

Метеорология

Головин А.В., Орлова Е.С., Резников В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.

МЕТЕОРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 551.583, 632.11

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-95-104

EDN: TRWZNH



ОЦЕНКА АТМОСФЕРНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОНОМИКУ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

**Антон Владимирович Головин¹, Елена Сергеевна Орлова², Виктор Фёдорович Резников³,
Михаил Сергеевич Губарев⁴, Ирина Дмитриевна Рыбкина⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук, г. Барнаул, Россия

¹ golovin.anton.vl@gmail.com, Scopus Author ID: 58295525000, РИНЦ Author ID: 1156294

² morana-11@mail.ru, РИНЦ Author ID: 231014

³ rvf@iwep.ru, РИНЦ Author ID: 602357

⁴ maik1980@bk.ru, РИНЦ Author ID: 602558

⁵ irina.rybkina@mail.ru, Scopus Author ID: 55949918000, Researcher ID: A-8973-2016, РИНЦ Author ID: 424585

Аннотация. В статье приводятся оценка атмосферных климатических рисков и анализ их влияния на экономику Алтайского края. На основе данных Росгидромета (1966–2020 гг.) выполнены расчеты частоты возникновения опасных и неблагоприятных явлений, формирующих климатические риски, и определены статистически значимые (по критерию Стьюдента) тенденции их изменения. Установлено достоверное уменьшение числа дней с очень сильным и ураганным ветром, увеличение числа случаев с суховеями, сильной жарой. Показано, что за счет увеличения продолжительности теплого периода чаще начали наблюдаться грозы и град, по востоку края увеличилась частота возникновения туманов и изморози. Наибольшую угрозу для экономики, населения и природной среды Алтайского края представляют климатические риски, имеющие максимальную степень интенсивности и проявления: очень сильный ветер, аномально жаркая погода, чрезвычайная пожарная опасность, суховеи, ураганный ветер, сильный мороз, аномально холодная погода. На территории Алтайского края наивысшая вероятность возникновения атмосферных климатических рисков отмечена на метеостанции Бийск-Зональная как в теплый, так и холодный период. Здесь чаще всего наблюдаются аномально холодная погода, град, туман, мокрый снег и ледяной дождь. Наименьшая вероятность проявления рисков – на метеостанции Камень-на-Оби. Сельское хозяйство как основная отрасль специализации Алтайского края наиболее подвержено проявлению рисков. Интенсивные засухи и суховеи, длительная жара, ветер, природные пожары, град и т.д. значительно снижают всхожесть и урожайность сельскохозяйственных культур, а при совместном влиянии могут привести к гибели посевов. В целом комплекс опасных и неблагоприятных метеоявлений влияет на все отрасли экономики, что приводит к большим финансовым затратам на их адаптацию к климатическим изменениям.

Ключевые слова: опасные и неблагоприятные метеорологические явления, климатические изменения, влияние на отрасли

Финансирование. Исследование выполнено в рамках договорной научно-исследовательской работы по теме: «Разработка отдельных разделов паспорта климатической безопасности Алтайского края» (рег. № 122112800045-2) и бюджетной тематики Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук (FUFZ-2021-0002).

Для цитирования: Головин А.В., Орлова Е.С., Резников В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д. Оценка атмосферных климатических рисков и их влияние на экономику Алтайского края // Географический вестник = Geographical bulletin. 2025. № 4(75). С. 95–104. DOI 10.17072/2079-7877-2025-4-95-104 EDN: TRWZNH

METEOROLOGY

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-95-104

EDN: TRWZNH

ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC CLIMATE RISKS AND THEIR IMPACT THE ECONOMY OF ALTAI KRAI

Anton V. Golovin¹, Elena S. Orlova², Victor F. Reznikov³, Mikhail. S. Gubarev⁴, Irina D. Rybkina⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Institute for Water and Environmental Problems, SB RAS, Barnaul, Russia

¹ golovin.anton.vl@gmail.com, Scopus Author ID: 58295525000, RINTs Author ID: 1156294

² morana-11@mail.ru, RINTs Author ID: 231014



© Головин А.В., Орлова Е.С., Резников В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д. распространяется по лицензии CC BY 4.0. Чтобы ознакомиться с условиями этой лицензии, посетите сайт <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Метеорология

Головин А.В., Орлова Е.С., Резников В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.

³rvf@iwep.ru, RINTs Author ID: 602357

⁴maik1980@bk.ru, RINTs Author ID: 602558

⁵irina.rybkina@mail.ru, Scopus Author ID: 55949918000, ResearcherID: A-8973-2016, RINTs Author ID: 424585

Abstract. The article presents an assessment of atmospheric climate risks and provides an analysis of their impact on economic sectors of Altai Krai. Basing on the Roshydromet data (1966–2020), the authors calculated the frequency of occurrence of hazardous and unfavorable phenomena causing climate risks and determined statistically significant (according to Student's t-test) trends in their changes. The study revealed a significant decrease in the number of days with very strong and hurricane winds. On the contrary, the number of days with dry winds and extreme heat was found to increase. Due to the longer duration of the warm period, a trend formed for thunderstorms and hail to occur more often. In the east of the region, the frequency of fog and hoarfrost occurrences increased. Climate risks with maximal intensity and manifestation (very strong winds, abnormally hot weather, extreme fire danger, hot winds, hurricanes, severe frost, and abnormally cold weather) are responsible for the greatest threat to the economy, population, and natural environment of Altai Krai. The highest probability of atmospheric climate risks occurrence is noted at the Biysk-Zonalnaya WS, both in the warm and cold periods. Abnormally cold weather, hail, fog, sleet, and freezing rain are most common for this territory. The lowest probability of risks occurrence is at the Kamen-on-Obi WS. Agriculture, as the main branch of specialization of Altai Krai, is most susceptible to the risks. Severe droughts and hot winds, as well as prolonged heat, wind, natural fires, hail, etc. considerably reduce the germination and productivity of agricultural crops; when combined, these factors can lead to crop failure. In general, a complex of dangerous and unfavorable weather events affects all sectors of the economy, resulting in large financial costs spent on their adaptation to climate change.

Keywords: dangerous and adverse meteorological phenomena, climate change, impact on industries

Funding: the study was carried out as part of the state assignment undertaken by the Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (FUFZ-2021-0002) and as contractual research under the topic 'Development of individual sections of the climate safety passport of Altai Krai' (registration No. 122112800045-2).

For citation: Golovin, A.V., Orlova, E.S., Reznikov, V.F., Gubarev, M.S., Rybkina, I.D. (2025) Assessment of atmospheric climate risks and their impact the economy of Altai Krai. *Geographical Bulletin*. No. 4(75). Pp. 95–104. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-95-104 EDN: TRWZNH

Введение и актуальность

Согласно данным МГЭИК [22], происходящие климатические изменения наносят существенный ущерб наземным, пресноводным, прибрежным экосистемам: происходит ухудшение их структуры, функциональной и адаптационной способности. В социально-экономическом плане в первую очередь страдает продовольственная и водная безопасность стран и регионов.

Важной особенностью современных климатических процессов является их пространственная и сезонная неоднородность. Так, по данным Алтайского ЦГМС [17], на фоне повсеместного повышения температуры приземного воздуха отмечено разнонаправленное изменение режима увлажнения территории Алтайского края: уменьшение количества осадков по югу в летний период и их незначительное повышение в остальные сезоны. В связи с этим следует более детально изучать климатические процессы на региональном уровне.

Климатические изменения потенциально могут характеризоваться как негативными (рост частоты и интенсивности опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлений; ускорение процессов опустынивания и др.), так и позитивными (увеличение вегетационного периода сельскохозяйственных культур и др.) последствиями происходящих процессов. Необходимо определение регионального отклика на эти процессы. Сотрудниками Института водных и экологических проблем СО РАН проведены исследования по теме: «Разработка отдельных разделов паспорта климатической безопасности Алтайского края» (рег. № 122112800045-2) [9], целью которых также являлись анализ и оценка влияния атмосферных климатических рисков на отрасли экономики Алтайского края.

Материалы и методы

Климат Сибири и Алтайского региона в разное время изучали А.И. Войков [2], В.В. Сапожников [14], В.Б. Шостакович [20, 21], Л.И. Колодомасов [7] и др. Климатическое и почвенно-климатическое районирование Алтайского края предложено А.П. Слядневым, К.П. Горшененым, Е.В. Вандакуровой [15]. В 1978 г. разработан и издан комплексный географический научно-справочный атлас региона [1], в котором описаны климатические условия и ресурсы, отдельные опасные и неблагоприятные атмосферные явления. Климатические изменения последних 10-летий представлены в работах В.В. Паромова [10], И.И. Ипполитова [6], В.А. Понько [12], М.Г. Суховой [16], Н.Ф. Харламовой [18].

В научных исследованиях, согласно методическим рекомендациям по вопросам адаптации к изменениям климата Минэкономразвития России [13], климатическим (климатообусловленным) риском называется совместная характеристика вероятности опасных проявлений климатического фактора и его воздействия (в виде вреда или ущерба) на объект этого воздействия, которая выражается в величине ущерба (в натуральном и (или) стоимостном выражении), характерного для повторяемости заданных значений опасного климатического фактора. Климатический риск имеет социально-экономическое значение только в случае проявления в виде вероятностного или фактического ущерба, при этом риск бедствия возникает, когда гидрометеорологические, геологические

Метеорология

Головин А.В., Орлова Е.С., Резников В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.

и другие опасности вступают во взаимодействие с факторами уязвимости физического, социального, экономического, экологического характера [3].

Для определения вероятности проявления риска используется ряд показателей, в том числе частота, интенсивность, повторяемость метеоявлений. В рамках вышеназванного проекта [9] на основе данных Росгидромета [4] вычислены ежегодное число дней с проявлением опасных и неблагоприятных явлений за 1966–2020 гг. и средняя многолетняя частота их возникновения в соответствии с критериями Алтайского ЦГМС [11]. Оценена однородность выборки данных (по опасным и неблагоприятным явлениям) по критерию Стьюдента. Рассчитаны линейные тренды и оценена их значимость по коэффициенту детерминации (R^2) [8]. Рассчитаны коэффициенты линейного тренда за период с 1966 по 2020 г. [17].

На территории Алтайского края атмосферные явления, которые могут затруднять ведение хозяйственной деятельности или наносить ущерб природной среде, экономике, здоровью человека, сведены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Опасные и неблагоприятные атмосферные явления,
формирующие атмосферные климатические риски в Алтайском крае [11]
Dangerous and unfavorable atmospheric phenomena responsible
for atmospheric climate risks formation in Altai Krai [11]

<i>Опасное явление</i>	<i>Неблагоприятное явление</i>
Очень сильный ветер (в т.ч. ураган, шквал, смерч)	Сильный ветер
Очень сильный дождь (снег)	Сильный дождь (снег)
Сильный ливень	Ливень
Продолжительный сильный дождь	—
Крупный град	Град
Сильная метель	Метель
Сильная песчаная (пыльная) буря	Пыльная (песчаная) буря
Сильный туман (мгла)	Туман (мгла)
Сильное гололедно-изморозевое отложение	Гололед, сложное отложение, изморозь, отложение мокрого снега, гололедица, ледяной дождь
Чрезвычайная пожарная опасность	Высокая пожарная опасность
Сильный мороз	Низкая облачность, закрытие гор, перевалов облаками, осадками, туманом
Аномально-холодная погода	Гроза
Сильная жара	—
Аномально-жаркая погода	—
Заморозки	—
Суховей	—
Засуха (атмосферная, почвенная)	—
Переувлажнение почвы	—
Раннее появление или установление снежного покрова	—
Промерзание верхнего (до 2 см) слоя почвы	—

Результаты и обсуждения

Особую опасность для экономики, населения и природной среды Алтайского края имеют климатические риски с наибольшей интенсивностью и частым характером проявления: очень сильный ветер, аномально жаркая погода, чрезвычайная пожарная опасность, суховеи, которые проявляются более чем 1 раз в год; а также ураганный ветер, сильный мороз, аномально холодная погода, возникающие не чаще 1 раза за два года. К менее опасным рискам можно отнести опасные явления с меньшей частотой проявления: очень сильный дождь (снег), сильная жара, которые наблюдаются 1–2 раза за 10 лет; сильная пыльная (песчаная) буря, сильная метель (общая, низовая), сильный туман, сильная мгла, сильное гололедно-изморозевое отложение, сильный ливень, продолжительный сильный дождь отмечаются 1 раз в несколько десятилетий.

Анализ метеопараметров показывает, что частота проявления случаев с экстремально высокими температурами воздуха, суховеями, засухами увеличивается с востока на запад региона и достигает максимума в подзоне сухой степи (метеостанция Славгород). Очень сильные осадки чаще всего повторяются в юго-восточной предгорной части края (метеостанции Змеиногорск, Солонешное). Высокие скорости ветра наблюдаются по всему краю, с максимальной частотой отмечаются на метеостанциях Рубцовск, Ребриха, Бийск-Зональная, Солонешное. Рост приземной температуры воздуха приводит к снижению количества экстремальных морозов и увеличению числа случаев экстремальной жары и суховеев (табл. 2).

Метеорология

Головин А.В., Орлова Е.С., Резников В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.

Таблица 2
Table 2

Среднее за год число случаев (*дней) с опасным явлением и тенденция изменения
 Annual average number of cases (*days) with a dangerous phenomenon and trends of change

<i>Метеостанция</i>	Барнаул	Бийск-Зональная	Змеиногорск	Камень-на-Оби	Ребриха	Рубцовск	Славгород	Солонешное
<i>Опасное явление</i>	Период осреднения 1977–2020 гг.							
Очень сильный ветер*	0,50 ↓	1,50 ↓	0,90 ↓	0,40 ↓	3,50 ↓	2,40 ↓	0,70 ↓	3,40 ↓
Ураганный ветер*	0,00 ↔	0,43 ↓	0,02 ↔	0,07 ↓	0,50 ↓	0,23 ↓	0,11 ↓	0,35 ↓
Суховей	0,82 ↔	0,41 ↑	1,16 ↑	1,55 ↑	1,55 ↓	1,82 ↑	3,70 ↑	0,39 ↑
Период осреднения 1966–2020 гг.								
Очень сильные осадки	0,04 ↓	0,11 ↓	0,15 ↓	0,02 ↓	0,02 ↓	0,07 ↓	0,02 ↓	0,15 ↑
Сильный мороз	0,05 ↓	0,38 ↓	0,18 ↓	0,10 ↓	0,17 ↓	0,12 ↓	0,10 ↓	0,22 ↓
Аномально холодная погода	0,13 ↑	0,43 ↓	0,38 ↓	0,30 ↓	0,30 ↓	0,30 ↓	0,20 ↓	0,28 ↓
Сильная жара	0,00	0,05 ↑	0,08 ↑	0,02 ↑	0,07 ↓	0,13 ↑	0,20 ↑	0,05 ↑
Аномально жаркая погода	0,38 ↑	0,45 ↑	0,52 ↑	0,65 ↑	0,67 ↑	1,32 ↑	1,75 ↑	0,23 ↑

Примечание: ↓ – уменьшение, ↑ – увеличение, ↔ – без изменений; полужирный шрифт – статистически значимые изменения по критерию Стьюдента на уровне 5 %, курсив – R² трендов достоверен по критерию Фишера на уровне 5 %.

Note: ↓ – decrease, ↑ – increase, ↔ - no change; bold – statistically significant changes by Student's criterion at the 5% level, italics – R² trends are reliable by Fisher's criterion at the 5% level.

К менее опасным атмосферным климатическим рискам относятся неблагоприятные метеорологические явления, которые по своим критериям не достигают критических значений. Среди них наиболее распространены в исследуемом регионе изморозь, метель, мокрый снег, туманы, грозы (табл. 3).

Тенденции изменения частоты возникновения атмосферных явлений в Алтайском крае неоднородны (табл. 2, 3). Статистически достоверны уменьшения числа дней по всему краю с ураганным (Ребриха – 0,5 дн./10 лет, Бийск-Зональная – 0,3 дн./10 лет) и очень сильным (–0,1…–2,6 дн./10 лет) ветром, пыльными (песчаными) бурями (–0,1…–3,0 дн./10 лет), метелями (–1,8…–10,1 дн./10 лет); по западу – с гололедом (Камень-на-Оби – 0,2 дн./10 лет), туманами (Камень-на-Оби – 1,2 дн./10 лет, Ребриха – 5,1 дн./10 лет, Славгород – 2,9 дн./10 лет). Вместе с тем увеличивается частота возникновения суховеев (Бийск-Зональная +0,2 сл./10 лет, Рубцовск +0,8 сл./10 лет, Солонешное +0,2 сл./10 лет.), сильной жары (Змеиногорск +0,03 сл./10 лет, Рубцовск +0,03 сл./10 лет), аномально жаркой погоды (Славгород +0,15 сл./10 лет), мокрого снега (Камень-на-Оби +6,8 дн./10 лет, Барнаул +6,1 дн./10 лет, Солонешное +3,1 дн./10 лет и другие), града (Змеиногорск +0,5 дн./10 лет, Бийск-Зональная и Солонешное +0,4 дн./10 лет и другие), грозы (+2,3…+5,4 дн./10 лет).

Таблица 3
Table 3

Среднее за год число дней с неблагоприятным явлением и тенденция изменения
 Annual average number of days with an adverse event and trends of change

<i>Метеостанция</i>	Барнаул	Бийск-Зональная	Змеиногорск	Камень-на-Оби	Ребриха	Рубцовск	Славгород	Солонешное
<i>Неблагоприятное явление</i>	Период осреднения 1966–2020 гг.							
Изморозь	49 ↑	31 ↑	20 ↑	22 ↓	23 ↓	25 ↓	33 ↓	1 ↔
Метель	22 ↓	16 ↓	30 ↓	17 ↓	29 ↓	30 ↓	21 ↓	10 ↓
Гололед	1,2 ↓	0,6 ↔	0,9 ↔	0,3 ↓	2,2 ↓	1,1 ↓	2,1 ↓	0,1 ↔
Ледяной дождь	0,3 ↓	0,5 ↓	0,3 ↓	0,1 ↓	0,4 ↓	0,4 ↓	0,4 ↓	0,2 ↔
Мокрый снег	23 ↑	31 ↑	18 ↑	21 ↑	17 ↑	19 ↑	13 ↓	19 ↑
Град	1,4 ↑	1,6 ↑	1,4 ↑	0,6 ↑	0,6 ↔	0,8 ↑	0,4 ↔	0,9 ↑
Туман	20 ↑	25 ↑	9 ↓	14 ↓	23 ↓	23 ↓	17 ↓	17 ↑
Гроза	25 ↑	23 ↑	24 ↑	17 ↑	18 ↑	20 ↑	18 ↑	24 ↑
Пыльная (песчаная) буря	0,6 ↓	1,1 ↓	0,3 ↔	0,8 ↓	4,8 ↓	1,4 ↓	2,2 ↓	0,2 ↓

Примечание: ↓ – уменьшение, ↑ – увеличение, ↔ – без изменений; полужирный шрифт – статистически значимые изменения по критерию Стьюдента на уровне 5 %; курсив – R² трендов достоверен по критерию Фишера на уровне 5 %.

Note: ↓ – decrease, ↑ – increase, ↔ - no change; in bold – statistically significant changes according to Student's t-test at the level of 5%, in italics – R² of the trends is reliable according Fisher's criterion at the level of 5%.

Метеорология

Головин А.В., Орлова Е.С., Резников В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.

Для выделения территорий с наибольшей частотой возникновения атмосферных климатических рисков средние многолетние значения были нормированы и суммированы. В холодный период (рис. 1а) чаще всего атмосферные явления, формирующие риски, наблюдаются на метеостанциях Бийск-Зональная, Ребриха, Рубцовск; реже – на Камень-на-Оби, Славгород, Солонешное. Ребриха занимает лидирующие позиции по количеству числа дней с гололедом, очень сильным ветром и метелью; Рубцовск – с метелью, ледяным дождем, мокрым снегом; Бийск-Зональная – с аномально холодной погодой, очень сильным снегом, туманом. В теплый период (рис. 1б) частота проявления рисков более равномерная, исключение составляют метеостанции Бийск-Зональная и Камень-на-Оби, которым соответствуют максимум и минимум значений метеопараметров. Бийск-Зональная выделяется большим числом дней с градом, мокрым снегом и ледяным дождем (рис. 1в).

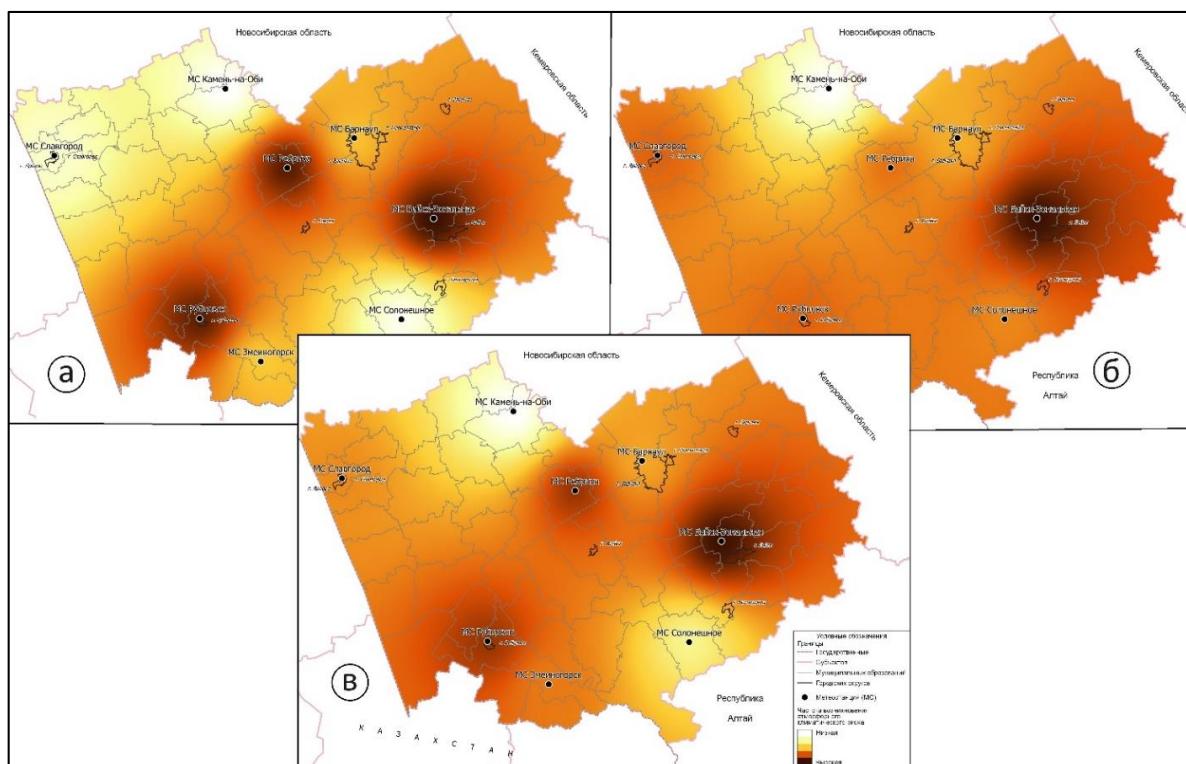


Рис. 1. Частота проявления опасных и неблагоприятных явлений, формирующих атмосферные климатические риски в Алтайском крае: а) холодный период, б) теплый период, в) год

Fig. 1. Frequency of occurrence of dangerous and unfavorable phenomena forming atmospheric climate risks in Altai Krai: a) cold period, b) warm period, c) year

Атмосферные климатические риски с разной интенсивностью и частотой влияют на экономическую деятельность и социальную сферу, причем может отличаться характер этого воздействия. В наибольшей степени атмосферным рискам подвержены развитые отрасли Алтайского края: сельское хозяйство, лесное хозяйство, транспорт, рекреация, туризм; а также здоровье населения; в меньшей степени – ЖКХ, строительство, производство и передача электроэнергии, обрабатывающая и добывающая промышленность, водное хозяйство (рис. 2).

Возникновение одного негативного явления оказывается на ряде отраслей, в то время как комплекс явлений наносит ущерб всей экономике региона. В теплый период, как правило, возникают сочетания из ветра, дождя (ливня), града, грозы; в холодный период – метели, твердых осадков, понижения температуры. Наиболее разрушительными в крае являются комплексы явлений теплого периода, включающие очень сильный и ураганный ветер. Например, в центральных районах Алтайского края и в г. Барнауле 23 июня 2018 г. при прохождении суперячейки был отмечен очень сильный ветер (порывы, шквал), сопровождающийся ливнем, грозой, градом: в результате повалены деревья, башенный кран, повреждены линии электропередач, отмечены обрывы проводов, опрокинуты автомобили, повреждены крыши зданий и сооружений.

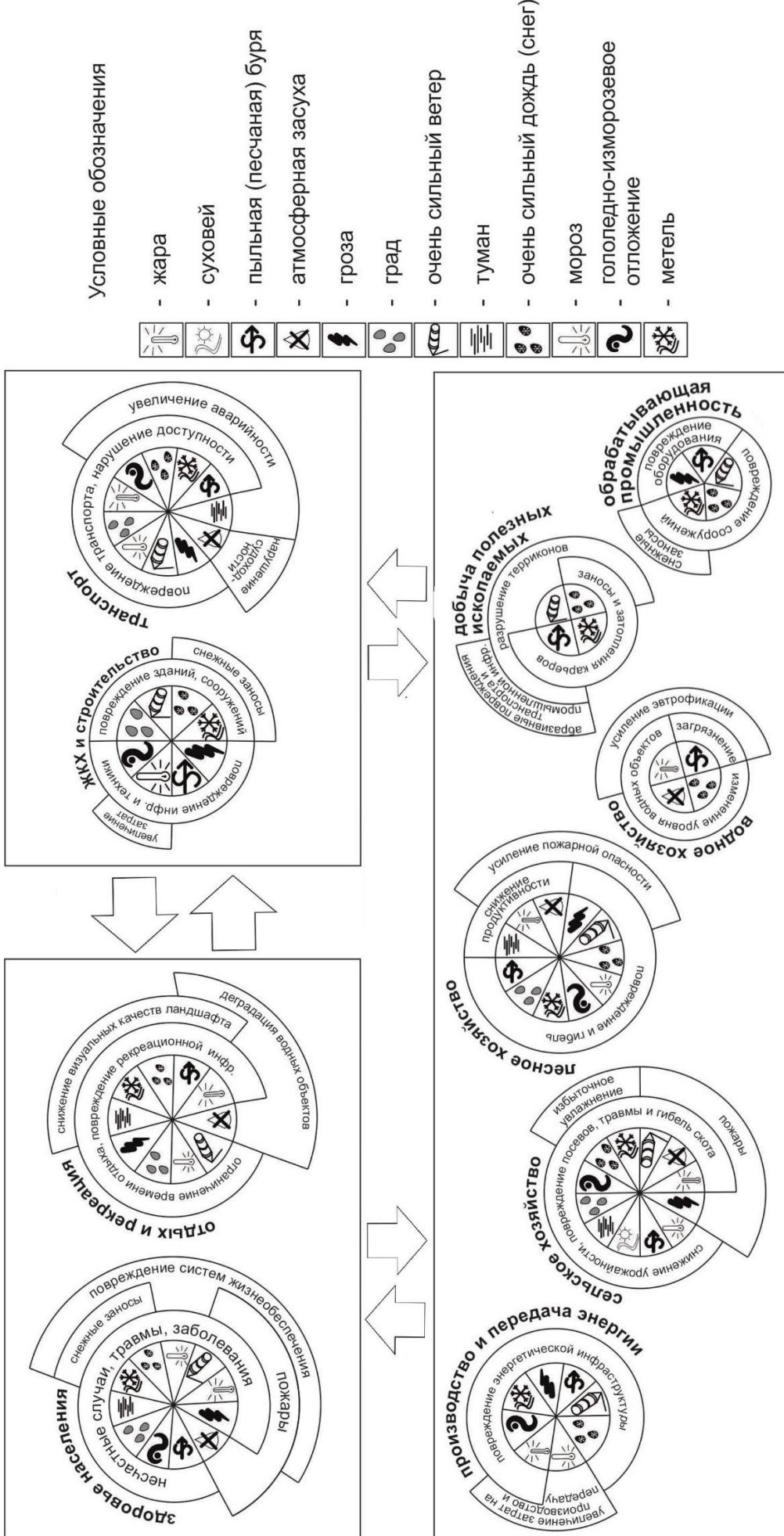


Рис. 2. Воздействие опасных и неблагоприятных явлений, формирующих риски, на отрасли экономики Алтайского края (составлено автором)
Fig. 2. Impact of dangerous and unfavorable phenomena creating risks in economic sectors of Altai Krai (compiled by the author)

Метеорология

Головин А.В., Орлова Е.С., Резник В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.

Сельское хозяйство является отраслью специализации экономики Алтайского края. Аграрный сектор предопределяет общую динамику социально-экономического развития региона. Производимая сельскохозяйственная продукция не только вывозится в другие субъекты РФ, но и экспортится в страны Прибалтики, Центральной и Юго-Восточной Азии.

В теплый период практически ежегодно наблюдаются бездождевые периоды (более 10 дней с осадками менее 1 мм) с экстремально высокими температурами воздуха и ветром, способствующие возникновению засух, суховеев, пыльных (песчаных) бурь, пожаров. Это приводит к уменьшению запасов продуктивной влаги в почве, повреждениям и гибели сельскохозяйственных культур, ухудшаются условия содержания и состояния скота и птицы. Выпадающие осадки могут носить ливневый характер и сопровождаться грозами, градом, шквалистым ветром, усиливая процессы водной эрозии и плоскостного смыва. В результате градобития теряются значительные площади посевов и соответствующие объемы сельхозпродукции. Образующийся после дождей туман затрудняет поступление солнечной радиации, необходимой для роста растений, и вносит свои корректировки в график созревания и сбора; снижает урожайность сельскохозяйственных культур.

В зимний период при совокупности факторов (высота снежного покрова, температура воздуха) возможно как вымерзание озимых, так и их выпревание. Все это приводит к снижению количества и качества производимой продукции растениеводства и животноводства, создает дополнительные сложности при получении урожая, увеличивая трудовые и финансовые затраты.

Отдых и рекреация. Туристическая отрасль – это относительно новое стратегическое направление развития региона. Уникальные природно-климатические, экологические, социально-экономические условия, а также богатое культурно-историческое наследие Алтайского края формируют широкие возможности для создания и развития туристической отрасли. Однако наблюдаемые климатические изменения могут привести к трансформации туристско-рекреационных ресурсов, перераспределению внутренних и международных туристических потоков [23, 5].

Атмосферные явления, составляющие климатический риск, ограничивают благоприятное, безопасное время отдыха как в палаточных лагерях, так и на туристических маршрутах; снижают визуальные качества ландшафта путем уменьшения дальности видимости и детериорации природных компонентов. В летний сезон возможно образование длительных периодов с экстремально высокими температурами воздуха и засухами, пыльными (песчаными) бурями. Это приводит к усилению эвтрофикации и усыханию водоемов из-за чего в дальнейшем становится невозможным их рекреационное использование. Усиление аридизации климата в регионе также способствует уменьшению площадей водоемов и деградации малых озер. Так, в XVIII и XIX вв., по мнению А.В. Шнитникова [19], Кулундинское озеро имело более значительные размеры и, вероятно, сливалось с оз. Мал. Яровое и рядом мелких озер.

Здоровье населения. В XXI в. остро стоит проблема влияния климатических изменений на здоровье населения. Изменение количества осадков, числа случаев с экстремальными погодными условиями, увеличение температуры воздуха приводят к обострению заболеваний, смертности, загрязнению воздуха, а также болезней, передаваемых через воду, пищу и животными [5].

Заключение

Анализ атмосферных климатических рисков показал, что особую опасность для экономики Алтайского края представляют часто повторяющиеся наиболее интенсивные метеорологические явления: очень сильный ветер, аномально жаркая погода, чрезвычайная пожарная опасность, суховеи, ураганный ветер, сильный мороз, аномально холодная погода.

Пространственное распределение опасных и неблагоприятных явлений, формирующих риски в регионе, неоднородно. Для западной части Алтайского края характерны риски, связанные с высокими температурами воздуха (жара), ветрами (суховеи, пыльные (песчаные) бури, очень сильный, ураганный ветер) и бездождевыми периодами (пожарная опасность, засуха); для восточной и предгорной частей – с низкими температурами (мороз) и сильными атмосферными осадками. Чаще всего эти явления отмечаются на метеостанции Бийск-Зональная как в теплый, так и в холодный период; в Рубцовске и Ребрихе – только в холодный период.

Увеличение частоты проявления негативных атмосферных явлений приводит к возрастанию затрат на обеспечение устойчивости функционирования всех сфер экономической деятельности и их адаптации к изменяющимся климатическим процессам. Необходимо уже сегодня в этих условиях понимать, какие значения климатических факторов являются нормальными. В связи с этим дальнейшую адаптацию экономики края необходимо проводить с учетом увеличения или уменьшения повторяемости неблагоприятных природных процессов.

При разработке планов адаптации, стратегий региона к изменению климата органами государственной власти и местного самоуправления важно учесть количественные характеристики вероятности проявления атмосферных явлений. Особое внимание следует обратить на рост продолжительности и частоты возникновения суховеев, аномально жаркой погоды и сильной жары, гроз, града, мокрого снега.

Атмосферные климатические риски негативно влияют на все отрасли экономики и здоровье населения Алтайского края. Наибольшие последствия испытывает чаще всего сельскохозяйственная отрасль в западных районах региона, где регистрируются интенсивные засухи, суховеи, заморозки, пожары и другие опасные процессы.

Метеорология**Головин А.В., Орлова Е.С., Резник В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.****Библиографический список**

1. Алтайский край. Атлас. М.-Барнаул, 1978. Т. 1. 235 с.
2. Воеиков А.И. Климаты земного шара, в особенности России. СПб: Издание картографического заведения А. Ильина, 1884. 671 с.
3. Всемирная конференция по уменьшению опасности бедствий. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/hyogoframework.shtml (дата обращения 19.02.2024)
4. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ – МЦД). URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения 05.03.2024)
5. Изменение климата и экономики России: тенденции, сценарии, прогнозы: монография / под ред. Б.Н. Парфирьева, В.И. Данилова-Данильяна. М.: Научный консультант, 2022. 514 с.
6. Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Задде Г.О. Региональные особенности современных климатоэкологических изменений в Сибири // Вестник ТГУ. Серия Науки о Земле. 2003. № 3 (IV). С. 174–178. EDN: VXGWJX
7. Колдомасов Л.И. Климат Западной Сибири. Новосибирск: Новосибгиз, 1947. 59 с.
8. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. М.: Наука, 1971. 576 с.
9. Отчет НИР по теме: «Разработка отдельных разделов паспорта климатической безопасности Алтайского края» / науч. рук. д.б.н., проф. А.В. Пузанов, отв. исполнитель В.Ф. Резников. Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2022. 269 с. рег. № 122112800045-2
10. Паромов В.В., Нарожный Ю.К., Нарожная О.В. Тенденции современных изменений приземной температуры воздуха и атмосферных осадков на юге Западной Сибири // Вопросы географии Сибири. 1999. №. 23. С. 124–140.
11. Перечень опасных природных гидрометеорологических явлений на территории Алтайского края. URL: <https://meteo22.ru/upload/iblock/d22/Untitled.FR211020191058.pdf> (дата обращения 03.04.2024)
12. Пон'ко В.А. О природе циклов погоды и климата // Цикличность увлажнения юга Западной Сибири. 1983. № 45. С. 3–20.
13. Приказ Минэкономразвития России от 13 мая 2021 г. № 267 «Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата». URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/b3cc582c24e7367170b5605f1199c6a9/267_13052021.pdf (дата обращения 05.03.2024)
14. Сапожников В.Б. По Алтаю: дневник путешествия 1895 г. (с 40 таблицами видов и 3-мя картами). Томск: Паровая типолитография П.И. Макушкина, 1897. 127 с.
15. Сляднев А.П. Очерки климата Алтайского края. Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1958. 140 с.
16. Сухова М.Г., Рusanov B.II. Климаты ландшафтов Горного Алтая и их оценка для жизнедеятельности человека. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 150 с. ISBN: 5-7692-0673-X EDN: QKEIID
17. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме / Росгидромет. СПб: Наукомкие технологии, 2022. 124 с.
18. Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона. Барнаул: Из-во Алт. ун-та, 2013. 156 с. ISBN: 978-5-7904-1381-0 EDN: SIHPVF
19. Шнитников А.В. Озера Западной Сибири и Северного Казахстана и многовековая изменчивость увлажненности степей // Труды Лаборатории озероведения АН СССР. 1957. Т. 5. С. 5–63.
20. Шостакович В.Б. Климат Иркутска: Результаты наблюдений Иркутской магнитно-метеорологической обсерватории за 30-летие 1887–1916 гг. Иркутск, 1920. 102 с.
21. Шостакович В.Б. Материалы для изучения климата Енисейской губернии. Иркутск: типолитография П.И. Макушкина и В.М. Посьхина, 1917. 103 с.
22. IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. 3056 pp. DOI: 10.1017/9781009325844
23. Scott D. et. al. Climate change and the distribution of climatic resources for tourism in North America // Climate research. 2004. Vol. 27, No. 2. P. 105–117.

Reference

1. Altajskii kraj. Atlas (Altai Krai. Atlas). Moscow-Barnaul, 1978. V. 1, 235 p. (In Russian)
2. Voeikov A.I. (1884) Klimaty zemnogo shara, v osobennosti Rossii. (Climates of the globe, especially Russia). St. Petersburg: Publication of the cartographic institution of A. Ilyin, (in Russian)
3. Vsemirnaya konferentsiya po umen'sheniyu opasnosti bedstvii (World Conference on Disaster Risk Reduction). URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/hyogoframework.shtml (access date 19.02.2024).
4. Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut gidrometeorologicheskoi informatsii – Mirovoi tsentr dannikh (VNIIGMI – MTSD) (All-Russia Research Institute of Hydrometeorological Information, World Data Centre). URL: <http://meteo.ru/> (access date 05.03.2024).
5. Izmenenie klimata i ekonomika Rossii: tendentsii, stsenarii, prognozy (Climate change and the Russian economy: trends, scenarios, forecasts). B.N. Porfir'yev, V.I. Danilov-Danil'yan (Eds.), Moscow: Publishing house scientific consultant, 2022. 514 p. (In Russian)
6. Ippolitov I.I., Kabanov M.V., Zadde G.O. (2003). Regional'nye osobennosti sovremennoykh klimatoekologicheskikh izmenenii v Sibiri (Regional features of modern climate-ecological changes in Siberia), *Bulletin of TSU. Earth Science Series*, No. 3(4), p.174–178 (in Russian)
7. Koldomasov L.I. Klimat Zapadnoi Sibiri (Climate of West Siberia). Novosibirsk, Novosibirsk book publishing house, 1947. 59p. (in Russian)
8. Mitropol'skiy A.K. Tekhnika statisticheskikh vychislenii (Statistical computing technique). Moscow: The science, 1971. 576 p. (in Russian)
9. Razrabotka otdel'nykh razdelov pasporta klimaticheskoi bezopasnosti Altaiskogo kraya (Development of individual sections of the Altai Krai climate safety passport), A.V. Puzanov, V.F. Reznikov (Eds.), Barnaul, IWEP SB RAS, 2022. 269 p. (in Russian)
10. Paromov V.V., Narozhnyi YU.K., Narozhnaya O.V. (1999). Tendentsii sovremennoykh izmenenii prizemnoi temperatury vozdukhha i atmosfernykh osadkov na yuge Zapadnoi Sibiri [Trends in modern changes in surface air temperature and precipitation in the south of West Siberia]. *Questions of geography of Siberia*. No. 23, p. 124–140. (in Russian)
11. Perechen' opasnykh prirodnykh gidrometeorologicheskikh yavlenii na territorii Altaiskogo kraya (List of hydro-meteorological hazards in the Altai Krai). URL: <https://meteo22.ru/upload/iblock/d22/Untitled.FR211020191058.pdf> (access date 03.04.2024).
12. Pon'ko V.A. (1983). O prirode tsiklov pogody i klimata (On the nature of weather and climate cycles). *Tsiklichnost' uvlazhneniya yuga Zapadnoi Sibiri*, No. 45. p. 3–20 (in Russian)

Метеорология

Головин А.В., Орлова Е.С., Резник В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.

13. Prikaz Minekonomrazvitiya Rossii ot 13 maya 2021 g., 267 «Ob utverzhdenii metodicheskikh rekomendacij i pokazatelej po voprosam adaptacii k izmeneniyam klimata» (Order No. 267 of the Ministry of Economic Development of Russia dated May 13, 2021, «On Approval of Methodological Recommendations and Indicators on Adaptation to Climate Change»). URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/b3cc582c24e7367170b5605f1199c6a9/267_13052021.pdf (access date 05.03.2024) (in Russian)
14. Sapozhnikov V.V. *Po Altayu: dnevnik puteshestviya 1895 g. (s 40 tablitsami vidov i 3-my kartami)* (Across Altai: travel diary of 1895 (with 40 species tables and 3 maps)). Tomsk, Steam typo-lithography of P.I. Makushin, 1897. 127 p. (in Russian)
15. Slyadnev A.P. *Ocherki klimata Altaiskogo kraja* [Essays on Altai Krai climate]. Barnaul, Altai book publishing house, 1958. 140 p. (in Russian)
16. Sukhova M.G., Rusanov V.I. *Klimaty landshaftov Gornogo Altaya i ikh otsenka dlya zhiznedeyatel'nosti cheloveka* (Climates of Gorny Altai landscapes and their assessment for human life). Novosibirsk, publishing house of SB RAS, 2004. 150 p. (in Russian)
17. *Tretii otsenochnyi doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. Obshchee rezyume* (Third estimation report on climate changes and their consequences on the territory of Russian Federation), I.A. Shumakov (Eds.), Saint Petersburg, Roshydromet, 2022. 124 p. (in Russian)
18. Kharlamova N.F. *Otsenka i prognoz sovremennykh izmenenii klimata Altaiskogo regiona* (Assessment and forecast of climate changes modern Altai region). Barnaul, Publishing house of the Alt. University Press., 2013. 156 p. (in Russian)
19. Shnitnikov A.V. (1957). *Ozera Zapadnoi Sibiri i Severnogo Kazakhstana i mnogovekovaya izmenchivost' uvlazhnennosti stepei* (Lakes of Western Siberia and Northern Kazakhstan and centuries-old variability of steppe moisture content). *Proceedings of the Laboratory of Lake Science of the USSR Academy of Sciences*. No. 5. p. 5–63. (In Russian)
20. Shostakovich V.B. *Klimat Irkutsk: Rezul'taty nablyudenii Irkutskoi magnitno-meteorologicheskoi observatorii za 30-letie 1887-1916 gg.* (Climate of Irkutsk: Results of observations of the Irkutsk Magnetic Meteorological Observatory for the thirty years of 1887-1916). Irkutsk, 1920. 102 p. (In Russian)
21. Shostakovich V.B. *Materialy dlya izucheniya klimata Eniseiskoi gubernii* (Materials for studying the climate of the Yeniseysk Governorate). Irkutsk, Steam typo-lithography of P.I. Makushin, 1917. 103 p. (In Russian)
22. IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, p. 3056. DOI:10.1017/9781009325844.
23. Scott D. et al. (2004) Climate change and the distribution of climatic resources for tourism in North America, *Climate research*, No. 27, p. 105-117.

Статья поступила в редакцию: 10.07.24, одобрена после рецензирования: 08.08.24, принятая к опубликованию: 12.12.25.

The article was submitted: 10 July 2024; approved after review: 8 August 2024; accepted for publication: 12 December 2025.

Информация об авторах**Антон Владимирович Головин**

младший научный сотрудник, лаборатория водных ресурсов и водопользования, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук;
656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1
e-mail: golovin.anton.vl@gmail.com

Елена Сергеевна Орлова

младший научный сотрудник, лаборатория водных ресурсов и водопользования, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук;
656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1
e-mail: morana-11@mail.ru

Виктор Фёдорович Резников

ведущий инженер, лаборатория водных ресурсов и водопользования, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук;
656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1
e-mail: rvf@iwep.ru

Михаил Сергеевич Губарев

ведущий инженер, лаборатория водных ресурсов и водопользования, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук;
656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1
e-mail: maik1980@bk.ru

Information about the authors**Anton V. Golovin**

Junior Researcher, Laboratory of Water Resources Management, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Russia

Elena S. Orlova

Junior Researcher, Laboratory of Water Resources Management, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Russia

Victor F. Reznikov

Leading Engineer, Laboratory of Water Resources Management, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Russia

Mikhail S. Gubarev

Leading Engineer, Laboratory of Water Resources Management, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Russia

Метеорология

Головин А.В., Орлова Е.С., Резник В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.

Ирина Дмитриевна Рыбкина

доктор географических наук, доцент, заведующий лаборатории водных ресурсов и водопользования, ведущий научный сотрудник, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук;

656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1

e-mail: irina.rybkina@mail.ru

Irina D. Rybkina

Doctor of Geographical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Water Resources Management, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;

1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Russia

Вклад авторов

Головин А.В. – формулировка идеи, постановка задачи исследования, сбор и обработка материала, визуализация результата, написание статьи.

Орлова Е.С. – формулировка идеи, сбор и обработка материала, визуализация результата.

Резников В.Ф. – формулировка идеи, научное редактирование текста.

Губарев М.С. – обработка материала.

Рыбкина И.Д. – научное редактирование текста.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Anton V. Golovin – formulation of the idea and research task; material collection and processing; visualization of the result; writing of the article.

Elena S. Orlova – formulation of the idea; material collection and processing; visualization of the result.

Victor F. Reznikov – formulation of the idea; scientific editing of the text.

Mikhail S. Gubarev – material processing.

Irina D. Rybkina – scientific editing of the text.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.