

Д.Э. МИНГАЛЁВ

Институт наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета,
190000, Санкт-Петербург, 10-я линия Васильевского острова, 33–35, Россия, dimaming@yandex.ru

АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ РОССИИ И КАЗАХСТАНА В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Рассмотрена проблема обновления карт агроклиматических поясов России и Казахстана с учетом современного потепления климата. Агроклиматическое районирование территории является одним из важнейших параметров агроклиматического обеспечения экономики, однако проблема создания современных специализированных карт по данной тематике и обновления климатических норм в России и Казахстане сохраняется. Региональные исследования последних лет по климатологии и адаптации сельского хозяйства к потеплению климата доказывают необходимость обновления климатических норм и справочных материалов (карт, картосхем, учебников и т. д.). В ходе исследования был проведен расчет суммы активных температур по 270 метеорологическим станциям России, Казахстана и сопредельных территорий за 2001–2018 гг. Полученные результаты зафиксировали существенное смещение границ агроклиматических поясов и повышение суммы активных температур на 200–600 °С в зависимости от конкретной территории по сравнению с данными 1950–1960-х гг. В наибольшей степени сместились агроклиматические пояса с суммой активных температур в 1600–2200 и 2200–2800 °С, но по величине ее прироста в абсолютном значении лидируют Камчатка, Приаралье и бассейн Сырдарьи. Субтропический пояс также заметно расширился за пределы Черноморского побережья Краснодарского края, Южного берега Крыма и крайнего юга Туркестанской области. Приведенные сведения частично подтвердили прогноз Росгидромета 2005 г., хотя во многих регионах России тренд к повышению суммы активных температур оказался несколько слабее ожидаемого.

Ключевые слова: потепление климата, сумма активных температур, агроклиматические пояса, обновление климатических карт, субтропический пояс.

D.E. MINGALEV

Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, 190000, St. Petersburg, Desyataya liniya
Vasil'evskogo ostrova, 33–35, Russia, 190000, Russia, dimaming@yandex.ru

AGRO-CLIMATIC ZONING OF RUSSIA AND KAZAKHSTAN UNDER CURRENT CLIMATE CHANGE

This article considers the problem of updating the maps of the agro-climatic zones of Russia and Kazakhstan, taking into account current climate warming. Agro-climatic zoning of a territory is one of the most important parameters of agro-climatic support of the economy; however, the problem of creating modern specialized maps on this topic and updating climate standards in Russia and Kazakhstan remains. Regional studies of the last few years on climatology and adaptation of agriculture to climate warming directly or indirectly indicate the need for updating climate standards and reference material (maps, diagrams, textbooks, etc.). In the course of this study, the sum of active temperatures (ΣT_{10}) was calculated for 270 meteorological stations in Russia, Kazakhstan and adjacent territories for the period 2001–2018. The results obtained recorded a noticeable shift in the boundaries of agro-climatic zones and an increase in ΣT_{10} by 200–600 °C depending on a specific territory as compared with data from the 1950s–1960s. The agro-climatic zones to the greatest extent shifted in 1600–2200 and 2200–2800 °C, but Kamchatka, the Aral Sea region and the Syr Darya basin are dominant in absolute value. The subtropical zone also expanded significantly beyond the Black Sea coast of Krasnodar krai, the southern coast of the Crimea and the extreme south of the Turkistan Region. The above information partially confirmed the forecast of Roshydromet in 2005, although in many regions of Russia the trend for ΣT_{10} to increase was slightly weaker than expected.

Keywords: climate warming, sum of active temperatures, agro-climatic zones, updating of climate maps, subtropical zone.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Для получения объективных данных об агроклиматических ресурсах территории необходимо своевременное обновление статистики по климату. Однако для прогнозирования развития погодоза-

висимых отраслей экономики и других сфер жизни общества необходимо знать текущее состояние климатических ресурсов местности. После распада СССР Россия и Казахстан по-прежнему являются лидерами по площади пахотных земель и пастбищ, и сохранение ими статуса аграрных держав в сочетании с изменениями климата определяет актуальность вопроса обновления данных об агроклиматических ресурсах.

Задачу получения информации, отражающей фактическое состояние агроклиматических ресурсов (биоклиматического потенциала) в любые заданные моменты времени в любом регионе, решает агроклиматическое обеспечение экономики. Его основы в России и Казахстане были разработаны еще в 2000-е гг., однако на практике в обоих государствах (особенно в России) эта система все еще имеет крайне ограниченное применение [1, 2]. Карты агроклиматических ресурсов, в частности по такому показателю, как сумма активных температур (ΣT_{10}), до сих пор не пересмотрены, хотя их данные о климате уже устарели.

СОВРЕМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА И АГРОКЛИМАТИЧЕСКИМ РЕСУРСАМ В РОССИИ И КАЗАХСТАНЕ

История климатического и агроклиматического районирования в России насчитывает более 150 лет сбора статистических данных (хотя нерегулярные метеорологические наблюдения проводились уже в XVIII в.), построения теорий и создания специализированных карт. С 1890-х гг. труды А.И. Воейкова, П.И. Броунова, В.П. Кеппена, Л.С. Берга, Г.Т. Селянинова, Р.Э. Давида, Ф.Ф. Давитая, И.А. Гольцберг, А.И. Кайгородова, С.А. Сапожниковой, А.А. Григорьева ознаменовали становление отечественной климатологии и агрометеорологии. В 1950–1980-е гг. благодаря исследованиям П.И. Колоскова, А.Н. Ракитникова, Б.П. Алисова, А.Х. Шкляра, Л.Н. Бабушкина, Д.И. Шашко, З.А. Мищенко, Т.Г. Берлянд, М.И. Будыко и др. совершенствовалось прикладное направление данных наук (оценка сельскохозяйственного бонитета климата общая и для отдельных сельскохозяйственных культур, определение мер по борьбе с неблагоприятными погодными явлениями в сельском хозяйстве, изучение микроклимата и др.), а климатическое и агроклиматическое районирование СССР приобрело законченный вид [3, 4].

В настоящее время в климатологии при оценке климата используются средние значения его характеристик за 30 лет. Именно такая длительность базового периода для расчета средних многолетних значений климатических характеристик рекомендована в климатологии Всемирной метеорологической организацией [5]. На данный момент в России и Казахстане не представлено ни одной новой карты агроклиматических областей (включая «Национальный атлас России», 2007 г.) или любой климатической карты, отражающей современный климат (1990–2010-е гг.). Таким образом, с момента опубликования карт, изданных в советское время, прошло почти два полных базовых периода (60 лет) средних значений климатических параметров.

Стоит отметить, что в последние годы выполнены региональные исследования, в частности по Белгородской, Псковской, Калининградской, Саратовской областям, Краснодарскому краю, юго-востоку Западной Сибири, Тыве, Хабаровскому краю, северным областям Казахстана, Алма-Атинской области и др., результаты которых указывают на необходимость пересмотра климатического районирования [6–16].

В 2016 г. Росгидрометом было опубликовано более обширное исследование по данной теме [17]. По его итогам констатировалось повышение ΣT_{10} с 1991 по 2015 г. до 240 °С в Центральном федеральном округе (ЦФО) по сравнению с 1966–1990 гг., увеличение безморозного периода, уменьшение суммы отрицательных температур на 150–200 °С, возрастание частоты рисков засух в конце вегетационного периода в разных областях. Кроме того, приведен пример смещения района выращивания некоторых сельскохозяйственных культур, в частности отмечено, что выращивание подсолнечника в Рязанской и Орловской областях рентабельно, улучшилось состояние озимых культур. Однако объектом исследования в данной работе служили лишь две трети территории европейской части России (пусть и важнейших сельскохозяйственных районов), а предмет исследования сводился к доказательству факта потепления в Центральном, Приволжском и Южном федеральных округах путем инструментальных наблюдений, его влиянию на растениеводство и к мониторингу засух.

В Казахстане в 2015–2017 гг. при Казгидромете создавался новый климатический атлас, но он охватывал лишь северные области страны [15]. Иные крупные исследования в области климатологии и агрометеорологии, выполненные в текущем десятилетии (В.М. Катцов, Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова,

П.В. Дружинин, Я.В. Донченко, А.И. Анисимов, В.Г. Сиротенко, В.Н. Павлова и др.), посвящены актуальным темам моделирования изменений климата в средне- и долгосрочной перспективах и адаптации сельского хозяйства к ним. Тем не менее вопрос проявления отмечающегося с 1980-х гг. потепления климата на примере смещения границ агроклиматических поясов мало освещается и там.

В то время как в России и Казахстане вопрос обновления всех климатических карт на федеральном (государственном) уровне остается открытым, белорусские климатологи уже провели подобную работу. Так, в 2004 г. климатологи Беларуси во главе с В.И. Мельником разработали новую карту



Агроклиматический пояс		Сумма активных температур, °С	Характерный набор сельхозкультур
Холодный		Менее 400	Растениеводство только в закрытом грунте
		400–1000	Редис, салат, шпинат, лук, очаговое земледелие
Умеренный		1000–1600	Рожь, овес, ячмень, лен-долгунец, зернобобовые, картофель, овощи
		1600–2200	Пшеница, зернобобовые, картофель, овощи, кукуруза на силос
		2200–2800	Кукуруза, сахарная свекла, подсолнечник, соя, зерновые, садоводство
		2800–3400	Кукуруза, подсолнечник, соя, рис, зерновые, бахчевые, садоводство, виноградарство
		3400–4000	Кукуруза, подсолнечник, соя, рис, зерновые, бахчевые, садоводство, виноградарство, местами однолетние субтропические культуры
Субтропический		Более 4000	Однолетние и многолетние субтропические культуры: чай, цитрусовые, хлопчатник, бахчевые
		Резкая смена поясов теплообеспеченности в горах	Набор сельхозкультур зависит от высоты и экспозиции склонов

Рис. 1. Агроклиматические пояса (по ΣT_{10}) России в официальных редакциях с 1960-х гг. по настоящее время [19], м-б 1:65 000 000.

агроклиматического районирования Республики Беларусь по ΣT_{10} за период 1989–2004 гг. Она показала существенное повышение ΣT_{10} по сравнению со старой картой агроклиматического районирования 1973 г. (по А.Х. Шкляру). В 2016 г. было проведено очередное уточнение границ агроклиматических областей с увеличением периода их вычисления до 1989–2015 гг. и обновлены многолетние нормы других характеристик климата. На их основе были скорректированы сроки посевных кампаний в государственных сельскохозяйственных организациях. Карта в редакции 2016 г. была включена в Стратегию адаптации сельского хозяйства Республики Беларусь к изменению климата (2017 г.), где на ее основе выполнено моделирование изменения границ агроклиматических областей до 2060-х гг. [18].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В связи с тем что обновленная официальная карта агроклиматических ресурсов России и Казахстана еще не создана, нами было принято решение провести собственное исследование по оценке агроклиматических ресурсов данной территории. В его основу положен расчет ΣT_{10} по 250 метеостанциям России и Казахстана за период с 2001 по 2018 г. Данной выборки достаточно для определения точных границ агроклиматических поясов, по крайней мере, на европейской части России и с большей погрешностью — на восточной. Для уточнения географического положения изолиний вдоль западных границ России и южных границ Казахстана были использованы данные наблюдений на метеостанциях населенных пунктов соседних государств: Бишкек, Ташкент, Чимбай, Харьков, Киев, Гомель, Витебск, Вильнюс и т. д. В итоге общее количество метеостанций, включенных в исследование, возросло до 270. Кроме того, для более объективного сравнения карта агроклиматических поясов советского периода (в урезанном виде, только по одному параметру — ΣT_{10}) была воспроизведена с аналогичным графическим обозначением поясов и условными знаками [19] (рис. 1, 2).

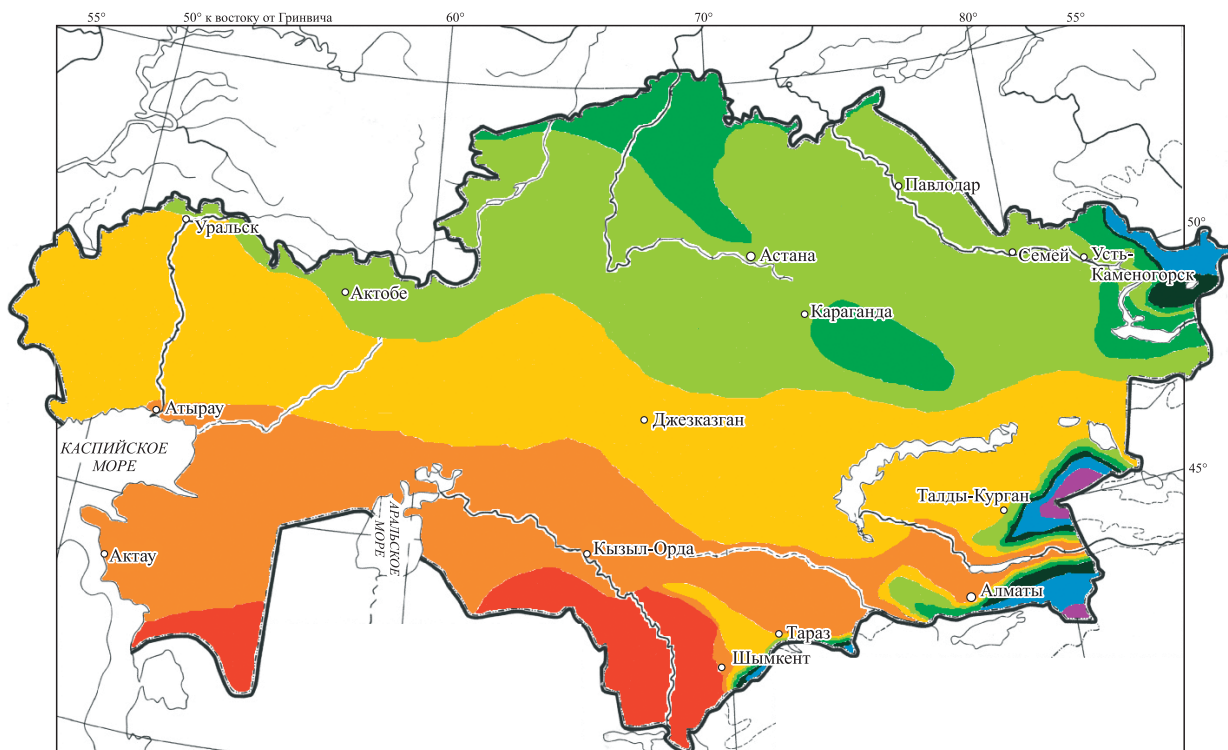


Рис. 2. Агроклиматические пояса (по ΣT_{10}) Казахстана в официальных редакциях с 1960-х гг. по настоящее время [19], м-б 1:8 500 000. Обозн. см. рис. 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Расчет ΣT_{10} за 2001–2018 гг. выявил значительное смещение агроклиматических поясов к полюсам (до 3–5° географической широты и более). Северная граница земледелия на европейской части стала проходить через проливы Карские Ворота и Маточкин Шар между островами Новой Земли и материком, затрагивая Югорский полуостров, в то время как в середине XX в. все побережье Баренцева моря находилось за изолинией 400 °С. За Уралом границы самого холодного пояса тоже сместились на 1–2° широты на север.

Агроклиматический пояс со значениями ΣT_{10} 400–1000 °С. На европейской части России он сохранился лишь на крайнем севере Кольского полуострова, и до Енисея его южная граница проходит по Северному полярному кругу; в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке — только в высокогорьях. За современный период его границы существенно изменились лишь на Кольском полуострове и в Западной Сибири.

Наиболее холодный агроклиматический пояс умеренной климатической зоны (ΣT_{10} 1000–1600 °С). В европейской части он сместился на север от 300 км на западе до 500 км в Предуралье. В Западной Сибири он стал проходить севернее линии Ханты-Мансийск–Подкаменная Тунгуска. Восточнее этот агроклиматический пояс почти исчез и был выявлен лишь в равнинной части полуострова Камчатка и на юге Среднесибирского плоскогорья.

Агроклиматический пояс со значениями ΣT_{10} 1600–2200 °С. Данный пояс по площади увеличился приблизительно вдвое. В центре Европейской России он сместился на север до 600–700 км, восточнее — стал занимать половину Западной Сибири, бассейн Ангары, Прибайкалье и Забайкалье, большую часть Центрально-Якутской равнины (ранее находившуюся в поясе с ΣT_{10} 1000–1600 °С).

Агроклиматический пояс со значениями ΣT_{10} 2200–2800 °С. Здесь произошли такие же существенные изменения, как и в рассмотренном выше. Например, на меридиане, проходящем через Москву, его северная граница фактически стала проходить через Ярославль, согласно же старым картам, она проходила в 400 км к югу от столицы. Восточнее данный пояс охватывает юг Западной Сибири, крайний юг Забайкалья, бассейны рек Амур и Усури.

Агроклиматический пояс с ΣT_{10} 2800–3400 °С. Данный пояс представлен только в Ростовской области и Нижнем Поволжье, но, по результатам исследования, сейчас он сместился уже в Центральное Черноземье, Среднее Поволжье, на Южный Урал и отдельные участки Приханкайской низменности.

Самый теплый пояс умеренного климата (ΣT_{10} 3400–4000 °С). Он поднялся на север до широты Волгограда, хотя раньше отмечался лишь в бассейне Кубани, в Калмыкии и Астрахани.

Границей умеренного и субтропического климата принято считать ΣT_{10} более 4000 °С или 3600 °С (если средний многолетний минимум температуры в холодное время года не ниже –10 °С). До сих пор было принято выделять российские субтропики в узкой полосе от Туапсе до Сочи и иногда на южном побережье Крыма, но, судя по полученным в ходе данного исследования данным, северная граница субтропического пояса стала включать большую часть Краснодарского, отдельные районы Ставропольского края и все побережье Каспийского моря до дельты Волги. Однако «новые субтропики» следует отнести не к субтропическому средиземноморскому климату, как на Черноморском побережье, а к континентальному, имеющему сходство с климатом Азербайджана, Узбекистана или Туркмении (рис. 3).

Идентичным образом изменились границы поясов и в Казахстане. За 50 лет полностью исчез агроклиматический пояс с ΣT_{10} 1600–2200 °С (кроме средне- и высокогорий). Примерно на половине площади страны (ранее около четверти) ΣT_{10} превышает 3400 °С. Пояс с ΣT_{10} более 4000 °С занимает весь бассейн Сырдарьи, долину р. Или, почти все побережье Каспийского и Аральского морей [20, 21] (рис. 4).

Приведенные нами результаты нельзя назвать неожиданными. Известно, что в 2005 г. Росгидрометом был подготовлен «Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010–2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России» [22]. В частности, в нем указывалось, что к середине 2010-х гг. кукурузу на зерно и подсолнечник будет экономически выгодно выращивать до линии Москва–Челябинск, южнее Ростова-на-Дону возникнет зона субтропического земледелия. Ханты-Мансийск, города вдоль БАМа, юг Якутии, Сахалин выйдут из зоны Крайнего Севера ($\Sigma T_{10} > 1600$ °С). Пригодным для земледелия должно стать побережье Белого моря, возможно учащение стихийных бедствий — паводков, лесных пожаров, усиление процессов опустынивания земель вдоль границы с Казахстаном [22, 23]. Таким образом, результаты нашего исследования в основном подтвердили прогноз Росгидромета о повышении $\Sigma T > 10$ °С (в среднем на 350–400 °С за 50 лет) из-за потепления климата, хотя на севере и юге Европейской России, в Западной Сибири и на юге Дальнего Востока восходящий тренд ΣT_{10} оказался меньшим, чем предполагалось.

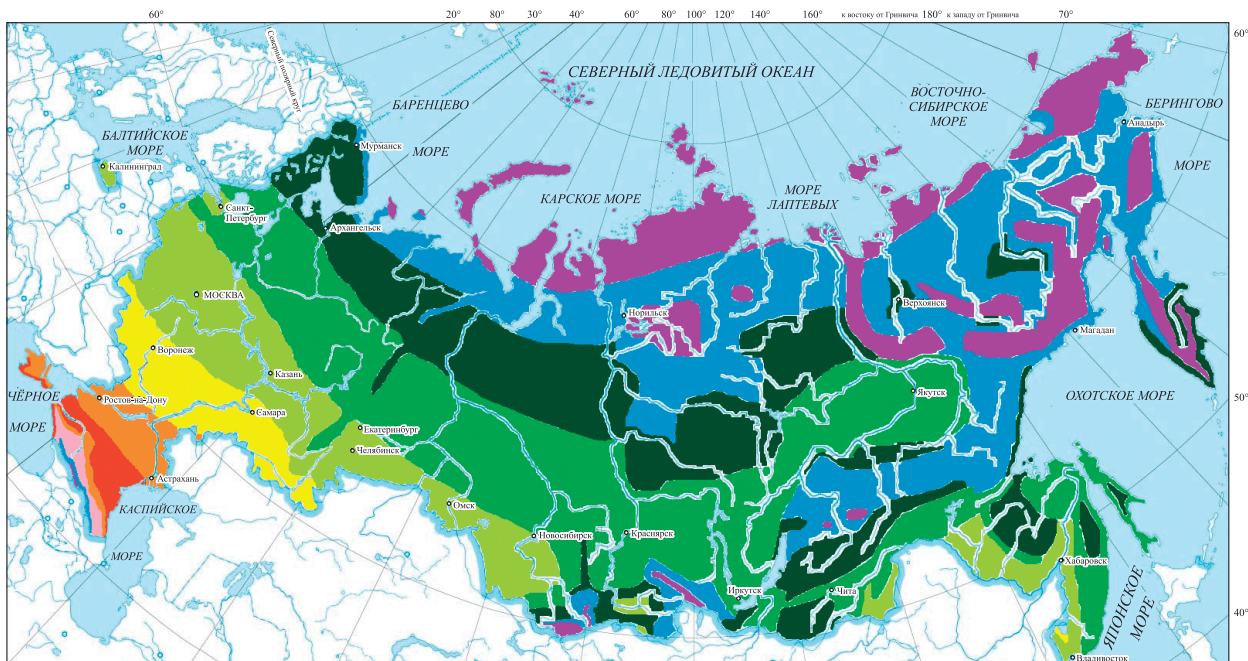


Рис. 3. Агроклиматические пояса (по ΣT_{10}) России за период 2001–2018 гг., м-б 1:65 000 000. Картограмма составлена Д.Э. Мингалёвым на основании данных [21]. Обозн. см. рис. 1.

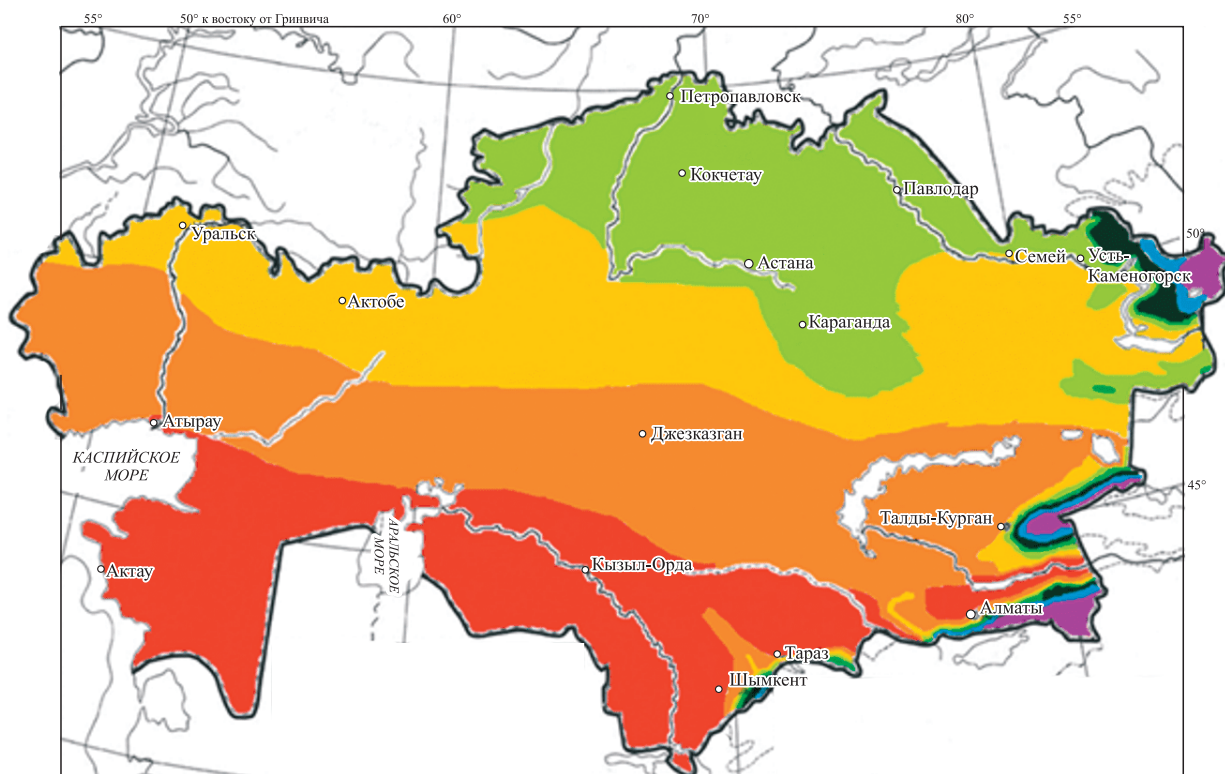


Рис. 4. Агроклиматические пояса (по ΣT_{10}) Казахстана за период 2001–2018 гг., м-б 1:8 500 000. Картограмма составлена Д.Э. Мингалёвым на основании данных [21]. Обозн. см. рис. 1.

Наиболее спорным выводом исследования является резкое расширение пояса субтропического климата. Действительно, вопрос выделения субтропического пояса в таких широких границах лишь по одной сумме активных температур остается открытым. С одной стороны, мы уже можем уверенно включать в субтропический климатический пояс (пусть и разных типов данного климата) такие города, как Краснодар, Махачкала, Актау, и южные районы Калмыкии по причине отсутствия здесь устойчивых отрицательных температур зимой (средняя температура января близка к 0 °С) и среднегодовой температуры 12–14 °С. Однако Приаралье со средними температурами января $-5\div-10$ °С и абсолютными минимумами $-30\div-35$ °С нельзя однозначно отнести к субтропическому климатическому поясу, хотя по $\Sigma T > 10$ °С, режиму выпадения осадков (весенний и осенний максимумы), температуре теплого сезона (апрель–сентябрь), продолжительности лета и суммарной солнечной радиации он уже соответствует им.

С другой стороны, низкие зимние температуры в пустынном типе субтропического климата вполне уместны. Так, В.П. Кеппен допускал понижение средней температуры января до -3 °С (граница устойчивого снежного покрова) [24]. Еще в 1950-е гг. Г.Т. Селянинов причислял к субтропическому поясу почти всю Среднюю Азию, в том числе южное побережье Аральского моря, где средняя температура января была ниже -5 °С, ибо в условиях континентального климата дневная температура обычно поднимается выше 0 °С [25]. В советских изданиях атласов агроклиматических ресурсов мира и Азии северная граница субтропического климата (в центральной части материка) местами также охватывает территории с изотермами самого холодного месяца ниже -5 °С. Однако в любом случае отрицательные среднемесячные температуры самого холодного месяца в году оказываются сильным лимитирующим фактором в распространении многолетних субтропических культур.

Кроме того, представленное агроклиматическое районирование является неполным вследствие отсутствия показателей увлажнения. Предварительные расчеты (при меньшей выборке метеостанций по сравнению с ΣT_{10}) по результатам вычисления гидротермического коэффициента Селянинова показывают разнонаправленные тенденции данного параметра климата почти повсеместно, однако объем выборки все же недостаточен, чтобы без значительной погрешности воспроизвести полученные результаты на картосхеме.

Несмотря на указанные проблемы, смещение границ агроклиматических поясов является свершившимся фактом, заметно влияющим на сроки наступления фенологических сезонов, урожайность, набор сельхозкультур и состояние животноводства. К тому же все новейшие российские климатические модели предполагают более или менее сильное потепление климата в ближайшие десятки лет [26]. Этот тренд важно учитывать при принятии управленческих решений: необходимо пересмотреть нормы строительной климатологии, расходы на природоохранные мероприятия, сроки посевных кампаний в государственных агрофирмах, специализацию животноводства и растениеводства, границы зоны Крайнего Севера и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты многочисленных исследований по отдельным субъектам и географическим районам России и Казахстана показывают как наблюдаемое повышение температуры, так и изменение режима осадков и смещение поясов теплообеспеченности в значениях, достаточных для обоснования необходимости обновления климатического районирования. В частности, выявлено значимое изменение границ агроклиматических поясов в обеих исследуемых странах, причем на некоторых территориях (европейская часть России) они сместились на $5\text{--}6^\circ$ широты к северу. Субтропический пояс вышел за пределы Черноморского побережья Кавказа, южной окраины плато Устюрт, линии Туркестан–Шардара, и теперь его северная граница проходит в среднем по 46° с. ш. Наибольший абсолютный прирост $\Sigma T > 10$ °С наблюдается на севере Дальнего Востока, Камчатке, в Приаралье и бассейне Сырдарьи (до 600 °С за 50 лет). Вышеизложенные результаты для территории России оказались близки к оценкам Росгидромета в плане повышения обеспеченности растениеводства теплом и смещения южной границы районов Крайнего Севера [22].

Исследования ученых Беларуси и отчасти Казахстана в сфере агроклиматического обеспечения экономики подтверждают необходимость создания новых климатических / агроклиматических карт (не только по ΣT_{10} , но и по иным параметрам) в России с привлечением РАН, Росгидромета, а также Министерства сельского хозяйства. Рекомендуемый временной промежуток в 30 лет позволит получить достоверную информацию о климате и агроклиматических ресурсах не только за новейший этап его потепления, но и за весь постсоветский период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зойдзе Е.К., Хомякова Т.В., Шостак З.А., Сиротенко В.Г., Овчаренко Л.И., Сухарева В.А. О проблеме адекватного агроклиматического обеспечения экономики Российской Федерации в условиях изменения климата // Метеорология и гидрология. — 2010. — № 8. — С. 73–86.
2. **Агроклиматические ресурсы Акмолинской области: науч.-приклад. справочник /** Под ред. С.С. Байшоланова. — Астана: Министерство образования и науки Республики Казахстан, 2017. — 133 с.
3. **Шашко Д.И.** Агроклиматическое районирование СССР. — М.: Колос, 1967. — 335 с.
4. **Мищенко З.А.** Агроклиматология. — Одесса: Изд-во Одес. экол. ун-та, 2006. — 540 с.
5. **Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм.** — 2017. — № 1203 [Электронный ресурс]. — http://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4168 (дата обращения 20.12.2019).
6. **Лебедева М.Г., Крымская О.В., Чендев Ю.Г.** Агроклиматические ресурсы Белгородской области в начале XXI века // Достижения науки и техники АПК. — 2016. — Т. 30, № 10. — С. 71–76.
7. **Мингалёв Д.Э.** Региональные аспекты глобального потепления климата (на примере Псковской области): Материалы Междунар. конф. «Проблемы устойчивости эколого-хозяйственных и социально-культурных систем трансграничных регионов». — Псков: Изд-во Псков. ун-та, 2014. — С. 177–196.
8. **Корнышев Д.С.** Тенденции изменения температурного режима территории и стратегия сельскохозяйственного производства // Изв. Великолук. сельскохоз. академии. — 2015. — № 2. — С. 8–14.
9. **Наумов В.А., Ахмедова Н.Р.** Изменение продолжительности периода вегетации и суммы активных температур в Калининградской области за последние десять лет // Изв. Калинингр. техн. ун-та. — 2016. — № 42. — С. 175–184.
10. **Левецкая Н.Г., Демакина И.И.** Современные изменения климата Саратовской области и стратегия адаптации к ним селекции и агротехнологий // Успехи современного естествознания. — 2019. — № 10. — С. 7–12.
11. **Марморштейн А.А.** Современные изменения показателей теплообеспеченности на территории Краснодарского края // Научный альманах. — 2017. — № 1–3 (27). — С. 335–338.
12. **Поляков Д.В.** Современные изменения агроклиматических ресурсов на территории юго-востока Западной Сибири: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — Томск, 2015. — 24 с.
13. **Куулар Х.Б.** Региональные климатические изменения в Республике Тыва // ИнтерКарто/ИнтерГИС: Материалы междунар. конференции. — 2017. — Т. 23, ч. 1. — С. 205–209.
14. **Новороцкий П.В.** Климатические изменения в южных районах Хабаровского края и Еврейской автономной области // Проблемы региональной экологии. — 2013. — № 3. — С. 16–22.
15. **Байшоланов С.С., Павлова В.Н., Жакиева А.Р., Чернов Д.А., Габбасова М.С.** Агроклиматические ресурсы Северного Казахстана // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. — 2018. — № 1 (367). — С. 168–184.
16. **Атоянц В.** Климат Алматы приобретает черты субтропического // Tengrinews.kz [Электронный ресурс]. — https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/klimat-almaty-priobretayet-cherty-subtropicheskogo-ekspert-297166/ (дата обращения 10.01.2020).
17. **Вильфанд Р.М., Страшная А.И., Береза О.В.** О динамике агроклиматических показателей условий сева, зимовки и формирования урожая основных зерновых культур // Труды Гидрометеорол. науч.-исслед. центра РФ. — 2016. — № 360. — С. 45–78.
18. **Мельник В.И., Яцухно В.М., Денисов Н., Николаева Л., Фалалеева М.** Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата (7-е заседание Межведомственной рабочей группы по проблемам изменения климата). — Минск, 2016. — 27 с.
19. **Географический атлас для учителей средней школы.** 4-е изд. / Под ред. Л.Н. Колосовой. — М.: ГУГК, 1982. — 238 с.
20. **Архив температуры и осадков по городам России и СНГ за XX век и 2001–2005 годы** [Электронный ресурс]. — <http://thermograph.ru> (дата обращения 14.01.2020).
21. **Климатический монитор городов России.** [Электронный ресурс]. — <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php> (дата обращения 16.01.2020).
22. **Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010–2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России.** — М.: Росгидромет, 2005. — 29 с.
23. **Ранкс К.** Пустыня Россия. — М.: Эксмо, 2011. — 224 с. (Сер. Тайны нашей планеты).
24. **Körpen W.P.** Klassifikation der Klimatenach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Classification of climates according to temperature, precipitation and seasonal cycle) // Petermanns Geographische Mitteilungen. — 1918. — N 64. — S. 193–203.
25. **Зона пустынь умеренного пояса** [Электронный ресурс]. — <http://www.geo-site.ru/index.php/2011-01-09-16-50-20/127-2011-09-23-19-46-52/657-ympystyna.html> (дата обращения 13.01.2020).
26. **Изменения климата России в XXI веке (модели СМIP5)** [Электронный ресурс]. — http://voeikovmgo.ru/?option=com_content&view=article&id=613&Itemid=236&lang=ru (дата обращения 24.03.2019).

Поступила в редакцию 31.05.2019

После доработки 21.08.2020

Принята к публикации 25.12.2020