

Научная статья

УДК 911.6

DOI: 10.21209/2227-9245-2024-30-2-8-20

Районирование территории Алтайского края
по степени проявления климатических рисков

Юрий Иванович Винокуров¹, Бэлла Александровна Красноярова²,
Наталья Федоровна Харламова³, Татьяна Геннадьевна Плуталова⁴,
Софья Николаевна Шарабарина⁵

^{1,2,4,5}Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук,
г. Барнаул, Россия;

³Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

¹vinokurov.ui@mail.ru ²bella250352@mail.ru, ³kharlamova.57@mail.ru, ⁴denisova_tg@mail.ru,

⁵sharabarinasof@gmail.com

Информация о статье

Поступила в редакцию
28.12.2023

Одобрена после
рецензирования 22.04.2024

Принята к публикации
20.05.2024

Ключевые слова:

районирование, изменение климата, негативные природные процессы, уровень опасности, климатические риски, термодинамические риски, гидрологические риски, адаптационные мероприятия, физико-географические провинции, Алтайский край

Изменение климата признано одним из глобальных вызовов устойчивому развитию общества. На решение задач адаптации к данным изменениям направлены усилия международного научного сообщества, политических структур, общественности. В Российской Федерации разработаны стратегические документы, определяющие основные направления действий по предупреждению негативных последствий изменения климата в разных отраслях экономики и адаптационные мероприятия к ним. К таким документам на региональном уровне относятся «Паспорта климатической безопасности», являющиеся информационно-аналитической основой для определения конкретных мер. В статье представлены отдельные результаты исследований, выполненных в Алтайском крае в 2023 г. Объект исследования – Алтайский край, который расположен на стыке Западно-Сибирской равнины и гор Южной Сибири. Цель исследования – разработка схемы районирования Алтайского края по степени проявления климатических рисков на основе оценки долгосрочных климатических изменений на территории региона. Для достижения указанной цели использованы методы ретроспективного анализа изменений термического режима и годового количества осадков за 1961–2020 гг., осуществлено прогнозирование данных изменений на 30-летний интервал (до 2050 г.). В основе районирования лежит методология физико-географического районирования. По результатам исследования на территории края выделены шесть природно-климатических районов с разным уровнем региональных последствий. Весьма напряжённая ситуация сложилась в Южно-Приалейском степном и Верхне-Обском лесостепном районах, где на фоне высоких термодинамических и гидрологических рисков наблюдается высокая концентрация населения и объектов экономической активности. Увеличенная степень опасности проявления термодинамических рисков характерна для Кулундинского степного района. Остальные районы отличаются умеренно опасным уровнем климатических рисков, главным образом за счёт наличия «горной составляющей» на их территории. Для каждого из источников риска названы отрасли экономики, наиболее подверженные воздействию рассматриваемых рисков, и основные направления адаптации к ним.

Благодарности: статья подготовлена по результатам исследований, выполненных в рамках госзаданий ИВЭП СО РАН № FUFZ-2021-0007, FUFZ-2021-0003 и Государственного контракта № 2022.5574 на выполнение работ по проведению научных исследований, направленных на разработку паспорта климатической безопасности Алтайского края

Zoning of the Altai Region Territory According to the Degree of Climate Risks

Yuriy I. Vinokurov¹, Bella A. Krasnoyarova²,
Nataliya F. Kharlamova³, Tatiana G. Plutalova⁴, Sofia N. Sharabarina⁵

^{1,2,4,5}Institute for Water and Environmental Problems Siberia Branch of the Russian Academy Sciences, Barnaul, Russia;

³Altai State University, Barnaul, Russia

¹vinokurov.ui@mail.ru, ²bella250352@mail.ru, ³kharlamova.57@mail.ru, ⁴denisova_tg@mail.ru,

⁵sharabarinasof@gmail.com

Information about the article

Received December 28, 2023

Approved after review
April 22, 2024

Accepted for publication
May 20, 2024

Keywords:

zoning, climate change, negative natural processes, level of danger, climatic risks, thermodynamic risks, hydrological risks, adaptation efforts, physiographical provinces, Altai Region Territory

Climate change is recognized as one of the global challenges to sustainable development of society. The efforts of the international scientific community, political structures, and society are aimed at solving the problems of adapting to these changes. The Russian Federation has developed strategic documents that define the main directions of action to prevent the negative consequences of climate change in various sectors of the economy and adaptation measures to them. Such documents at the regional level include "Climate Safety Passports", which are the information and analytical basis for determining specific measures. This article presents selected results of studies carried out in the Altai Region Territory in 2023. The object of study is the Altai Region Territory, located at the junction of the West Siberian Plain and the mountains of Southern Siberia. The purpose of the study is to develop a zoning scheme for the Altai Region Territory according to the degree of manifestation of climate risks based on an assessment of long-term climate changes in the region. Retrospective analysis methods of changes in the thermal regime and annual precipitation for the period 1961–2020 and forecasting these changes over a 30-year interval (until 2050) have been used to achieve this goal. Regionalization is based on the methodology of physical-geographical zoning. Based on the results of the study, six natural and climatic regions with different levels of regional consequences were identified on the territory of the Altai Region Territory. A very tense situation has developed in the South Aleisky steppe and Upper Ob forest-steppe regions having high concentration of population and objects of economic activity in conditions of high thermodynamic and hydrological risks. An increased degree of danger of thermodynamic risks is typical for the Kulunda steppe region. The remaining areas are characterized by a moderately dangerous level of climate risks, mainly due to the presence of a "mountain component" on their territory. For each source of risk, the sectors of the economy were determined which are most exposed to these risks. The main directions of adaptation to these risks are found.

Acknowledgements: *the article was prepared based on the results of research carried out within the framework of the state tasks of the Institute for Water and Environmental Problems Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences No. FUFZ-2021-0007, FUFZ-2021-0003 and the State Contract No. 2022.5574 for the performance of scientific research aimed at the development of the passport of climatic safety of the Altai Region Territory.*

Введение и актуальность исследования. К глобальным изменениям климата приковано пристальное внимание государственных органов власти, науки, общественности. Созданы специальные международные комиссии по изучению климатических процессов, подписаны межгосударственные соглашения [6; 14; 15].

В научных исследованиях по данному вопросу отсутствует однозначное мнение как с позиций направленности происходящих процессов (трендов, циклов), так и с точки зрения степени их проявления и воздействия на природную и социально-экономическую среду. Однако познание приведённых процессов крайне необходимо, в том числе для разработки и внедрения методов, приёмов адаптации природы и общества к ним.

В России рассматриваемому вопросу уделяется постоянное внимание [1; 7; 13]. На основании Приказа Министерства экономического развития РФ от 13 мая 2021 г.¹ разрабатываются «Паспорта климатической безопасности». Такой паспорт сформирован и для Алтайского края.

Анализ климатических рисков, характера их распространения и воздействия на население, экономику и природную среду свидетельствует об их широком распространении по всей территории Алтайского края, соот-

¹ Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата: приказ Минэкономразвития России: [от 13 мая 2021 г. № 267]. – URL: https://economy.gov.ru/material/dokumenty/prikaz_minekonomrazvitiya_rossii_ot_13_maya_2021_g_267.html (дата обращения: 20.11.2023). – Текст: электронный.

ветственно, требуется учёт данных факторов при разработке стратегических документов и направлений развития.

Объект исследования – Алтайский край, расположенный на стыке Западно-Сибирской равнины и гор Южной Сибири.

Предмет исследования – климатические изменения в пределах его территории и особенности их проявления в разных природно-хозяйственных условиях.

Цель исследования – разработка схемы районирования Алтайского края по степени проявления климатических рисков на основе оценки долгосрочных климатических изменений на территории Алтайского края за 1961–2020 гг. (общепринятый период регулярных наблюдений).

Задача исследования – актуализация природно-хозяйственного районирования в связи с наблюдаемыми климатическими изменениями, наличием факторов природного риска и интенсивностью их проявления, уровнем социально-экономического развития муниципальных образований.

Методология и методы исследования. Районирование территории по степени проявления климатических рисков (климатической безопасности) основано на методологии физико-географического районирования¹. Ретроспективная оценка изменений климатических параметров реализована за 1961–2020 гг. методами математической статистики и характеризуется величиной дисперсии в уравнениях распределения метеопараметров. В соответствии со степенью выраженности их изменений составлен прогноз на 30-летний интервал (до 2050 г.).

Результаты исследования. Расположение Алтайского края между 50 и 55° с. ш. обуславливает значительное количество возможной солнечной радиации (при ясном небе). Её максимальное количество – более 4 190 МДж/м²·год (100 ккал/см²·год) – наблюдается в районах Кулундинской равнины и на степных участках Приобского плато (в Алейске, Рубцовске) с уменьшением в районах ленточных боров и долины р. Оби, наветренных склонов Салаира и Алтая [4, 10]. С учётом потери тепла в форме отражённой радиации и эффективного излучения величина радиационного баланса в среднем за год является положительной и достигает 1047,5–1257 МДж/м²·год (25–30 ккал/см²·год). Изменения энергетических составляющих радиационного баланса территории края в течение

¹ Ландшафтная карта Алтайского края. Масштаб 1:500 000. – Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2016.

1961–2023 гг. находятся в пределах среднемноголетних показателей.

Наиболее тёплыми районами Алтайского края, годовые температуры воздуха которых превышают 2,5 °С, являются южные степные равнинные и низкогорно-предгорные районы. Среди них особо выделяются самый южный Угловский район ($T_{\text{год}}$ 3,7 °С) и низкогорно-предгорные территории Краснощековского ($T_{\text{год}}$ 3,4 °С), Алтайского, Смоленского районов (Белокуриха, $T_{\text{год}}$ 3,3 °С).

Северный Тальменский район закономерно отличается самыми низкими годовыми температурами воздуха вследствие более прохладного лета ($T_{\text{июл.}}$ 19,2 °С) и холодной зимы ($T_{\text{январ.}}$ -17,6 °С). Ещё более суровые условия зимнего сезона наблюдаются в Каменском районе ($T_{\text{январ.}}$ -17,7 °С), однако летний сезон здесь отличается высокими температурами воздуха ($T_{\text{июл.}}$ 20,0 °С). Особо следует отметить термический режим воздуха на территории Кулундинской равнины, где фиксируются холодная зима ($T_{\text{январ.}}$ -20,3 °С), жаркое лето ($T_{\text{июл.}}$ 21,6 °С) и формируется максимальная степень континентальности климата.

Абсолютный максимум температуры воздуха, составляющий +41 °С, наблюдался в Кулунде, Алейске, Рубцовске и Волчихе, +38,3 °С (в 2002 г.) – в Барнауле; +38,3 °С (в 2002 г.) и +38,9 °С (в 1992 г.) – в Бийске. Суммы активных температур воздуха выше 10 °С изменяются от 2400 °С в указанных районах до 1600 °С в лесном низкогорье Салаира и лесном среднегорье Алтая. По мере увеличения высоты суммы температур уменьшаются в среднем на 80–100 °С на каждые 100 м поднятия. На Коргонском хребте, высшей точкой которого является вершина Маяк Шангина (2490 м) на границе Чарышского района Алтайского края и Усть-Канского района Республики Алтай, температуры воздуха опускаются до максимально низких значений, что способствует сохранению небольших массивов современного оледенения [12].

В соответствии с данными всех метеостанций края в течение 1961–2020 гг. наблюдался процесс потепления климата, который продолжится ближайшие 30 лет при сохранении тенденций роста годового количества осадков [8]² с максимальными параметрами в пределах сухой степи, а к концу прогнозируемого периода (в 2021–2050 гг.) составит: Угловское – $T_{\text{год}}$ +1 °С/30 лет при увеличении осадков;

² Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – СПб.: Научноёмкие технологии, 2022. – 124 с.

Славгород – $T_{\text{год}} + 0,9 \text{ } ^\circ\text{C}/30 \text{ лет}$ при незначительном увеличении осадков на $+3,2 \text{ мм}/30 \text{ лет}$ с вероятным развитием опустынивания. В лесной зоне (в с. Тогул) зафиксировано значимое увеличение температуры воздуха $T_{\text{год}}$ на $+1,0 \text{ } ^\circ\text{C}/30 \text{ лет}$ при сохранении тенденции увеличения осадков, а в г. Барнауле – несколько меньшее увеличение температуры на $+0,7 \text{ } ^\circ\text{C}/30 \text{ лет}$ (без учёта антропогенного эффекта) при заметном увеличении годового количества осадков на $+9,2 \text{ мм}/30 \text{ лет}$.

По остальным метеостанциям наблюдается менее значительное увеличение годовой температуры воздуха на $+0,8 \text{ } ^\circ\text{C}/30 \text{ лет}$ (в Кулунде, Змеиногорске), при этом тенденции изменения увлажнения являются полярными. Согласно первому варианту, г. Змеиногорск находится в числе районов с наиболее значительным увеличением осадков ($+44,1/30 \text{ лет}$) при заметном увеличении температуры воздуха ($+0,8 \text{ } ^\circ\text{C}/30 \text{ лет}$). Заметное увеличение осадков возможно в г. Камне-на-Оби ($+22,4/30 \text{ лет}$) при увеличении температуры на $+0,7 \text{ } ^\circ\text{C}/30 \text{ лет}$. Значительное увеличение годовой температуры на $+1,0 \text{ } ^\circ\text{C}/30 \text{ лет}$ отмечено при общей тенденции увеличения количества осадков в предгорной лесостепной зоне (в с. Тогул).

При втором варианте прогноза возможно сокращение осадков в Бийске ($-0,8/30 \text{ лет}$), Алейске ($-0,8 \text{ } ^\circ\text{C}/30 \text{ лет}$), что будет способствовать ухудшению условий произрастания лесостепной растительности на фоне значительного увеличения годовой температуры воздуха. В то же время на большей части равнинной территории края возможно значительное потепление при незначительном увеличении осадков, недостаточном для оптимальной влагообеспеченности.

Максимальная скорость потепления сохранится для обширных межгорных котловин Алтая при незначительном увеличении годовых сумм осадков или даже при их сокращении. Значительное потепление возможно в предгорьях, низкогорьях и среднегорьях Алтая с преобладающей тенденцией уменьшения осадков, в отдельных районах – небольшого прироста осадков, не соизмеримого с темпами увеличения сумм положительных температур. В высокогорьях Алтая потепление продолжится при небольшом увеличении осадков в пределах 3–8 (≈ 10) % годовой суммы.

Оценка степени воздействия опасных природных явлений и пространственного распределения потенциальных источников климатических рисков с учётом прогнозируемых сценариев климатических изменений позволила выделить шесть районов с

разным набором источников их проявления и потенциалом развития (рисунок), обозначить последствия для отдельных отраслей экономики. Величина рисков определяется наличием источников климатического риска и интенсивностью его проявления, уровнем социально-экономического развития территории с учётом широкой дифференциации края по плотности населения и расселения, размещению сельскохозяйственных и промышленных предприятий. В целях осуществления процедуры ранжирования приняты три уровня опасности: весьма опасный, опасный и умеренно опасный. Составлены матрицы, содержащие основные параметры развития каждого района, в которых обозначены источники климатических рисков, отражён характер их воздействия на отрасли экономики, предложены адаптационные мероприятия [2; 3; 5; 9; 11]. Фрагмент матрицы приведён в таблице, а краткое описание всех районов – далее.

Кулундинский сухостепной район с термодинамическими рисками расположен на западе края и охватывает территорию Кулундинской степной провинции. Площадь района – 21,7 тыс. км² (12,8 % территории края), численность населения – 157,6 тыс. чел. (7 % населения края), плотность населения – 7,3 чел./км², что в 1,8 раза ниже краевой.

Природные условия благоприятны для развития богарного земледелия – выращивания яровой пшеницы сильных и твёрдых сортов в севооборотах малой ротации, широкого применения кулисного пара или сидератов в сочетании с животноводством мясного направления. В целях адаптации к прогнозируемым климатическим изменениям необходимо большее внимание уделять подбору засухоустойчивых сортов зерновых, соблюдению сроков проведения технологических операций в растениеводстве, развитию фитомелиорации и ирригации естественных кормовых угодий и многолетних трав в севообороте.

По величине климатических рисков Кулундинский район отнесён к категории опасных, характеризуется активным проявлением источников риска, связанных с высокими температурами, низкой увлажнённостью, дефляцией и пыльными бурями. Плотность населения и густота расселения не высоки, а экономический потенциал представлен сельхозпредприятиями разных организационно-хозяйственных форм, четырьмя крупными и рядом малых промышленных предприятий преимущественно первичной переработки сельхозсырья.

Матрица оценок климатических рисков и адапционных мероприятий к ним в Алтайском крае (фрагмент) /
Matrix of climate risk assessments and adaptation measures to the min the Altai Region Territory (fragment)

Кулундинский сухостепной район с термодинамическими рисками / Kulunda dry steppe region with thermos dynamic risks											
Уровень опасности / Danger level	Территория / Territory		Население / Population		Плотность, чел./км ² / Density of people/km ²	Промышленность: отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг (без субъектов малого предпринимательства) / Industry: own goods shipped, produced, works and services performed (excluding small businesses)			Производство сельского хозяйства / Agricultural products		
	тыс. км ² / thousand km ²	в % к краю / in % to kraj	тыс. чел. / thousand people	в % к краю / in % to kraj		млрд руб. / mrd r. / in % to kraj	специализация / specialization	млрд руб. / mrd r. / in % to kraj	специализация / Specialization		
Опасный / Dangerous	21,7	12,8	157,6	7,0	7,3	18,2	2,8	21,5	8,9	переработка сельхозсырья / agroprocessing	выращивание зер- новых культур, мя- сомолочное живот- новодство / growing of cereals; meat and daily farming
Источники рисков и последствия их воздействия / Sources of risks and consequences of their impact											
Источники рисков / Sources of risks											
Ураган, смерч, сильный ветер / tornado, land spout, moderate gale	Отрасли экономики и характер воздействия на них / Sectors of the economy and the nature of the impact on them										
Жара, засуха / Heat, drought conditions	А – образование пыльных бурь, сокращение почвенного пло- дородия, засоление почв / dust storm, reduction crop-producing power, soil salinization А, С, D, E, I – снижение урожайности и гибель посевов, сниже- ние продуктивности естественных кормовых угодий, неполная загрузка мощностей перерабатывающей промышленности, рост водо-и энергопотребления, сокращение туристского по- тока / Reduction in yields, crop failure, decrease in productivity of natural grassland, incomplete utilization of processing industry capacity, increase in water and energy consumption, reduction in tourist flow										
Заморозки, град / Ground frost, glazed rain	А, С – снижение урожайности и гибель посевов, снижение про- дуктивности естественных кормовых угодий, неполная загрузка мощностей перерабатывающей промышленности / Reduction in yields, crop failure, decrease in productivity of natural grassland, incomplete utilization of processing industry capacity										
Адаптационные мероприятия / Adaptation measures											
Селекционные работы, выведение и подбор засухоустойчивых сортов зерновых, соблюдение сроков проведения технологических операций в растениеводстве, развитие фитомелиорации и ирригации естествен- ных кормовых угодий и многолетних трав / Breeding work, breeding and selection of drought-resistant grain varieties, compliance with the timing of technological operations in crop production, development of phytomeliora- tion and irrigation of natural forage lands and perennial grasses											

Окончание таблицы / End of the table

Источники рисков и последствия их воздействия / Sources of risks and consequences of their impact		Адаптационные мероприятия / Adaptation measures
Источники рисков / Sources of risks	Отрасли экономики и характер воздействия на них / Sectors of the economy and the nature of the impact on them	
Переработка берегов водохранилищ, озёр / Reservoir bank transformation	А, С – загрязнение водоёмов, ущерб сельскому хозяйству, рыболовству, рыбоводству и водным ресурсам, производством по их переработке / Pollution of water bodies, damage of agriculture, fishing, fish farming and water resources, and their processing industries	Укрепление берегов, механическая и биологическая рекультивация береговой зоны. Контроль за соблюдением режима водоохранных зон / Shore strengthening, mechanical and biological reclamation of the coastal zone. Monitoring compliance with water protection zones
Подтопление территории, пучение / Area flooding, heave	А, F, H – ущербы сельскому хозяйству при строительстве объектов бытового и производственного назначения, объектов транспортной инфраструктуры / Damage to agriculture during the construction of household and industrial facilities, transport infrastructure facilities	Организация наблюдений за режимом подземных вод и их прогнозирование, организация зон санитарной охраны на водозаборах, мелиоративные мероприятия: водопонижение, дренаж подземных вод, промывки / Organization observations of groundwater regime and its forecasting, organization of sanitary protection zones at water intakes, reclamation measures: water reduction, groundwater drainage, leaching

Примечание: А – сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство / agriculture, forestry, fishing and fish farming; В – добыча полезных ископаемых / mining and quarrying; С – обрабатывающие производства / manufacturing; D – обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха / electricity, gas, steam and air conditioning supply; E – водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельности по ликвидации загрязнений / water supply, sewerage, waste management and remediation activities; H – транспортировка и хранение / transportation and storage; I – деятельность гостиниц и предприятий общественного питания / accommodation and food service activities.

Южно-Приалейский степной район совмещеного проявления термодинамических и гидрологических климатических рисков расположен преимущественно на территории Южно-Приалейской степной провинции. Площадь района – 43,3 тыс. км² (25,7 % площади края), численность населения – 412,3 тыс. чел. (17,6 % населения края), плотность населения – 9,5 чел./км² (в 1,3 раза ниже краевой).

Природные условия благоприятны для выращивания теплолюбивых и влагоустойчивых культур – яровой пшеницы сильных и твердых сортов в севооборотах малой ротации с применением кулисного и сидерального паров, многолетних и однолетних трав. Животноводство имеет второстепенное значение и представлено мясомолочным скотоводством, свиноводством и ограниченным тонкорунным овцеводством.

По величине климатических рисков Южно-Приалейский район отнесен к категории весьма опасных, характеризуется активным проявлением источников риска, связанных как с заморозками и недостатком влаги, так и с засухами, суховеями. Распространены процессы подтопления грунтовыми водами (жилые дома в г. Рубцовске, Горняке), переработка берегов крупнейших в крае Гилевского и Склюихинского водохранилищ, иные инженерно-геологические процессы, такие как просадки, суффозии, пучение, наледи, склоновая и овражная эрозия.

Плотность населения несколько ниже среднекраевой и характеризуется густой сетью сельских поселений, относительно высоким экономическим потенциалом, представленным крупными промышленными предприятиями добывающего и обрабатывающего секторов, расположенным преимущественно в Рубцовском и Алейском городских округах и районных центрах Волчиха, Поспелиха, Шипуново.

Сельское хозяйство района характеризуется высоким уровнем развития и представлено 24 предприятиями разных форм хозяйствования.

При реализации прогнозируемых сценариев изменения климата возможна дальнейшая аридизация, особенно в юго-западных Угловском, Волчихинском и Егорьевском районах. Необходимы восстановление и строительство новых гидротехнических сооружений Алейской оросительной системы, рекультивация нарушенных в ходе орошения и горной добычи земель, проведение фито-

мелиоративных и агротехнических мероприятий, создание зелёных зон вокруг населённых пунктов, очистка русел малых рек и укрепление берегов озёр и водохранилищ.

Верхнеобский лесостепной район совмещеного проявления рисков гидро- и термодинамики расположен в центральной части края и включает территории 17 районов, Барнаульского, Бийского и Новоалтайского городских округов, ЗАТО Сибирский, что занимает 27,7 % территории с населением 1376,6 тыс. чел. (61,1 % населения края).

В районе созданы благоприятные условия для развития и растениеводства, животноводства. При этом в растениеводстве акцент может быть сделан на овощеводстве, картофелеводстве (пригородные районы) и кормопроизводстве, в животноводстве – на молочно-мясном скотоводстве, в пригородных районах – на свиноводстве и птицеводстве.

На территории района функционируют 35 крупных предприятий в области сельского и лесного хозяйства, 10 – в добывающей промышленности, около 170 – в обрабатывающей, 15 – в энергоснабжающих, 16 – в водоснабжающих, 49 – в транспортно-логистическом комплексе.

По величине климатических рисков Верхнеобский лесостепной район относится к категории *весьма опасных*, характеризуется активным проявлением рисков, связанных как с изменением параметров увлажнения – увеличением положительных температур и осадков (за исключением ГМС Бийска), так и с интенсивными паводками и подтоплением населённых пунктов, расположенных на берегах р. Оби и её притоков, с экзогенными процессами.

Плотность населения более чем в 2 раза превышает краевую. Здесь размещены большинство крупных предприятий, эксплуатация которых в существенной мере зависит от климатических изменений в районе. Сельское и лесное хозяйство характеризуется высоким уровнем развития и представлено предприятиями разных форм хозяйствования, в том числе тремя крупными птицефабриками.

В случае реализации прогнозируемых сценариев климатических изменений возможна аридизация климата, которая требует корректировки набора выращиваемых культур, развития мелиорации и повышения агротехнической культуры обработки полей, внесения удобрений, применения пестицидов. Учитывая пригородный характер территорий, особого внимания заслуживают выращива-

ние овощных и кормовых культур, очистка русел малых рек, контроль за гидрометеорологической ситуацией в период паводков, для чего следует увеличить число метеопостов, повысив их техническую оснащённость, качество и заблаговременность прогнозов.

Предалтайский горностепной район геодинамических процессов проявления климатических рисков расположен на юге вдоль фаса Алтая, имеет широтную протяжённость и включает территории Предалтайской степной, Северо-Западной и части Северо-Алтайской горных провинций. Здесь расположены 9 административных районов и город-курорт Белокуриха, занимающие 12,6 % территории, где проживают 6,3 % населения края, плотность которого составляет 6,6 чел./км², что почти в 2 раза ниже средней по краю.

Степные территории характеризуются оптимальными условиями для производства товарного зерна сильных и твёрдых сортов. Животноводство может быть представлено молочно-мясным скотоводством и овцеводством.

В горной части имеются природные предпосылки для ограниченного растениеводства, выращивания молочного скота, пантового мараловодства, пчеловодства, иных промыслов традиционного горного и таёжного природопользования.

На территории района расположены 5 крупных сельхозпредприятий, 2 предприятия добывающего сектора, 3 – обрабатывающего.

Предалтайский район по величине климатических рисков отнесён к категории *умеренно опасных районов*, характеризуется умеренным проявлением источников риска увлажнения, среди которых рост положительных температур и осадков с возможными краткосрочными паводками и подтоплением населённых пунктов, расположенных в долинах рек. Для территории района характерны геодинамические и инженерно-геологические процессы, такие как просадки, суффозии, пучение, наледи, склоновая эрозия. В горах встречаются карстовые явления, солифлюкция, оползни.

Низкая плотность населения, размещение предприятий преимущественно аграрной сферы – сельскохозяйственных и перерабатывающих – позволяют оценивать ситуацию в районе как умеренно опасную. Особого внимания в условиях прогнозируемых изменений отдельных климатических параметров требуют город-курорт Белокуриха и большое

число туристско-рекреационных комплексов, которые относятся к числу климатозависимых предприятий, учитывая их размещение преимущественно в горных условиях повышенной сейсмичности и лавиноопасности. Требуются очистка русел многочисленных малых рек – истоков более крупных рек, контроль гидрометеорологической ситуации в период паводков. С целью повышения качества и заблаговременности прогнозов ситуации на р. Оби и её притоках/истоках необходимо увеличить число постов, повысив их техническую оснащённость.

Предсалаирский горно-лесостепной район геодинамических рисков проявления климатических изменений расположен на востоке края и включает преимущественно территории Предсалаирской лесостепной и Салаирской горной провинций. На его территории расположены 6 административных районов, Залесовский муниципальный и Заринский городской округа, занимающие 12,6 % территории края, где проживают 5,3 % населения, плотность которого составляет 5,6 чел./км², что в 2,4 раза ниже средней по краю.

Природные условия горных территорий благоприятны для развития молочного скотоводства, таёжного фермерства, промыслов и собирательства, лесостепные предгорные – для кормопроизводства, выращивания озимых зерновых и иных влаголюбивых культур с коротким вегетационным циклом, например льна-долгунца.

На территории района представлены 9 крупных предприятий агролесохозяйственного комплекса, 1 – горнодобывающего, 10 – обрабатывающей промышленности, 3 – энергоснабжающих, а также 1 транспортно-логистическое предприятие.

Предсалаирский район по величине климатических рисков в силу низкой плотности населения и расселения, размещения предприятий преимущественно аграрной сферы относится к категории умеренно опасных, характеризуется умеренным проявлением источников риска, связанных с изменением увлажнённости – повышением среднегодовых температур (в горных районах – со значительным, составляющим +1,0 °C/30 лет) на фоне общего увеличения количества осадков. В лесостепных районах отмечаются процессы подтопления и переувлажнения земель, оглеение и окисление почв, в горных – деформация поверхности, заболачивание и потеря почвенного плодородия из-за водной эрозии и плоскостного смыва. Лишь Зарин-

ский городской округ можно отнести к территориям индустриального развития. Особого внимания в условиях прогнозируемых климатических изменений требует осуществление лесохозяйственной деятельности, причём как в случае роста положительных температур и повышения пожароопасности, так и при осуществлении лесовосстановительных работ в случае интенсивных летне-весенних ливней и паводков.

Алтайский горный район с риском проявления геодинамических процессов включает преимущественно горные территории трёх районов края – Алтайского, Солонешенского, Чарышского (8,3 % территории), где проживают 2 % населения региона, плотность которого является самой низкой (3,3 чел./км²). Приведённые горные территории тянутся вдоль северо-западного фаса Алтая и относятся преимущественно к Северо-Западной Алтайской горной провинции.

С учётом уникальности горных территорий и отдалённости от индустриальных центров здесь имеется возможность производить экологически чистые продукты для диетического и детского питания.

На территории рассматриваемого района расположены 2 предприятия (по строительству, техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств).

Алтайский горный район по величине климатических рисков отнесён к категории умеренно опасных, характеризуется изменением параметров увлажнения – небольшим ростом положительных температур при значительном увеличении осадков, с возможными краткосрочными паводками и подтоплением сёл, расположенных на берегах рек. На территории развиты геодинамические и инженерно-геологические процессы: карст, оползни, суффозии, солифлюкция, оседание земной поверхности, склоновая эрозия.

Особого внимания в условиях прогнозируемых климатических изменений требует развитие туристического бизнеса, который в ряде случаев сохраняет бесконтрольный характер. Туристско-рекреационные ком-

плексы, размещённые в горных условиях повышенной сейсмичности и лавиноопасности, требуют специального контроля на этапе строительства и эксплуатации. Требуется активизировать работы по очистке русел многочисленных горных рек и усилить контроль гидрометеорологической ситуации.

Выводы. В результате проведённой оценки долгосрочных климатических изменений и дифференциации территории Алтайского края по природным предпосылкам и фактическим проявлениям климатических рисков и реципиентам их воздействия – населения и субъектов экономической деятельности – выделены шесть районов с разным уровнем и характером опасности. Весьма опасная ситуация сложилась в двух районах – Южно-Приалейском степном и Верхне-Обском лесостепном, где на фоне высоких термодинамических и гидрологических рисков достаточно высока концентрация населения и объектов экономической активности. Именно концентрация населения и объектов экономики в условиях активизации отдельных негативных природных процессов даёт основание относить данные районы к весьма опасным с позиций проявления климатических рисков территориям.

Опасность проявления термодинамических рисков характерна для Кулундинского степного района с высокой вероятностью возникновения ситуаций, связанных с ростом температур и сокращением осадков, таких как засухи, суховеи, пыльные бури. В то же время экономическая активность здесь ниже, чем в Южно-Приалейском и Верхне-Обском районах. Остальные районы отличает умеренно опасный уровень проявления геодинамических рисков, главным образом за счёт наличия «горной составляющей» на их территории.

Для каждого района приведён комплекс адаптационных мероприятий по нейтрализации воздействия источников риска. Конкретный перечень, региональные приоритеты и финансовая обеспеченность их проведения нуждаются в дальнейшей детализации, разработке дорожной карты реализации.

Список литературы

1. Будыко М. И. Глобальное потепление // Изменения климата и их последствия. СПб.: Наука, 2002. С. 7–12.
2. Бурлакова Л. М., Морковкин Г. Г. Земельные ресурсы Алтайского края и проблемы их рационального использования // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2005. № 1. С. 26–29.
3. Винокуров Ю. И., Цимбалай Ю. М. Региональная ландшафтная структура Сибири. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2006. 96 с.

4. География Сибири в начале XXI в.: монография: в 6 т. Т. 5. Западная Сибирь. Новосибирск, 2016. 447 с.
5. Золотокрылин А. Н. Глобальное потепление, опустынивание/деградация и засухи в аридных регионах // Известия Российской академии наук. Серия «Географическая». 2019. № 1. С. 3–13.
6. Изменения климата и экономика России: тенденции, сценарии, прогнозы: монография / под ред. акад. РАН Б. Н. Порфирьева, чл.-корр. РАН В. И. Данилова-Данильяна. М.: Научный консультант, 2022. 514 с.
7. Ксенофонтов М. Ю., Ползиков Д. А. К вопросу о влиянии климатических изменений на развитие сельского хозяйства в России в долгосрочной перспективе // Проблемы прогнозирования. 2020. № 3. С. 82–92.
8. Михайлова Л. А., Харламова Н. Ф. Геоинформационное моделирование климатических параметров на примере Сибирского региона // Ползуновский вестник. 2006. № 4-2. С. 113–118.
9. Рассыпнов В. А. Агроэкологическое районирование территории на основе бонитировки почв // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 12. С. 39–41.
10. Сляднев А. П., Фельдман Я. И. Важнейшие черты климата Алтайского края // Природное районирование Алтайского края: в 2 т. М.: Изд-во АН СССР, 1958. Т. 1. С. 9–61.
11. Стратегическое управление устойчивым развитием аграрного природопользования в Алтайском крае: монография / под ред. Ю. И. Винокурова. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2010. 163 с.
12. Харламова Н. Ф., Останин О. В. Характеристика современного термического режима российской части Алтае-Саянского экорегиона // Известия Алтайского государственного университета. 2013. № 3-1. С. 117–122.
13. Школьник И. М., Ефимов С. В. Региональная климатическая модель нового поколения для территории северной Евразии // Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. 2015. Вып. 576. С. 201–211.
14. Adapt Now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience. Report of the Global Commission for Adaptation. 2019. 90 p.
15. Meehl G. A., Senior C. A., Eyring V., Flato G., Lamarque J.-F., Stouffer R. J., Taylor K. E., Schlund M. Context for interpreting equilibrium climate sensitivity and transient climate response from the CMIP6 Earth system models. Science Advances. 2020. No. 6. DOI: 10.1126/sciadv.aba1981.

References

1. Budyko M. I. Global warming. Climate change and its consequences. Saint Petersburg: Science, 2002. Pp. 7–12. (In Rus.)
2. Burlakova L. M., Morkovkin G. G. Land resources of the Altai Territory and problems of their rational use. Bulletin of the Altai State Agrarian University, no. 1, pp. 26–29, 2005. (In Rus.)
3. Vinokurov Yu. I., Tsimbaley Yu. M. Regional landscape structure of Siberia. Barnaul: Publishing house Alt. Univ., 2006. 96 p. (In Rus.)
4. Geography of Siberia at the beginning of the 21st century: monograph: in 6 vol. Vol. 5. Western Siberia. Novosibirsk, 2016. 447 p. (In Rus.)
5. Zolotokrylin A. N. Global warming, desertification/degradation and droughts in arid regions. Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Series "Geographical", no. 1, pp. 3–13, 2019. (In Rus.)
6. Climate change and the Russian economy: trends, scenarios, forecasts: monograph / ed. acad. RAS B. N. Porfiryeva, corresponding member RAS V. I. Danilova-Danilyana. Moscow: Scientific consultant, 2022. 514 p.
7. Ksenofontov M. Yu., Polzikov D. A. On the issue of the impact of climate change on the development of agriculture in Russia in the long term. Problems of Forecasting, no. 3, pp. 82–92, 2020. (In Rus.)
8. Mikhailova L. A., Kharlamova N. F. Geoinformation modeling of climate parameters using the example of the Siberian region. Polzunovsky Vestnik, no. 4-2, pp. 113–118, 2006. (In Rus.)
9. Rassypnov V. A. Agroecological zoning of territory based on soil classification. Bulletin of the Altai State Agrarian University, no. 2012, pp. 39–41, 2012. (In Rus.)
10. Slyadnev A. P., Feldman Ya. I. The most important features of the climate of the Altai Territory. Natural zoning of the Altai Territory: in 2 vol. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1958. Vol. 1. Pp. 9–61. (In Rus.)
11. Strategic management of sustainable development of agricultural environmental management in the Altai Territory: monograph / ed. Yu. I. Vinokurova. Barnaul: Alt Publishing House Univ., 2010. 163 p. (In Rus.)
12. Kharlamova N. F., Ostanin O. V. Characteristics of the modern thermal regime of the Russian part of the Altai-Sayan ecoregion. News of the Altai State University, no. 3-1, pp. 117–122, 2013. (In Rus.)
13. Shkolnik I. M., Efimov S. V. Regional climate model of a new generation for the territory of northern Eurasia. Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after A. I. Voevka, issue 576, pp. 201–211, 2015. (In Rus.)

14. Adapt Now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience. Report of the Global Commission for Adaptation. 2019. 90 p. (In Engl.)

15. Meehl G. A., Senior C. A., Eyring V., Flato G., Lamarque J.-F., Stouffer R. J., Taylor K. E., Schlund M. Context for interpreting equilibrium climate sensitivity and transient climate response from the CMIP6 Earth system models. *Science Advances*, no. 6, 2020. DOI: 10.1126/sciadv.aba1981. (In Eng.)

Информация об авторах

Винокуров Юрий Иванович, д-р геогр. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории биогеохимии, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук, г. Барнаул, Россия; vinokurov.ui@mail.ru. Область научных интересов: ландшафтная индикация, инженерно-геологические изыскания, методология географии.

Красноярова Белла Александровна, д-р геогр. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории ландшафтно-водноэкологических исследований и природопользования, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук, г. Барнаул, Россия; bella250352@mail.ru. Область научных интересов: экономика природопользования, землепользование, региональная экономическая география.

Харламова Наталья Федоровна, канд. геогр. наук, доцент, доцент кафедры физической географии и геоинформационных систем, Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия; kharlamova.57@mail.ru. Область научных интересов: климатология и метеорология, туристские и рекреационные ресурсы.

Плуталова Татьяна Геннадьевна, канд. геогр. наук, научный сотрудник лаборатории ландшафтно-водноэкологических исследований и природопользования, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук, г. Барнаул, Россия; denisova_tg@mail.ru. Область научных интересов: региональное природопользование, дистанционное зондирование Земли в сельском хозяйстве.

Шарабарина Софья Николаевна, канд. геогр. наук, научный сотрудник лаборатории ландшафтно-водноэкологических исследований и природопользования, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук, г. Барнаул, Россия; sharabarinasof@gmail.com. Область научных интересов: региональное природопользование, землепользование, география сельского хозяйства.

Information about the authors

Vinokurov Yuriy I., Doctor of Geographical Sciences, Professor, Laboratory of Biogeochemistry Institute of Water and Environmental Problems Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russia; vinokurov.ui@mail.ru. Research interests: landscape indication, engineering-geological surveys, geography methodology.

Krasnoyarova Bella A., Doctor of Geographical Sciences, Professor, Laboratory of Landscape and Water Ecological Research and Nature Management, Institute for Water and Environmental Problems Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russia; bella250352@mail.ru. Research interests: economics of environmental management, land use, regional economic geography.

Kharlamova Nataliya F., Candidate of Geographical Sciences Professor, Physical Geography and Geographic Information Systems department, Institute of Geography, Altai State University, Barnaul, Russia; kharlamova.57@mail.ru. Research interests: climatology and meteorology, tourism and recreational resources.

Plutalova Tatiana G., Candidate of Geographical Sciences, Scientific Researcher Laboratory of Landscape and Water Ecological Research and Nature Management, Institute for Water and Environmental Problems Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russia; denisova_tg@mail.ru. Research interests: regional environmental management, remote sensing of the Earth in agriculture.

Sharabarina Sofia N., Candidate of Geographical Sciences, Scientific Researcher, Laboratory of Landscape and Water Ecological Research and Nature Management, Institute for Water and Environmental Problems Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russia; sharabarinasof@gmail.com. Research interests: regional environmental management, land use, agricultural geography.

Вклад авторов в статью

Винокуров Ю. И. – разработка методологии исследования, сопряжённый анализ климатических рисков и природных условий, написание текста.

Красноярова Б. А. – разработка методологии исследования, сопряжённый анализ климатических рисков и условий хозяйствования, написание текста.

Харламова Н. Ф. – обработка метеорологической информации, выделение климатических рисков, написание текста.

Плуталова Т. Г. – сбор материалов, библиографии, составление картосхемы, написание текста.

Шарабарина С. Н. – сбор материалов, библиографии, написание текста.

The authors' contribution to the article

Vinokurov Yu. I. – development of research methodology, associated analysis of climate risks and natural conditions, writing the text.

Krasnoyarova B. A. – development of research methodology, associated analysis of climate risks and business conditions, writing the text.

Kharlamova N. F. – processing meteorological information, identifying climate risks, writing text.

Plutalova T. G. – collecting materials, bibliographies, drawing up maps, writing text.

Sharabarina S. N. – collecting materials, bibliographies, writing text.

Для цитирования

Винокуров Ю. И., Красноярова Б. А., Харламова Н. Ф., Плуталова Т. Г., Шарабарина С. Н. Районирование территории Алтайского края по степени проявления климатических рисков // Вестник Забайкальского государственного университета. 2024. Т. 30, № 2. С. 8–20. DOI: 10.21209/2227-9245-2024-30-2-8-20.

For citation

Vinokurov Yu. I., Krasnoyarova B. A., Kharlamova N. F., Plutalova T. G., Sharabarina S. N. Zoning of the Altai Region Territory According to the Degree of Climate Risks // Transbaikal State University Journal. 2024. Vol. 30, no. 2. P. 8–20. DOI: 10.21209/2227-9245-2024-30-2-8-20.