

## СТАТЬИ

УДК 551.583

DOI 10.17513/use.38328

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ В СОВРЕМЕННЫЙ КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПЕРИОД****Вологжина С.Ж., Гекова А.В., Латышева И.В., Лощенко К.А.***ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Иркутск,  
e-mail: svologzhina@gmail.com, gekova00@bk.ru, ababab1967@mail.ru, loshchenko@bk.ru*

Цель исследования – изучение климатических особенностей температурного режима воздуха и поверхности почвы, которые являются одними из основных климатических показателей, определяющих современное экологическое состояние территории Иркутской области в условиях высоких темпов антропогенного воздействия и изменений климата. На основе данных 63 метеорологических станций впервые выполнено картирование территории Иркутской области по среднегодовым значениям температуры воздуха и температуры поверхности почвы в период современной климатической нормы (1991–2020 гг.) по сравнению с предшествующим климатическим периодом (1961–1990 гг.). В работе были использованы как данные непосредственных наблюдений на станциях, так и данные архивной базы Реанализов. Проанализированы межгодовые вариации температур и выявлены сезонные и пространственные особенности температурного режима, которые характеризуются преобладающими тенденциями роста температур. Проведен статистический анализ интенсивности городского острова тепла (на примере станций Иркутск и Хомутово) и термического влияния оз. Байкал на побережье (по данным станций Исток Ангары и Хомутово). Получено, что в распределении средних температур воздуха по территории Иркутской области наряду с зональностью хорошо прослеживается региональность (секторность), которая обусловлена влиянием адвекции теплых и холодных воздушных масс при развитии циклонической деятельности на фоне неоднородного рельефа. Полученные результаты имеют важное практическое и экологическое значение для разработки стратегии адаптации и траектории развития экономики Иркутской области в условиях возросших темпов изменений климата.

**Ключевые слова:** климат, температура почвы, температура воздуха, годовые амплитуды температуры, зональность, острова тепла, термическое влияние, Иркутская область

**SPATIO-TEMPORAL AND GEOECOLOGICAL FEATURES OF THE TEMPERATURE REGIME IN IRKUTSK REGION IN THE MODERN CLIMATIC PERIOD****Vologzhina S.Zh., Gekova A.V., Latysheva I.V., Loschenko K.A.***Irkutsk State University, Irkutsk, e-mail: svologzhina@gmail.com,  
gekova00@bk.ru, ababab1967@mail.ru, loshchenko@bk.ru*

The study aims to study climatic characteristics of temperature regime of air and soil surface, which are one of the main climatic indicators, determining the modern ecological state of the territory of Irkutsk region under conditions of high rates of anthropogenic impact and climate change. Based on the data from 63 meteorological stations, for the first time a map of the territory of the Irkutsk region was made according to the annual average values of air temperature and soil surface temperature during the period of the current climatic norm (1991–2020) compared to the previous climatic period (1961–1990). The work was based on direct observations at stations and data from the archive database of Reanalyses. Inter-annual temperature variations were analyzed and seasonal and spatial characteristics of the temperature regime, which are characterized by prevailing temperature rise trends, were identified. Statistical analysis of the intensity of the urban heat island (in the case of the Irkutsk and Khomutovo stations) and the thermal impact of Lake Baikal on the coast (according to the data of the Istok Angara and Khomutovo stations) was carried out. It was obtained that in the distribution of average air temperatures on the territory of Irkutsk region along with zonality, regional (sectority) is well traced, which is due to the influence of the advection of warm and cold air masses on the development of cyclone activity against the background of uneven terrain. The results have important practical and environmental significance for the development of an adaptation strategy and economic development trajectory in the Irkutsk region under conditions of increased climate change.

**Keywords:** climate, soil temperature, air temperature, annual temperature range, zonality, heat island, thermal influence, Irkutsk region

**Введение**

В настоящее время температура воздуха увеличилась в большинстве регионов мира, включая восточную часть Соединенных Штатов, Северную Европу, Западную Африку и Восточную Азию. В этой связи температура определяется как доминирующий фактор для описания современных измене-

ний климата [1]. Прогнозируемые в среднем от 3 до 7 °С на период 2071–2100 гг. по отношению к периоду 1971–2000 гг. потепление и изменение сумм атмосферных осадков могут негативно повлиять на экологические и социально-экономические системы различных регионов земного шара, включая Россию, где в настоящее время темпы роста

средних температур превышают глобальные изменения [2].

Иркутская область характеризуется высокой степенью континентальности климата и большой пространственно-временной изменчивостью метеорологических параметров. Эта изменчивость обусловлена влиянием неоднородного рельефа на развитие крупно- и мезомасштабных атмосферных процессов, что в итоге определяет высокую вероятность возникновения опасных погодных явлений. Среди метеорологических параметров слабо изучен климатический режим поверхности почвы и ее глубинных слоев [3].

В то же время нарастающие темпы потепления климата могут оказывать негативное воздействие на экологическое состояние Иркутской области, которая характеризуется одними из самых высоких показателей лесистости на территории России (~80%), где за последние десятилетия на фоне повышения температур происходит увеличение количества и площади распространения лесных пожаров [4]. Глобальные и региональные климатические факторы являются одной из причин возросшего числа наводнений, в том числе в Иркутской области [5]. В качестве примера можно привести катастрофическое тулунское наводнение в Иркутской области в июне 2019 г., когда в зону подтопления попало шесть административных районов, погибло 25 чел., пострадало 42762 чел., подтопленными оказались 107 населенных пунктов, почти 11 тыс. жилых домов, 49 участков дорог. Увеличение продолжительности периодов с положительными температурными аномалиями воздуха и почвы в летние месяцы определяет высокий риск возникновения засух, что негативно сказывается на развитии сельского хозяйства Иркутской области [6]. В условиях возрастающего антропогенного воздействия на водные объекты и меняющегося климата для устойчивого развития и экологической безопасности оз. Байкал актуальным является определение современного состояния ряда экологически значимых гидрометеорологических параметров [7].

В этой связи **целью исследования** является изучение современных климатических изменений температурного режима Иркутской области как одного из важнейших факторов, влияющих на развитие геоэкологических процессов. Температурный режим определяет вероятность возникновения опасных гидрометеорологических яв-

лений, таких как засухи и связанные с ними лесные пожары, увеличение количества наводнений на фоне более продолжительных и интенсивных осадков, ухудшение экологического состояния оз. Байкал и т.д.

#### **Материалы и методы исследования**

Исследование климатического режима проводилось как по данным непосредственных наблюдений на станциях, так и на основе архивной базы Реанализов. Были использованы данные 63 метеорологических станций, расположенных на территории Иркутской области. Основным методом исследования явился статистический анализ исходной гидрометеорологической информации за многолетний период и картирование на его основе территории Иркутской области по температурным показателям, рассчитанным для двух климатических периодов (1961–1990 гг. и 1991–2020 гг.). На примере лесных пожаров рассмотрено влияние климатических особенностей.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Распределение температуры воздуха и поверхности почвы по земному шару зависит от общих условий притока солнечной радиации по широтам (влияние широты местности), от распределения суши и моря, которые по-разному поглощают радиацию и по-разному нагреваются (влияние подстилающей поверхности), и от воздушных течений, переносящих воздух из одних областей в другие (влияние циркуляции атмосферы) [8].

В современный климатический период (1991–2020 гг.) по данным 63 метеорологических станций порядка 57% станций, расположенных преимущественно в северных, верхнеленских и высокогорных районах Иркутской области, имеют отрицательную среднюю годовую температуру поверхности почвы, а на 43% станций, расположенных в западных, южных районах области и на побережье оз. Байкал, средняя годовая температура положительная. В пространственном отношении выделяется зональность в распределении средних годовых температур поверхности почвы, которая характеризуется ее повышением от  $-8,3^{\circ}\text{C}$  на севере (Наканно) до  $2,8^{\circ}\text{C}$  на юге (Хужир), хотя частично нарушается понижением температур в высокогорных районах Восточного Саяна ( $-3,0^{\circ}\text{C}$ ) и Хамар-Дабана ( $-4,4^{\circ}\text{C}$ ) (рис. 1).

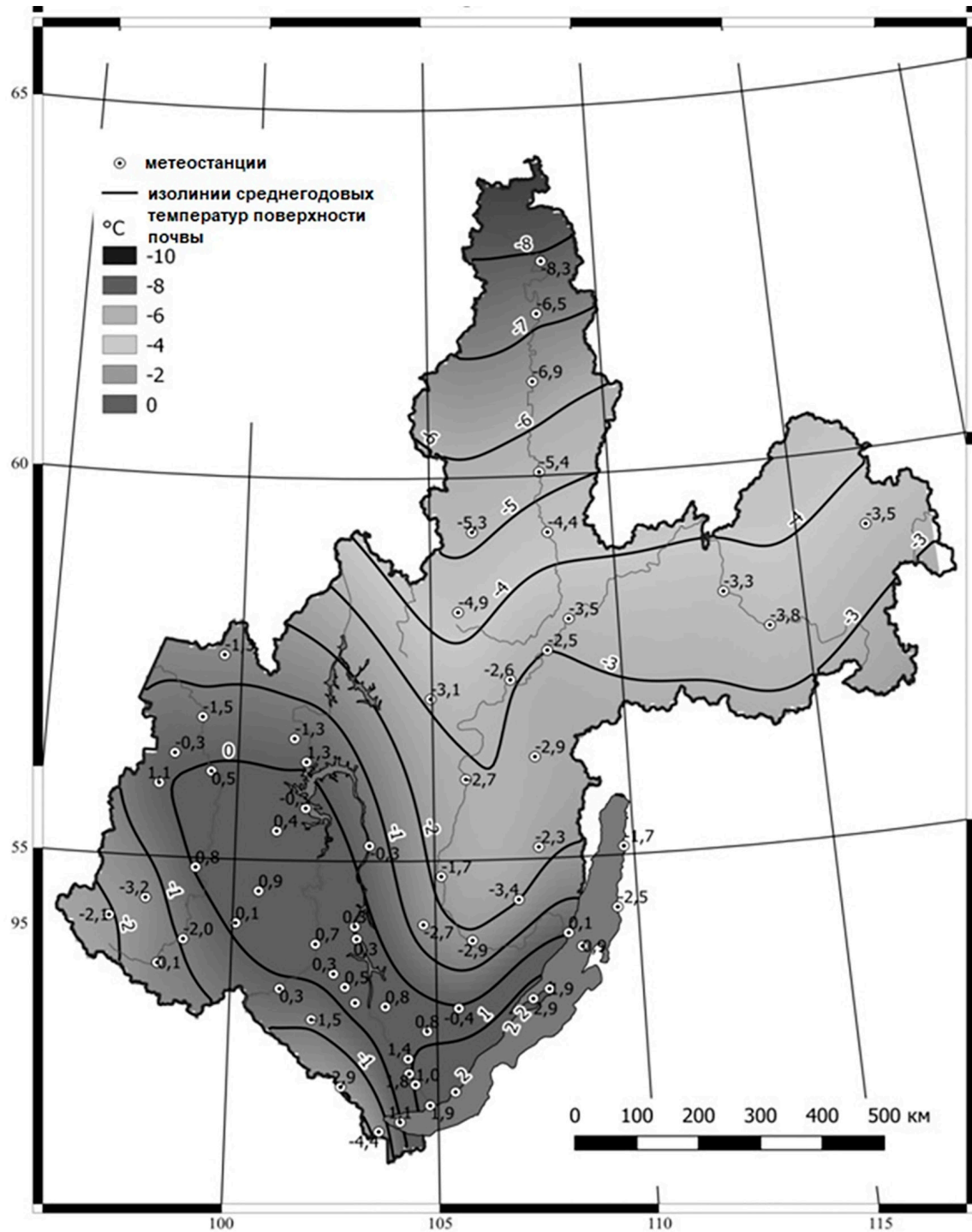


Рис. 1. Среднегодовые температуры поверхности почвы в Иркутской области по данным 63 метеорологических станций за 1991–2020 гг.

В течение года минимальные температуры поверхности почвы в Иркутской области отмечаются в январе за счет низкого прихода солнечной радиации и высокой отражательной способности снежного покрова на фоне господствующего влияния

Азиатского антициклона (рис. 2). С мая по сентябрь средняя температура поверхности почвы на всей территории области становится положительной, достигая максимума в июле, на фоне высоких значений прямой и рассеянной солнечной радиации.

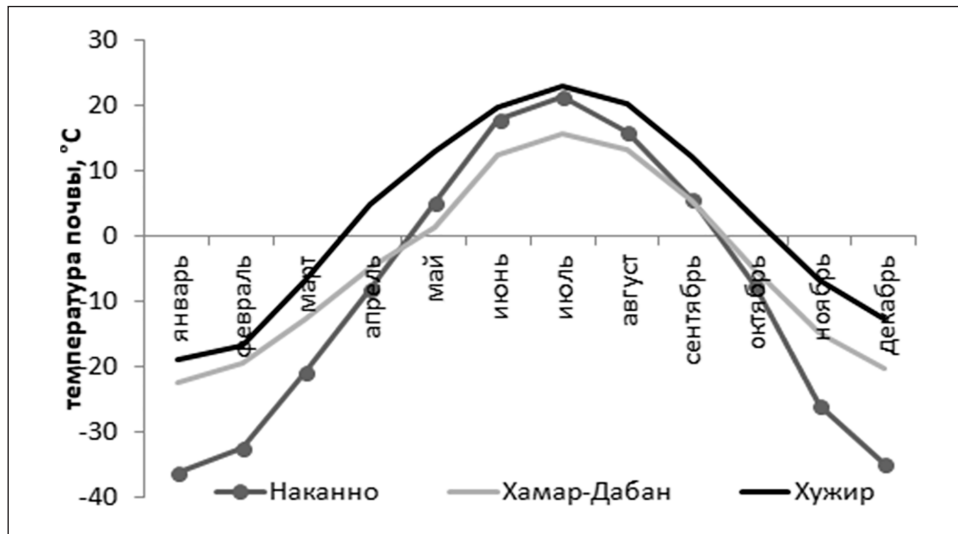


Рис. 2. Годовой ход средней месячной температуры поверхности почвы на метеорологических станциях Иркутской области в 1991–2020 гг.

Годовая амплитуда температуры поверхности почвы определяется разностью средних температур самого холодного месяца (январь) и самого теплого (июль). На ст. Алыгджер она изменяется от 37°C, в связи с обогревающим влиянием фенового эффекта в предгорьях Восточного Саяна. Такие же значения годовой амплитуды температуры поверхности почвы на метеорологических станциях Большой Ушканий и Исток Ангары, где сказывается обогревающее влияние оз. Байкал в холодный период года и охлаждающее в теплый. Максимальные перепады температур между зимним минимумом и летним максимумом отмечаются на северных станциях Наканно и Ербогачен (55–57°C).

Исследование температурного режима приземного слоя атмосферы на территории Иркутской области в период современной климатической нормы (1991–2020 гг.) было выполнено по данным 63 метеорологических станций. На большинстве из них (78%) средняя годовая температура воздуха отрицательная. В целом по территории области она варьирует от -7,3°C на самой северной станции Наканно до 1,4°C на южной ст. Иркутск – самый крупный промышленный центр области, где дополнительно сказывается влияние городского острова тепла. По сравнению с близлежащей станцией Хомутово средняя годовая температура воздуха в Иркутске выше на 1,8°C. В распределении средней годовой температуры воздуха прослеживается зональность, которая нарушается локальными очагами холода в Ка-

чугском районе, локальными очагами тепла на побережье оз. Байкал и на подветренных склонах Восточного Саяна (рис. 3).

В пространственном отношении наибольшие горизонтальные градиенты температуры воздуха между северными и южными районами Иркутской области отмечаются зимой (15–17°C), а наименьшие – летом, в июне и июле (1,5–2,0°C). Годовые амплитуды температуры воздуха, характеризующие континентальность климата, варьируют в среднем от 30°C на высокогорной станции Хамар-Дабан и байкальской ст. Исток Ангары до 50°C на севере области (Наканно). В Иркутске они составляют в среднем 37°C, что на 4°C ниже, чем в Хомутово.

Интенсивность городского острова тепла в крупном промышленном центре Иркутске, оцениваемая по разности температуры воздуха со ст. Хомутово, расположенной на удалении 25 км, достигает 4°C в январе и феврале в период господствующего влияния Азиатского антициклона. В летние месяцы температурные контрасты сглаживаются (рис. 4). Обогревающее влияние оз. Байкал, оцениваемое по разности температур прибрежной станции Исток Ангары в юго-западной оконечности озера и внутриконтинентальной станции Хомутово, расположенной в 77 км от побережья, сказывается в период с октября по март с наибольшими значениями (7°C) в декабре и январе. Охлаждающее влияние озера на прибрежные байкальские станции проявляется с апреля по сентябрь с наибольшими значениями (6°C) в июне.

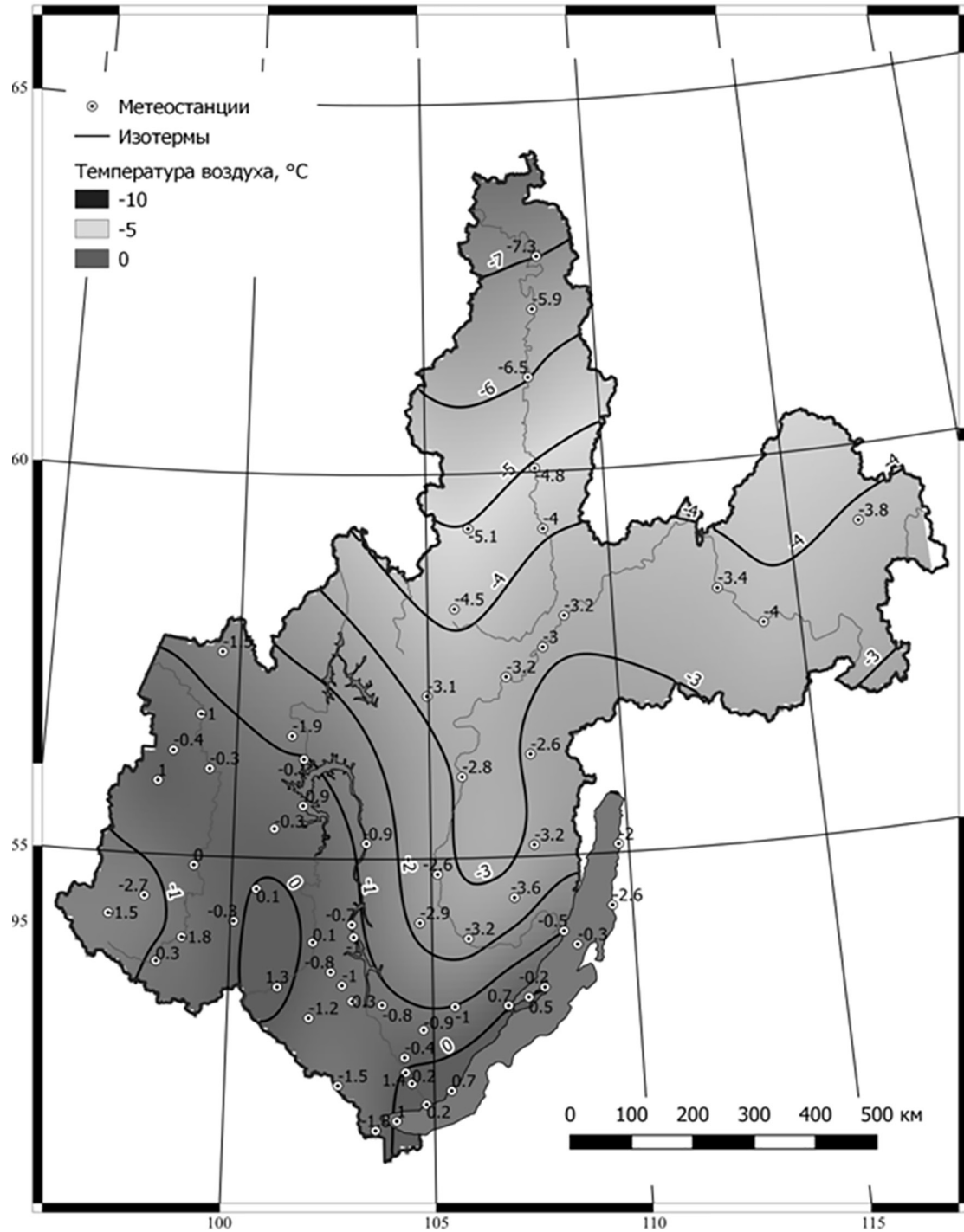


Рис. 3. Среднегодовые температуры воздуха в Иркутской области по данным 63 метеорологических станций за 1991–2020 гг.

Абсолютный минимум температуры воздуха в Иркутской области изменялся от  $-61,7^{\circ}\text{C}$  на ст. Хамакар Катангского района (15 января 1966 г.) до  $-35,7^{\circ}\text{C}$  на байкальской станции Большой Ушканий. Абсолютный максимум варьировал от  $42,8^{\circ}\text{C}$  на станции Выдрино-на-Чуне (28 июня

1979 г.) до  $28,9^{\circ}\text{C}$  на байкальской станции Большой Ушканий. В Иркутске абсолютный максимум составил  $37,2^{\circ}\text{C}$  24 июля 1915 г., а абсолютный минимум —  $-50,2^{\circ}\text{C}$  12 января 1915 г. Таким образом, перепады температур на территории Иркутской области составили  $104,5^{\circ}\text{C}$ .

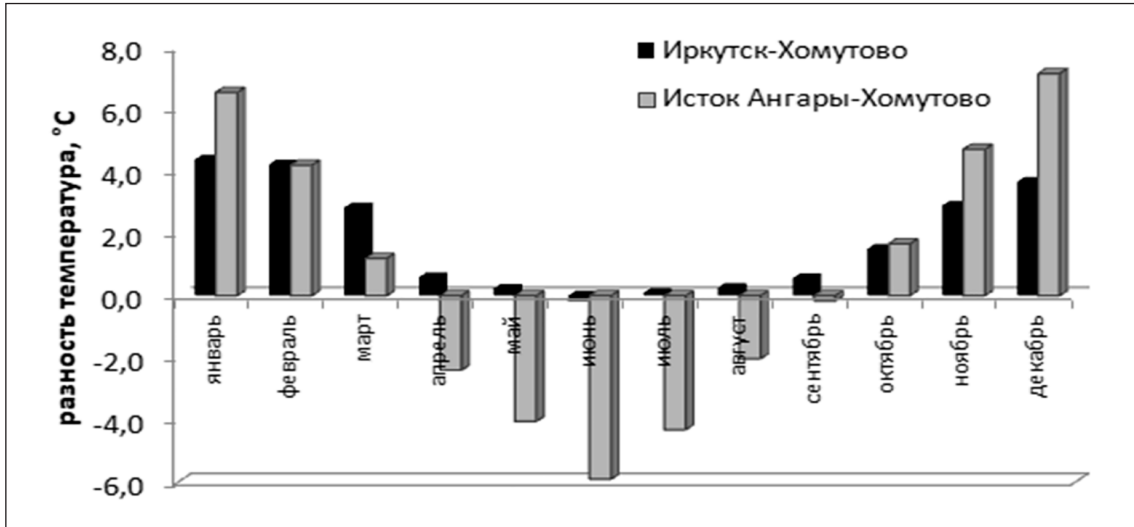


Рис. 4. Средние значения разности температуры воздуха (°C) между метеорологическими станциями Иркутской области в 1991–2020 гг.

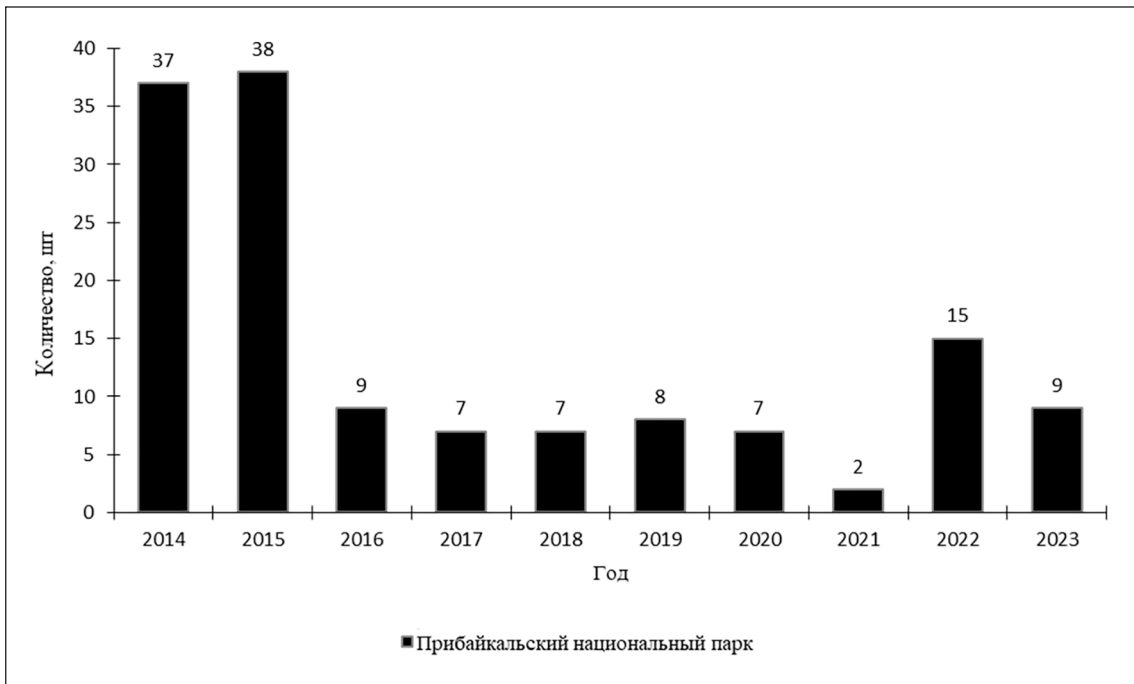


Рис. 5. Количество лесных пожаров на территории Прибайкальского национального парка за 2014–2023 гг.

Климатические особенности температурного режима воздуха и поверхности почвы оказывают значительное влияние на возникновение и распространение лесных пожаров. Также были проанализированы данные по лесным пожарам на территории Прибайкальского национального парка. В результате изучения лесопожарных данных на ООПТ можно сделать следующие

выводы, что количество и площадь лесных пожаров подвержены сильным колебаниям по годам (рис. 5). Сравнительный анализ характеристик лесных пожаров показал, что во вторую половину лета при выходе монгольских циклонов и по мере понижения температуры подстилающей поверхности число лесных пожаров постепенно уменьшалось.

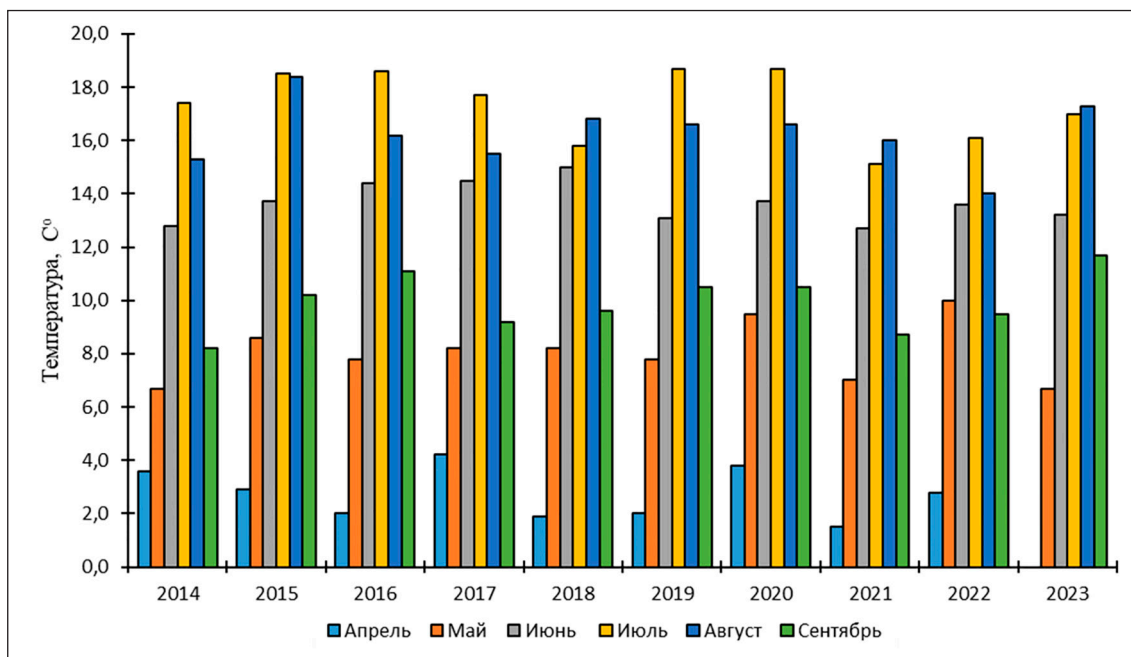


Рис. 6. Среднемесячная температура в п. Большое Голоустное по месяцам с 2014 по 2023 г.

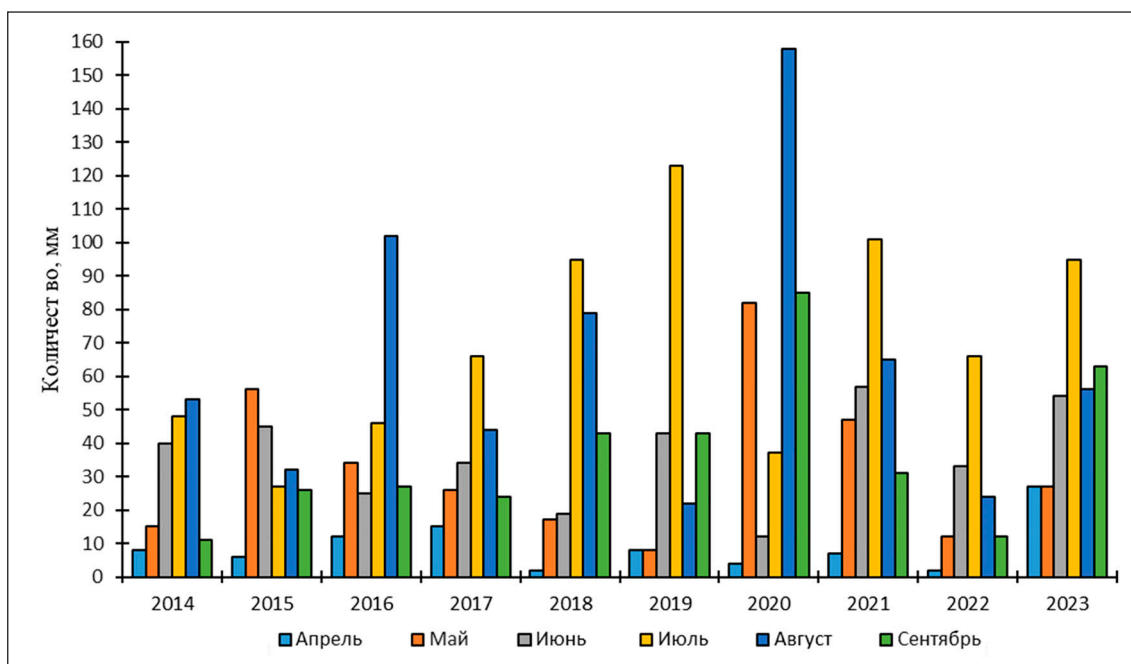


Рис. 7. Средняя сумма выпавших осадков в п. Большое Голоустное по месяцам с 2014 по 2023 г.

Эти колебания вызваны естественным циклическим характером лесных пожаров, обусловленных состоянием лесных горючих материалов, количеством влаги в них и неблагоприятными метеорологическими условиями, которые способствуют возникновению пожаров (рис. 6). Катастрофические летние пожары 2014, 2015 гг. объясняются тем, что причина установления вы-

сокого уровня горимости лесов сложилось в результате двух факторов экстремальных погодных условий (отсутствие дождей и высокая температура воздуха) (рис. 6, 7).

#### Заключение

Впервые для территории Иркутской области по данным действующей сети метеорологических станций получены кли-

матические характеристики температуры поверхности почвы и приземного слоя атмосферы в период новой климатической нормы (1991–2020 гг.). Выполнено картирование территории Иркутской области по новым климатическим нормам, которые учитываются в решении практических задач и научно-исследовательской деятельности, направленной на разработку оптимальных концепций развития регионов Иркутской области в условиях возросших темпов изменений климата.

Современные тенденции изменений климата Иркутской области характеризуются сохраняющимися высокими показателями континентальности климата и его пространственно-временной неоднородностью. Экстремальные характеристики климата Иркутской области, которые определяют условия жизнедеятельности человека и различных экосистем, развитие сельского хозяйства, экономики и транспорта, на поверхности почвы варьируют от максимальных отметок порядка 70 °С в лесостепной зоне Усть-Ордынского Бурятского округа до минимальных значений –68 °С в крайних северных районах области.

За последние тридцать лет на территории Иркутской области во всех районах, кроме Качугского, происходит повышение средней температуры поверхности почвы со скоростью от 0,1 °С за тридцатилетие на южной оконечности оз. Байкал до 1,7 °С в Черемховском районе, что определяет более продолжительный период вегетации растений, возможность возделывания более теплолюбивых культур, но в то же время увеличивает вероятность возникновения засух и лесных пожаров.

В распределении средних температур воздуха по территории Иркутской области аналогично поверхности почвы происходит потепление климата, которое наиболее выражено в конце зимы, что определяет снижение уровня энергопотребления в отопительный сезон, возможность обморожений, но увеличивает риск возникновения гололеда в период оттепелей и негативно сказывается на перезимовке озимых и садовых культур.

Влияние антропогенной нагрузки прослеживается в интенсивности городского острова тепла на примере крупного промышленного центра (Иркутск), которое максимальных значений (~ 4 °С) достигает в январе и феврале на фоне минимальных

температур в период господствующего влияния Азиатского антициклона и, как следствие, максимальных выбросов продуктов сгорания топлива в атмосферу, определяющих повышенный уровень загрязнения воздуха.

Значительное влияние на развитие лесных пожаров оказывает температурный режим воздуха и поверхности почвы.

Подводя итог, можно сказать, что для развития различных отраслей экономики исследование климатического режима очень важно. Климатические риски могут прямо или косвенно влиять на все субъекты экономики, например на развитие и распространение лесных пожаров. Изменения климата могут негативно повлиять на социально-экономическое развитие, продовольственную и энергетическую безопасность, качество жизни и др. Результаты этого исследования могут быть полезны для разработки стратегии адаптации и траектории развития общества и экономики в целом.

#### Список литературы

1. Chen L., Aalto J., Luoto M. Significant shallow–depth soil warming over Russia during the past 40 years // *Global and Planetary Change*. 2021. Vol. 197. P. 103394. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2020.103394.
2. Ozturk T., Turp M.T. Türkiye Projected changes in temperature and precipitation climatology of Central Asia CORDEX Region 8 by using RegCM4.3.5 Levent Kurnaz // *Atmospheric Research*. 2017. Vol. 183 (1). P. 296–307. DOI: 10.1016/j.atmosres.2016.09.008.
3. Трофимова И.Е. Особенности картографирования термического режима почв сложных в орографическом отношении территорий // *Геодезия и картография. Научно-технический и производственный журнал*. 2017. № 4. С. 26–31. DOI: 10.22389/0016-7126-2017-922-4-26-31.
4. Латышева И.В., Воложина С.Ж., Лощенко К.А. Циркуляционные факторы возникновения лесных пожаров на территории Сибири и Дальнего Востока летом 2019 и 2021 гг. // *Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле»*. 2021. Т. 38. С. 54–70. DOI: 10.26516/2073-3402.2021.38.54.
5. Слепнева Е.В., Парыгина Е.А., Кичигина Н.В. Генезис наводнений в Иркутской области. // *Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле»*. 2020. Т. 34. С. 96–112. DOI: 10.26516/2073-3402.2020.34.96.
6. Иванов Я.М., Полковская М.Н. Оптимизация структуры посевов с учетом изменчивости климатических параметров и биопродуктивности культур. Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, 2016. 150 с.
7. Сутырина Е.Н. Особенности температурного режима оз. Байкал по данным радиометра AVHRR // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2016. Т. 13, № 5. С. 121–130. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-5-121-130.
8. Мохов И.И. Взаимные изменения температуры и содержания аэрозоля в атмосфере по данным антарктических ледовых кернов для последних 800 тысяч лет // *Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия*. 2023. № 3. С. 2330903. DOI: 10.55959/MSU0579-9392.78.2330903.