойчивого тренда параметр  $a$  как минимум должен иметь стабильный знак в рамках доверительного интервала. Границы доверительного интервала параметра  $a \in (a^-, a^+)$  оцениваются как  $a^\pm = a \pm \sigma_a St(0,95, m)$ , где  $St(0,95, m)$  – статистика Стьюдента (табличное значение) при уровне доверия 0,95 и  $m$  степенях свободы;  $\sigma_a$  – стандартная ошибка коэффициента  $a$  модели. Положительное значение  $a^\pm$  как для глобального, так и для множества локальных трендов свидетельствует о наличии преобладающего устойчивого положительного тренда, соответственно отрицательное значение параметров  $a^\pm$  свидетельствует о наличии устойчивого убывающего тренда. Неустойчивость знака параметра  $a$  в пределах доверительного интервала  $(a^-, a^+)$  указывает на неопределенность реальной тенденции, ее вероятную изменчивость от роста к падению.

Даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через различные пороги ( $-5^\circ\text{C}$ ,  $0^\circ\text{C}$ ,  $+5^\circ\text{C}$ ,  $+10^\circ\text{C}$ ) являются важными агроклиматическими характеристиками, определяющими выбор сортов культур, в частности подсолнечника. Датой устойчивого перехода температуры воздуха через определенную градацию является день, после которого обратного перехода не наблюдается, или он происходит, но сумма положительных отклонений средней суточной температуры от соответствующей градации превышают сумму отрицательных отклонений (для весны). Дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через  $+5^\circ\text{C}$  является определяющей для принятия решений по выбору технологий возделывания и сортов озимых и холодостойких культурных растений и принимается в настоящей работе за начало вегетационного периода. Устойчивый переход через  $+10^\circ\text{C}$  определяет важный агрометеорологический параметр – сумму активных температур воздуха ( $\geq 10^\circ\text{C}$ ) за вегетационный период.

Также в работе выполнена оценка изменения гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова, характеризующего степень засушливости климата.

При сравнительном анализе региональных изменений климата в качестве базового был выбран период 1981–2010 гг., который рекомендован Всемирной метеорологической организацией (World Meteorological Organization, WMO) и Межправительственной группой экспертов по изменению климата (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) для оценки изменчивости современного климата и базовых агрометеорологических параметров (The Global..., 2017).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### *Анализ тенденций среднегодового хода температур воздуха и осадков*

#### *Приобская агроклиматическая зона.*

Преимущественно открытая лесостепь левобережья Оби. Согласно результатам многолетних метеорологических наблюдений за период 1960–2016 гг., годовая сумма осадков колеблется от 245 до 525 мм. За вегетационный период выпадает от 80 до 340 мм осадков. В центральной части зоны преобладают черноземы обыкновенные среднегумусные среднесуглинистые, на склонах – обыкновенные среднесуглинистые и малогумусные маломощные. В северной части почвенный покров представлен обыкновенными и выщелоченными черноземами (Беляев, Вольнов, 2010).

Анализ данных о среднегодовых температурах воздуха, полученных с ГМС «Барнаул», «Камень-на-Оби» и «Ребриха», расположенных в Приобской зоне, выявил положительную тенденцию роста среднегодовых температур (рис. 2, 3 и 4). Найденные параметры трендов по данным станций «Барнаул» и «Камень-на-Оби» характеризуются постоянным положительным знаком в границах доверительного интервала при движении 50-летнего временного «окна» по восьми выделенным подпериодам:  $a_{\text{Барнаул}} \in (0,02; 0,54)$  и  $a_{\text{Камень-на-Оби}} \in (0,01; 0,57)$ . Параметры являются статистически значимыми при уровне надежности 0,95. Закономерность изменения температур по данным станции «Ребриха» не является устойчивой, т.к. коэффициент угла наклона тренда нестабилен по знаку  $a_{\text{Ребриха}} \in (-0,05; 0,5)$ ; по подпериодам 1961–2011, 1962–2012 и 1963–2013 гг. обнаруживается тренд, не являющийся статистически значимым. В целом за 1960–2016 гг. ожидаемый прирост среднегодовой температуры по данным ГМС составляет: «Барнаул» –  $a = +0,27^\circ\text{C}$  в 10 лет, «Камень-на-Оби» –  $a = +0,27^\circ\text{C}$ , «Ребриха» –  $a = +0,21^\circ\text{C}$ . Полученные результаты в целом не противоречат существующим оценкам изменения среднегодовых температур воздуха в регионе (Харламова и др., 2014).

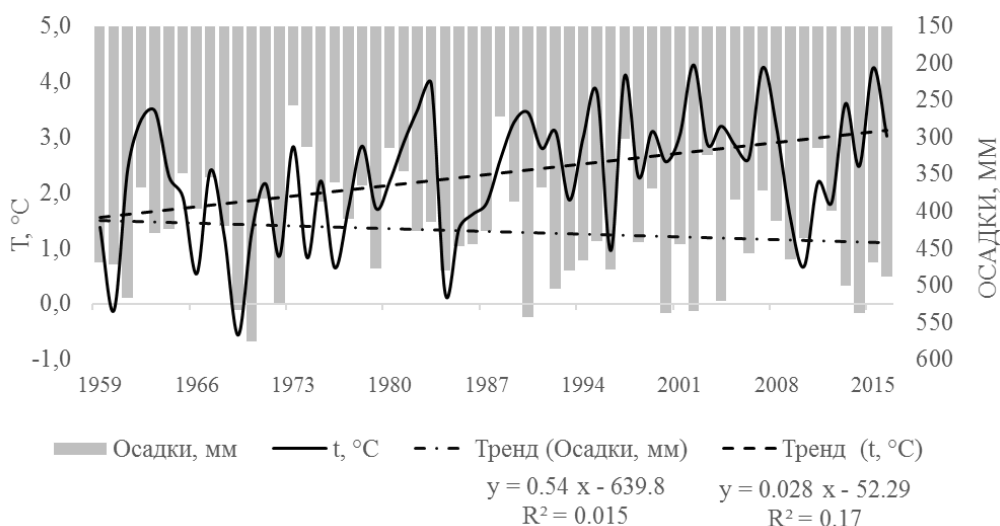


Рис. 2. Среднегодовые температуры воздуха и годовые суммы осадков по данным ГМС «Барнаул» (1960–2016 гг.)

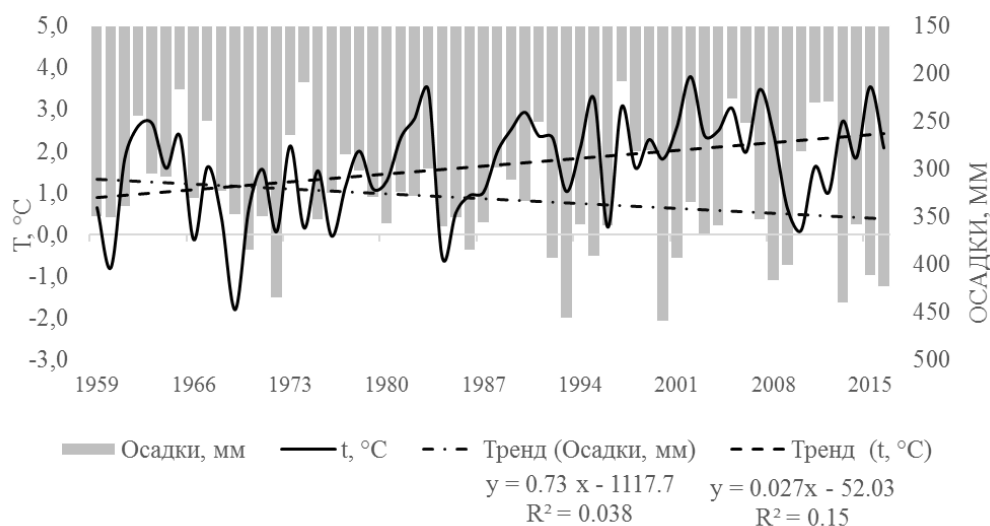


Рис. 3. Среднегодовые температуры воздуха и годовые суммы осадков по данным ГМС «Камень-на-Оби» (1960–2016 гг.)

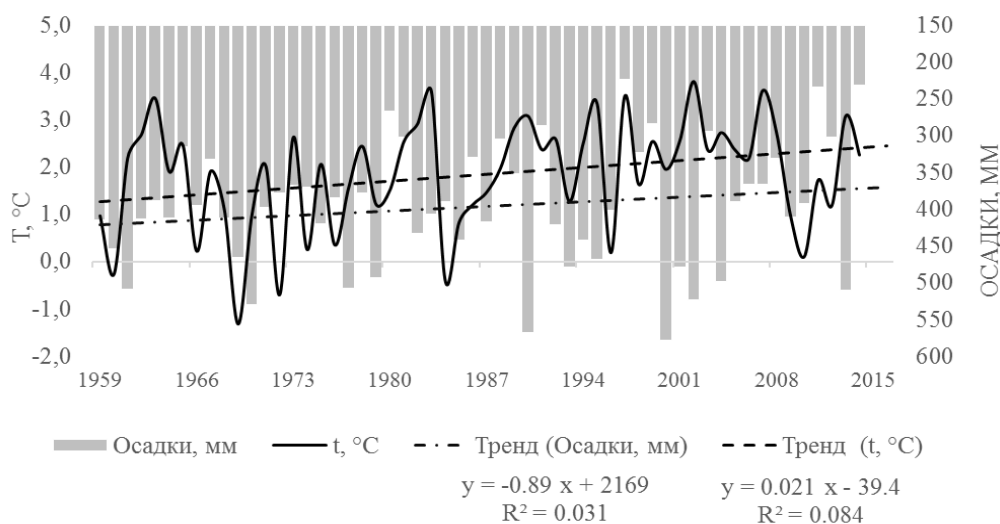


Рис. 4. Среднегодовые температуры воздуха и годовые суммы осадков по данным ГМС «Ребриха» (1960–2016 гг.)

Выделяются продолжительный холодный похолодания (1984–1987, 1993–1996, 2008–2012 гг.) период (1968–1980 гг.) и ряд коротких периодов (рис. 2), а также периоды потепления (1961–1967,

1980–1983, 1985–1990, 1997–2007 гг.). С 2013 г. наблюдается очередной период потепления, что согласуется с данными Всемирной метеорологической организации, согласно которым пятилетняя средняя температура за 2013–2017 гг. оказалась на  $0,4^{\circ}\text{C}$  выше среднегодовой температуры за период 1981–2010 гг. (The Global..., 2017). Синхронный ход отмечен также по данным ГМС «Камень-на-Оби» и «Ребриха» (рис. 3 и 4). В целом среднегодовая среднемесячная температура за указанный период по данным ГМС «Камень-на-Оби» составляет  $+1,7^{\circ}\text{C}$ , ГМС «Ребриха»  $+1,8^{\circ}\text{C}$ , что ниже на  $0,6^{\circ}\text{C}$  и  $0,5^{\circ}\text{C}$  соответственно по сравнению с данными ГМС «Барнаул» ( $+2,3^{\circ}\text{C}$ ). Самыми теплыми (со среднегодовой температурой выше  $+4,3^{\circ}\text{C}$ ) за указанный период, согласно данным станции «Барнаул», были 2002, 2007 и 2015 гг., «Камень-на-Оби» – 2002 и 2015 гг. ( $+3,7^{\circ}\text{C}$  и  $+3,5^{\circ}\text{C}$  соответственно), «Ребриха» – 1983, 1997, 2007 гг. ( $+3,5^{\circ}\text{C}$ ) и 2002 г. ( $+3,8^{\circ}\text{C}$ ). Самыми холодными были 1960 и 1969 гг. со среднегодовой температурой ниже  $0^{\circ}\text{C}$ .

Тренды годовых сумм осадков и сумм осадков за период вегетации не являются явно выраженными и статистически значимыми. Так, параметры глобальных трендов по годовым суммам осадков определены в границах  $a_{\text{Барнаул}} \in (-0,63; 1,70)$ ,  $a_{\text{Камень-на-Оби}} \in (-0,26; 1,72)$  и  $a_{\text{Ребриха}} \in (-2,26; 0,48)$ . Соответственно, каких-либо статистически значимых изменений годовых сумм осадков и сумм осадков за вегетационный период на данной территории не выявлено. Среднегодовая среднемесячная сумма осадков за период 1960–2016 гг. по данным ГМС «Барнаул» составила 427 мм, ГМС «Камень-на-Оби» – 331 мм, ГМС «Ребриха» – 396 мм. На рис. 2–3 видны периоды повышенного увлажнения 1959–1961, 1968–1972, 1977–1979, 1990–1992, 2000–2004 и 2013–2016 гг., чередующиеся с периодами с малым количеством осадков, среди которых выделяются 1962, 1965, 1967, 1973–1974, 1980, 1988, 1997, 2003, 2005, 2007, 2011 и 2012 гг. Периоды пониженной

увлажненности совпадают с периодами с высокими среднегодовыми температурами, что свидетельствует об усилении засушливости климата на территории. По данным стационара «Первомайский» за 2015–2016 гг., среднегодовые температуры и суммы осадков в 2015 г. составили  $+4,3^{\circ}\text{C}$  и 343 мм, а в 2016 г. –  $+3,3^{\circ}\text{C}$  и 413 мм соответственно.

*Бие-Чумышская зона.* Правобережные, более увлажнённые районы лесостепной части края. За период 1960–2016 гг. годовое количество осадков варьируется от 256 до 850 мм, за период вегетации выпадает 121–413 мм. Количество лет с острым недостатком влаги – около 15%. Высота снежного покрова обычно достигает 50 см, средний запас продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу весны колеблется от 140 до 180 мм (Беляев, Вольнов, 2010).

Анализ климатических изменений на территории зоны проведен по данным ГМС «Бийск-Зональная». По данным 1960–2016 гг. идентифицирован глобальный тренд (рис. 5), а также ряд локальных трендов по 50-летним подпериодам. Параметры трендов являются статистически значимыми и определены на доверительном интервале  $a_{\text{Бийск}} \in (0,05; 0,62)$ . Ожидаемый рост температур воздуха составляет  $+0,32^{\circ}\text{C}$  в 10 лет. В целом тренд среднегодовых температур воздуха аналогичен тренду, характерному для Приобской зоны, также совпадают теплые и холодные периоды. Среднегодовая среднемесячная температура, данные о которой регистрируются на ГМС «Бийск-Зональная», составила  $+2,3^{\circ}\text{C}$  (как и по данным ГМС «Барнаул»). Самыми теплыми (с температурой выше  $+4,0^{\circ}\text{C}$ ) за указанный период были 1986, 1997, 2002, 2007 и 2015 гг., самыми холодными – 1960 и 1969 гг. (со среднегодовой температурой ниже  $0^{\circ}\text{C}$ ). Тренд осадков слабовыраженный и не является статистически значимым. Среднегодовая среднемесячная сумма осадков за указанный период составила 554 мм, что на 127 мм больше по сравнению с данными ГМС «Барнаул».

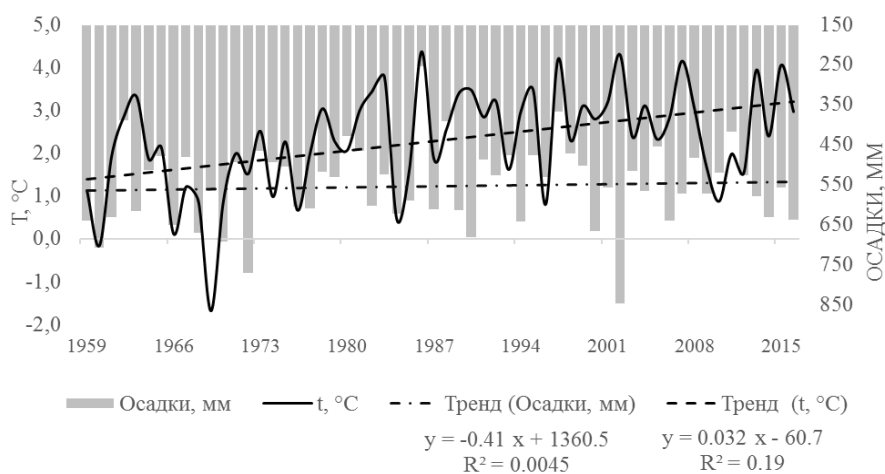


Рис. 5. Среднегодовые температуры воздуха и годовые суммы осадков по данным ГМС «Бийск-Зональная» (1960–2016 гг.).

*Кулундинская зона* получает значительное количество света и тепла в вегетационный период (суммы активных температур –  $1986\text{--}2869^{\circ}\text{C}$ ), однако

при этом характеризуется недостаточным увлажнением (182–511 мм в год, из которых до 70% приходится на период с апреля по октябрь). В

вегетационный период сумма осадков варьируется от 61 до 340 мм. Почвы в основном каштановые и темно-каштановые, солонцеватые, в восточной части зоны – более увлажненные маломощные южные черноземы, местами солонцевато-осолоделые (Беляев, Вольнов, 2010).

Распределение осадков как по территории, так и по сезонам является неравномерным. В первой половине вегетационного периода (май-июнь) влага особенно необходима для растений, однако в указанное время выпадает от 23 до 175 мм осадков (за 1980–2016 гг. сумма осадков в мае-июне в среднем составила 66,4 мм). В засушливые годы общая сумма осадков за период вегетации снижается до уровня менее 150 мм, а их максимум приходится на август. Часто после засушливого июня наблюдаются обильные дожди в июле, которые являются бесполезными для поздних яровых и технических культур. Кроме того, для июня характерны суховеи, обусловленные повышением солнечной радиации и скорости ветра (Кулундинская ..., 1972). ГМС

«Славгород» расположена на севере подзоны сухой степи, южнее ГМС «Камень-на-Оби», «Барнаул» и «Ребриха», а стационары АлтГУ и ГМС «Бийск» – южнее ГМС «Славгород». Наиболее засушливые условия характерны для зоны, где расположена ГМС «Славгород». Вместе с тем для всех указанных зон выявлены аналогичные тренды среднегодовых температур воздуха. Тренд роста температур характеризуется статистически значимым коэффициентом  $a_{\text{Славгород}} \in (0,06; 0,59)$ . Ожидаемый прирост температур составляет 3,0°C в 10 лет. Среднегодовая среднемноголетняя температура воздуха составила +2,5°C, а годовая сумма осадков – 309 мм. Тренд изменения годовых сумм осадков, так же как и на других территориях, явно не выражен  $a_{\text{Славгород}} \in (-0,07; 1,81)$ . Теплообеспеченными и засушливыми были 1962 (+3,2°C, 188 мм), 1963 (+3,7°C, 183 мм), 1965 (+2,9 °C, 189 мм), 1967 (+2,3°C, 184 мм), 1997 (+4,1°C, 182 мм), 2010 (+1,4 °C, 184 мм) и 2012 гг. (+2,2 °C, 188 мм).

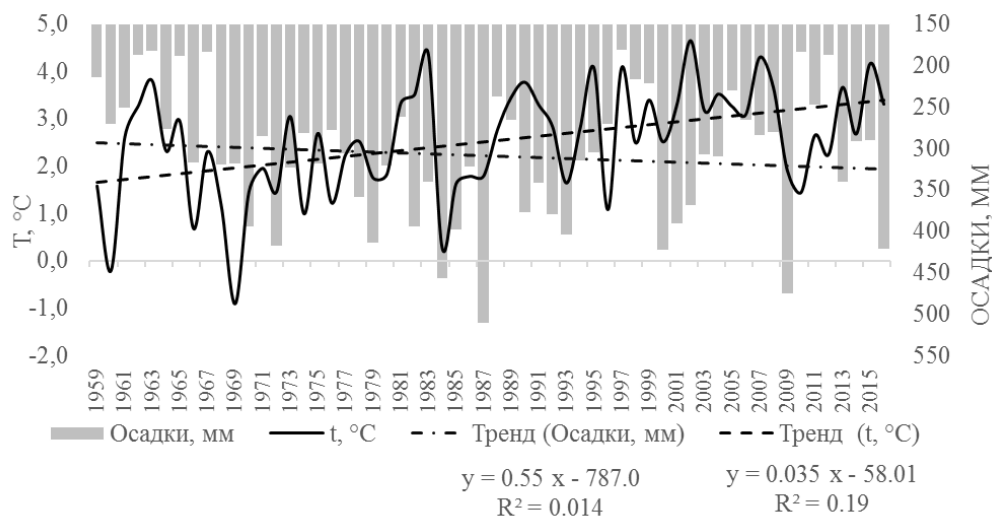


Рис. 6. Среднегодовые температуры воздуха и годовые суммы осадков по данным ГМС «Славгород» (1960–2016 гг.).

Во многом сходное распределение осадков и суховеев установлено по данным стационара АлтГУ «Полуямки». Так, доля осадков за июль в их общем количестве за период вегетации в 2013 г. составила 31%, в 2014 г. – 46%, в 2015 г. – 37%, в 2016 г. – 49%. Суховеи способствуют увеличению испарения почвенной влаги в мае и июне, что связано с повышенной солнечной радиацией и более высокой скоростью ветра в указанные месяцы (Майсснер и др., 2017). Важно отметить, что при уменьшении количества осадков в августе–сентябре влажность воздуха в данный период остается на том же уровне, что и в июле, а иногда даже превышает его. При этом самая высокая влажность воздуха наблюдается в утренние часы, а затем влага из воздуха выпадает в виде конденсата. В связи с этим весьма актуальным и перспективным представляется изучение доступности для растений конденсированной влаги в аридных

районах. После засушливого периода 2010–2012 гг. осадки, согласно данным ГМС «Славгород», «Рубцовск» и «Полуямки» за 2013–2016 гг., выпали в практически одинаковых количествах и имели относительно сходную структуру с осадками за период 1971–2000 гг., в течение которого выявлен кратковременный цикл повышенного увлажнения.

В целом следует отметить, что установлены статистически значимые изменения температур воздуха. Статистический анализ годовых сумм осадков, сумм осадков за вегетационный период и длительности периодов без осадков не выявил значимых различий при сравнении периодов 1960–1979 гг., 1980–2016 гг. и 1997–2016 гг.

*Результаты анализа дат устойчивых переходов температур воздуха через 0, +5 и +10 °C*

Анализ устойчивых переходов по зонам Алтайского края ранее проводился по временным

рядам 1945–1965 и 1964–2009 гг. (Атлас ..., 1978). На основе заключения Всемирной метеорологической организации (The Global ..., 2017), а также результатов анализа значений среднесуточных температур воздуха, осредненных посредством 10-летних скользящих, можно сделать вывод, что 1980 г. является «точкой преломления», с которой начинается более интенсивное возрастание температур воздуха. В связи с этим для анализа современных дат устойчивых переходов через 0, +5, +10 °С использован временной период 1980–2016 гг.

Результаты расчета дат устойчивого перехода через 0°С показали, что более ранний переход в

среднем наблюдается в Бие-Чумышской зоне (29 марта) по сравнению с Приобской лесостепной и Кулундинской сухо-степной зоной (1–4 апреля). Обратный переход происходит в среднем в период с 26 по 29 октября (табл. 2).

Наиболее ранние даты перехода через +5°С (табл. 2), по средней дате которого рассчитывалась продолжительность вегетационного периода, установлены на ГМС «Славгород» (12 апреля), «Бийск» (14 апреля), «Барнаул» (16 апреля) и «Ревриха» (18 апреля). Наиболее поздняя дата обратного перехода зафиксирована на ГМС «Бийск» (10 октября).

Таблица 2. Даты устойчивого перехода среднесуточных температур воздуха выше/ниже 0, +5 и +10°С с различной вероятностью в % (в период повышения/снижения температуры), 1980–2016 гг.

ГМС	Даты		Вероятность перехода в %						
	средняя	поздняя/ ранняя	5	10	25	50	75	90	95
1. Даты наступления устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха выше/ниже 0°С									
«Барнаул»	01.04/ 28.10	20.04/ 01.10	18.03/ 10.10	21.03/ 18.10	24.03/ 23.10	01.04/ 29.10	09.04/ 04.11	12.04/ 08.11	14.04/ 11.11
«Камень-на-Оби»	04.04/ 26.10	19.04/ 01.10	19.03/ 08.10	25.03/ 12.10	29.03/ 21.10	04.04/ 27.10	10.04/ 03.11	14.04/ 08.11	17.04/ 11.11
«Бийск-Зональная»	29.03/ 29.10	20.04/ 12.10	17.03/ 12.10	21.03/ 17.10	23.03/ 23.10	29.03/ 28.10	04.04/ 04.11	11.04/ 08.11	14.04/ 12.11
«Ревриха»	03.04/ 29.10	20.04/ 09.10	19.03/ 17.10	22.03/ 18.10	26.03/ 22.10	03.04/ 29.10	11.04/ 04.11	12.04/ 09.11	14.04/ 10.11
«Славгород»	03.04/ 29.10	19.04/ 08.10	19.03/ 10.10	23.03/ 19.10	27.03/ 23.10	03.04/ 29.10	10.04/ 05.11	13.04/ 08.11	16.04/ 11.11
2. Даты наступления устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха выше/ниже +5°С									
«Барнаул»	16.04/ 08.10	07.05/ 17.09	2.04/ 20.09	06.04/ 29.09	11.04/ 04.10	16.04/ 08.10	21.04/ 16.10	27.04/ 19.10	29.04/ 20.10
«Камень-на-Оби»	19.04/ 06.10	6.05/ 17.09	03.04/ 17.09	07.04/ 26.09	12.04/ 04.10	20.04/ 07.10	24.04/ 11.10	01.05/ 17.10	02.05/ 19.10
«Бийск-Зональная»	14.04/ 10.10	2.05/ 26.09	01.04/ 26.09	02.04/ 29.09	10.04/ 04.10	14.04/ 09.10	19.04/ 17.10	26.04/ 21.10	28.04/ 22.10
«Ревриха»	18.04/ 05.10	6.05/ 12.09	02.04/ 17.09	07.04/ 18.09	13.04/ 30.09	19.04/ 05.10	23.04/ 11.10	01.05/ 18.10	03.05/ 19.10
«Славгород»	12.04/ 09.10	28.04/ 18.09	31.03/ 23.09	02.04/ 26.09	07.04/ 05.10	12.04/ 09.10	18.04/ 17.10	21.04/ 21.10	26.04/ 22.10
3. Даты наступления устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха выше/ниже +10 °С									
«Барнаул»	30.04/ 18.09	21.05/ 02.09	14.04/ 03.09	16.04/ 06.09	24.04/ 12.09	01.05/ 19.09	05.05/ 23.09	09.05/ 25.09	11.05/ 30.09
«Камень-на-Оби»	01.05/ 15.09	01.06/ 02.09	14.04/ 03.09	18.04/ 05.09	24.04/ 11.09	02.05/ 17.09	07.05/ 21.09	10.05/ 24.09	12.05/ 25.09
«Бийск-Зональная»	30.04/ 18.09	21.05/ 04.09	13.04/ 04.09	15.04/ 08.09	22.04/ 13.09	01.05/ 19.09	06.05/ 22.09	10.05/ 26.09	11.05/ 29.09
«Ревриха»	02.05/ 16.09	25.05/ 02.09	14.04/ 02.09	20.04/ 05.09	28.04/ 10.09	02.05/ 18.09	07.05/ 21.09	11.05/ 25.09	15.05/ 29.09
«Славгород»	26.04/ 20.09	12.05/ 03.09	13.04/ 04.09	16.04/ 07.09	19.04/ 13.09	26.04/ 20.09	04.05/ 25.09	08.05/ 04.10	09.05/ 05.10

Анализ продолжительности вегетационного периода (табл. 3) свидетельствует об увеличении его длительности согласно данным всех станций, расположенных в лесостепной и степной зонах. По сравнению с 1960–1979 гг. продолжительность

вегетационного периода в 1980–2016 гг. увеличилась на 10 дней по данным ГМС «Барнаул», на 9 дней по данным ГМС «Камень-на-Оби», на 6 дней по данным ГМС «Ревриха», на 9 дней в сухой степи и на 14 дней в Бие-Чумышской зоне (табл. 3). Также отмечено



незначительное увеличение сумм осадков за период вегетации. При этом довольно отчетливо выделяется наиболее благоприятный по условиям увлажнения 10-летний период (2000–2009 гг.) для Приобской,

Бие-Чумышской и Кулундинской зоны. В последнее десятилетие (2010–2016 гг.) наблюдается некоторое уменьшение сумм осадков за период вегетации, в особенности в сухой степи.

Таблица 3. Продолжительность вегетационного периода и суммы осадков за вегетационный период по 10-летиям (1960–2016 гг.)

	Продолжительность вегетационного периода, дней					Сумма осадков за вегетационный период, мм				
	Б	К	БЗ	Р	С	Б	К	БЗ	Р	С
<i>по годовым данным</i>										
<b>Максимум</b>	<b>197</b>	<b>196</b>	<b>197</b>	<b>197</b>	<b>209</b>	<b>309</b>	<b>288</b>	<b>413</b>	<b>341</b>	<b>341</b>
<b>Минимум</b>	<b>127</b>	<b>127</b>	<b>143</b>	<b>135</b>	<b>151</b>	<b>90</b>	<b>81</b>	<b>122</b>	<b>81</b>	<b>62</b>
<b>Среднее</b>	<b>172</b>	<b>168</b>	<b>173</b>	<b>167</b>	<b>177</b>	<b>214</b>	<b>177</b>	<b>253</b>	<b>199</b>	<b>167</b>
<i>среднее по десятилетиям</i>										
1960–1969	162	160	163	162	170	186	157	248	196	131
1970–1979	169	165	167	165	173	204	172	251	183	172
1980–1989	168	163	172	165	175	195	171	224	171	182
1990–1999	179	173	182	173	184	252	195	253	221	175
2000–2009	172	170	176	170	177	224	189	281	222	189
2010–2016	183	179	185	170	187	228	179	264	204	143

Для всех зон средние даты весенних переходов температур через +10°C приходятся на период с 26 апреля по 2 мая. Обратный переход происходит в среднем в период с 15 по 20 сентября, а самые ранние даты перехода зафиксированы в период с 2 по 4 сентября (табл. 2). При сравнении результатов настоящего исследования с результатами расчета данного показателя за период 1964–2009 гг. (Максимова и др., 2014) было выявлено, что, согласно результатам расчета, в период с 1980 по 2016 гг. даты переходов наступают в среднем на 12 дней раньше, а даты обратного перехода совпадают.

*Суммы активных температур выше +10°C,  
ГТК Селянинова*

Расчет суммы активных температур позволил выявить тенденцию к их повышению (табл. 4). Для

всех зон наиболее благоприятным по условиям теплообеспеченности был период 2000–2009 гг. В последнее десятилетие также отмечена высокая теплообеспеченность, однако в лесостепи установлено ее незначительное снижение.

Для характеристики общих условий увлажнения территории традиционно используется ГТК Селянинова. Анализ данного показателя позволил установить, что в последнее десятилетие (2010–2016 гг.) наблюдались недостаточное увлажнение в сухой степи (ГМС «Славгород») и умеренная засуха в колючей лесостепи (ГМС «Ребриха») (табл. 4).

Таблица 4. Сумма активных температур и ГТК Селянинова (1960–2016 гг.)

	Сумма активных температур воздуха, выше +10°C					ГТК Селянинова				
	Б	К	БЗ	Р	С	Б	К	БЗ	Р	С
<i>по годовым данным</i>										
<b>Максимум</b>	<b>2618</b>	<b>2560</b>	<b>2581</b>	<b>2581</b>	<b>2869</b>	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>	<b>2,0</b>	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>
<b>Минимум</b>	<b>1723</b>	<b>1797</b>	<b>1797</b>	<b>1369</b>	<b>1986</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
<b>Среднее</b>	<b>2187</b>	<b>2170</b>	<b>2195</b>	<b>2126</b>	<b>2451</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	<b>1,2</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>
<i>среднее по десятилетиям</i>										
1960–1969	2102	2157	2122	2150	2396	0,9	0,7	1,2	0,9	0,6
1970–1979	2058	2059	2046	1992	2362	1,0	0,9	1,2	0,9	0,7
1980–1989	2164	2101	2151	2089	2405	0,9	0,8	1,0	0,8	0,8
1990–1999	2235	2162	2238	2121	2451	1,2	0,9	1,1	1,1	0,7
2000–2009	2305	2299	2358	2232	2568	1,0	0,8	1,2	1,0	0,7
2010–2016	2293	2276	2281	2239	2559	1,0	0,8	1,2	0,5	0,6

Данные ГМС «Полуямки», расположенной в сухой степи, за 2013–2016 гг. также подтверждают более раннее наступление весенних дат устойчивого перехода среднесуточных температур воздуха через 0, +5 и +10°C. Наибольшая продолжительность

вегетационного периода отмечена в 2014 г. (202 дня). Максимальная сумма активных температур ( $\geq 10^\circ\text{C}$ ) зафиксирована в 2015 г. По величине ГТК Селянинова 2013 и 2015 гг. можно охарактеризовать

как «засушливые», а 2014 и 2016 гг. как периоды с «обеспеченным увлажнением».

*Анализ весенних и осенних заморозков*

Важным фактором, оказывающим негативное влияние на рост и развитие теплолюбивых культур, является возвращение заморозков в начале вегетационного периода (май-июнь). Были проанализированы ранние даты возвращения заморозков (среднесуточные температуры воздуха ниже 0°C) и количество дней с отрицательными температурами за период 1960–2016 гг. по десятилетиям (табл. 5). В целом следует отметить, что в последнее десятилетие (2010–2016 гг.) для лесостепной зоны характерны увеличение количества дней с заморозками от 4-х (ГМС «Барнаул» и «Бийск-Зональная») до 7-ми (ГМС «Камень-на-Оби» и «Ребриха») и довольно поздние даты их возвращения (в среднем 20 мая), при этом переход температур воздуха через +5°C, являющийся началом вегетационного периода, по данным всех ГМС в среднем происходит в период с 12 по 19 апреля. Наиболее благоприятным в данном отношении

периодом со сравнительно небольшим количеством дней с заморозками и не слишком поздней датой их возвращения (в среднем 15 мая) был период с 2000 по 2009 гг.

При уборке отдельных теплолюбивых культур важную роль играют заморозки в осенний период. В настоящем исследовании для анализа были выбраны данные за август–октябрь, поскольку уборка подсолнечника в Алтайском крае, как правило, начинается в октябре. Анализ по десятилетиям, как и в случае с весенними заморозками, не выявил существенных различий. Возвращение заморозков в период 1960–2016 гг. во всех зонах в среднем происходило только с 16 по 24 сентября, что в целом совпадает со средними датами обратного перехода температур воздуха через +10°C (15–20 сентября). Вместе с тем следует отметить, что даты возвращения заморозков в засушливые годы, как правило, смещаются на октябрь, что в целом ожидаемо (табл. 5).

**Таблица 5. Поздняя и ранняя даты наступления заморозков, количество дней с заморозками (среднесуточные температуры воздуха <0°C) и температура воздуха на дату наступления заморозков по годам и 10-летиям (за май-июнь и август-октябрь 1960–2016 гг.)**

	«Барнаул»			«Камень-на-Оби»			«Бийск-Зональная»			«Ребриха»			«Славгород»		
	дней	дата	t, °C	дней	дата	t, °C	дней	дата	t, °C	дней	дата	t, °C	дней	дата	t, °C
<i>май – июнь</i>															
1960–1969	4	16.05	-1,4	5	19.05	-1,3	4	22.05	-1,6	6	28.05	-1,3	4	18.05	-1,3
1970–1979	5	18.05	-2,5	5	19.05	-2,9	5	19.05	-2,4	7	22.05	-1,64	5	17.05	-1,5
1980–1989	3	20.05	-1,0	4	21.05	-1,4	3	21.05	-0,8	5	28.05	-0,81	4	20.05	-1,3
1990–1999	3	12.05	-1,8	4	19.05	-1,3	4	19.05	-0,7	5	25.05	-1,6	3	13.05	-1,4
2000–2009	3	12.05	-1,2	4	19.05	-1,2	3	13.05	-1,7	4	15.05	-1,6	3	16.05	-1,8
2010–2017	4	19.05	-1,6	8	26.05	-1,0	6	20.05	-1,5	8	26.05	-2,0	3	20.05	-1,0
<b>Среднее</b>	<b>3</b>	<b>16.05</b>	<b>-1,6</b>	<b>5</b>	<b>20.05</b>	<b>-1,5</b>	<b>4,0</b>	<b>19.05</b>	<b>-1,5</b>	<b>5,7</b>	<b>24.05</b>	<b>-1,5</b>	<b>4</b>	<b>17.05</b>	<b>-1,4</b>
<i>август – октябрь</i>															
1960–1969	20	24.09	-1,2	24	15.09	-1,0	23	21.09	-1,5	24	17.09	-1,2	21	20.09	-0,8
1970–1979	21	21.09	-1,7	22	23.09	-2,1	21	22.09	-1,7	22	17.09	-1,3	20	26.09	-3,1
1980–1989	19	24.09	-2	20	18.09	-1,3	21	19.09	-1,2	22	16.09	-1,2	19	25.09	-1,7
1990–1999	17	22.09	-1,6	20	18.09	-2,2	19	22.09	-1,7	22	16.09	-2,0	15	23.09	-0,7
2000–2009	19	20.09	-1,4	23	12.09	-2,1	22	22.09	-1,1	24	16.09	-1,9	18	23.09	-1,7
2010–2016	19	20.09	-1,5	23	12.09	-1,9	20	21.09	-2,4	22	9.09	-1,25	18	27.09	-1,5
<b>Среднее</b>	<b>19</b>	<b>22.09</b>	<b>-1,4</b>	<b>22</b>	<b>17.09</b>	<b>-1,8</b>	<b>21</b>	<b>21.09</b>	<b>-1,5</b>	<b>23</b>	<b>16.09</b>	<b>-1,5</b>	<b>19</b>	<b>24.09</b>	<b>-1,6</b>

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ данных сети метеорологических станций Алтайского края за период 1960–2016 гг. выявил существенные изменения температурного режима и ряда базовых агроклиматических показателей (сумма активных температур, продолжительность вегетационного периода, даты устойчивого перехода температур воздуха через 0, +5, +10°C, а также количество дней с заморозками). Наблюдается тенденция к повышению среднегодовых температур воздуха с ожидаемым приростом 0,21–0,32°C в 10 лет. Также отмечено увеличение сумм активных температур в современный период по сравнению с 1960–1979 гг. В среднем сумма активных температур для Приобской и Бие-Чумышской зон составила 2170°C, для Кулундинской зоны — 2450°C. Статистически значимых различий в значениях суммы годовых осадков и сумм осадков за вегетационный период между настоящим временем и периодом 1960–1979 гг. не выявлено. Анализ осадков показал, что на территории сухой степи увеличение суммы среднегодовых осадков происходит в основном за счет их выпадения в зимний период. Продолжительность вегетационного периода в Приобской и Бие-Чумышской зонах увеличилась в среднем на 14 дней, в Кулундинской зоне – на 9 дней по сравнению с 1960–1969 гг. Анализ ГТК Селянинова показал, что в окрестностях ГМС «Барнаул» и «Бийск-Зональная» климатические условия характеризуются как условия «обеспеченного

увлажнения» (1,0–1,2), а в окрестностях ГМС «Славгород» (0,7), «Камень-на-Оби» (0,8) и «Ребриха» (0,9) – как засушливые. Отмеченные климатические тенденции в целом благоприятны для выращивания кондитерского подсолнечника в Кулундинской, Приобской и Бие-Чумышской зонах региона. Однако наряду с положительными тенденциями к потеплению климата также следует отметить негативные. В последнее десятилетие (2010–2016 гг.) возросла вероятность возникновения поздних весенних заморозков (до 20 мая), а также увеличилось количество дней с заморозками на фоне раннего наступления вегетационного периода (12–19 апреля). Полученные результаты в целом свидетельствуют об изменении базовых агроклиматических параметров, определяющих тактику проведения весенне-полевых работ и условия возделывания теплолюбивых культур. В дальнейших исследованиях для оценки зависящего от погодных условий урожая по агрометеорологическим зонам целесообразно использовать критерий суммарного испарения (потенциальная эвапотранспирация) по почвенно-климатическим зонам Алтайского края. Совместная оценка потенциальной эвапотранспирации и рассмотренных в работе агрометеорологических параметров позволит проанализировать климатические факторы, оказывающие влияние на рост и развитие культурных растений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас Алтайского края. М., ГУГК, 1978. 222 с.
- Барышников Г. Я., Барышникова О. Н., Воронкова О. Ю. Формирование агросистем юга Западно-Сибирской равнины: монография. Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2018. 160 с.
- Беляев В. И., Вольнов В. В. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в Алтайском крае. Барнаул: Издательство АГАУ, 2010. 205 с.
- Козельцева В. Ф., Педь Д. А. Данные о весенних датах устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С, ± 5°C по станциям западной части территории СССР. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1987. 59 с.
- Кулундинская степь и вопросы ее мелиорации / под ред. П. Я. Полубариновой-Кочиной. М., Наука, 1972.
- Лихачёв Н. И., Мицуриин А. М. Современное состояние производства маслосемян подсолнечника в Алтайском крае // Повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий в условиях Алтая и Казахстана. Барнаул: Изд-во ГНУ Алтайский НИИСХ Россельхозакадемии, 2012. С. 249–253.
- Максимова Н. Б., Арнаут Д. В., Морковкин Г. Г. Оценка изменения продолжительности вегетационного периода по агроклиматическим районам Алтайского края // Вестник Алтайского аграрного университета. 2014. № 10(120). С. 49–53.
- Майсснер Р., Рупп Х., Шмидт Г., Бондарович А. А., Щербинин В. В., Понькина Е. В., Мацюра А. В., Рудев Н. В., Кожанов Н. А., Пузанов А. В., Балыкин Д. Н. Агроклиматический мониторинг сухой степи Алтайского края // География и природопользование Сибири. 2017. № 23. С. 121–139.
- Понькина Е., Беляев В., Боварова М., Прищепов А., Бугай Ю., Ковалева И., Кожанов Н. Экономические, экологические, технологические факторы и результаты деятельности сельскохозяйственных предприятий в условиях Кулундинской степи: коллективная монография. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та., 2014. 140 с.
- Система земледелия в Алтайском крае: рекомендации. Новосибирск, 1987. 324 с.
- Харламова Н. Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона. Автореф. дисс. канд. геогр. наук. Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2012. 19 с.
- Харламова Н. Ф., Бондарович А. А., Козлова Д. С., Плехова А. В. Изменчивость увлажненности территории лесостепной и степной зон Алтайского края в течение 1982–2013 гг. // География и природопользование Сибири. Барнаул: Издательство АлтГУ, 2014. Вып. 18. С. 206–215.
- The Global Climate in 2017. WMO-No. 1212. URL: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=4453](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4453) (дата обращения 15.11.2018).

Stephan E., Meissner R., Rupp H., Fruhauf M., Schmidt G., Illiger P., Bondarovitsch A., Balykin D., Scherbinin V., Puzanov A. Aufbau eines bodenhydrologischen Messnetzes in der sibirischen Kulundasteppe // Wasserwirtschaft, 2014, no. 10, pp. 15–22.

## REFERENCES

- Atlas Altayskogo kraja* [Atlas of Altai Krai]. Moscow, GUGK, 1978. 222 p.
- Baryshnikov G. Ya., Baryshnikova O. N., Voronkova O. Yu. *Formirovanie agrosistem yuga Zapadno-Sibirskoy ravniny: monografiya* [Formation of Agrosystems of South-West Siberian Plain]. Barnaul: Publishing House of Altai State University, 2018. 160 p.
- Belyaev V. I., Volnov V. V. *Resursosberegayushchie tekhnologii vozdeleyvaniya zernovykh kultur v Altayskom krae* [Conservative Tillage Technologies of Crop Production in Altai Krai]. Barnaul: Publishing House of Altai State Agricultural University, 2010. 205 p.
- Kozeltseva V. F., Ped D. A. Dannye o vesennikh datakh ustoychivogo perekhoda sredney sutochnoy temperatury vozdukhа cherez 0°S, ± 5°S po stantsiyam zapadnoy chasti territorii SSSR [Data on Spring Dates for a Steady Transition of Average Daily Air Temperature through 0 and ±5°C in Stations of the Western Part of the USSR]. Obninsk: VNIIGMI-WDC, 1987. 59p.
- Kulundinskaya step i voprosy ee melioratsii / pod red. P. Ya. Polubarinovoy-Kochinoy* [Kulunda Steppe and Issues of its irrigation / Ed. P. I. Polubarinovoy-Kochina]. Moscow: Science, 1972. 508 p.
- Likhachev N. I., Mitsurin A. M. *Sovremennoe sostoyanie proizvodstva maslosemyan podsolnechnika v Altayskom krae* [Modern State of Sunflower Oilseeds Production in Altai Krai] // *Povyshenie produktivnosti selskokhozyaystvennykh ugodiy v usloviyakh Altaya i Kazakhstana* [Improving Productivity of Agricultural Land under Conditions of Altai and Kazakhstan]. Barnaul: Publishing House of GNU Altai Research Institute of Agriculture of Russian Agricultural Academy, 2012, pp. 249–253.
- Maksimova N. B., Arnaut D. V., Morkovkin G. G. Otsenka izmeneniya prodolzhitelnosti vegetatsionnogo perioda po agroklimaticheskim rayonam Altayskogo kraja [Evaluation of the Change of Lengthing of Growing Season by Agro-Climatic Zones of Altai Krai] // *Vestnik Altayskogo agrarnogo universiteta*, 2014, no. 10(120), pp. 49–53.
- Majssner R., Rupp KH., Shmidt G., Bondarovich A. A., Shherbinin V. V., Ponkina E. V., Matsyura A. V., Rudev N. V., Kozhanov N. A., Puzanov A. V., Balykin D. N. Agroklimaticheskij monitoring sukhoy stepi Altajskogo kraja [Agro-Climatic monitoring dry steppe in Altai Krai] // *Geography and Nature Management in Siberia*, 2017, no. 23, pp. 121–139.
- Ponkina Ye., Belyaev V., Bovarova M., Prishchepov A., Bugay Yu., Kovaleva I., Kozhanov N. Ekonomicheskie, ekologicheskie, tekhnologicheskie faktory i rezultaty deyatel'nosti selskokhozyaystvennykh predpriyatij v usloviyakh Kulundinskoy stepi: kollektivnaya monografiya [Economic, Environmental, Technological Factors and Results of Agricultural Enterprises under Conditions of the Kulunda Steppes]. Barnaul: Publishing House of Altai State University, 2014. 140 p.
- Sistema zemledeliya v Altajskom krae. Rekomendatsii* [The System of Crop Production in Altai Krai. Recommendations]. Novosibirsk: Siberian Department of VASHNIL, 1987. 324 p.
- Kharlamova N. F. *Otsenka i prognoz sovremennykh izmenenij klimata Altajskogo regiona. Avtoref. diss. ... kand. geogr. nauk. Barnaul* [Assessment and Forecast of Modern Climate Changes in the Altai region. Thesis of PhD Dissertation]. Barnaul: Publishing House of Altai State University, 2012. 19 p.
- Kharlamova N. F., Bondarovich A. A., Kozlova D. S., Plekhova A. V. Izmenchivost' uvlazhnennosti territorii lesostepnoy i stepnoy zon Altayskogo kraja v techenie 1982–2013 gg. [The Variability of Moisture Content in Forest-Steppe and Steppe Zones of Altai Krai during 1982–2013] // *Geography and Nature Management in Siberia*. Barnaul, 2014, issue 18, pp. 206–215.
- The Global Climate in 2017. WMO-No. 1212. URL: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=4453](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4453) (date: 31.07.2018).
- Stephan E., Meissner R., Rupp H., Fruhauf M., Schmidt G., Illiger P., Bondarovitsch A., Balykin D., Scherbinin V., Puzanov A. Aufbau eines bodenhydrologischen Messnetzes in der sibirischen Kulundasteppe [Construction of a Soil Hydrological Monitoring Network in the Siberian Kulunda Steppe]. Water Management, 2014, no. 10, pp. 15–22.