

УТВЕРЖДЕН
распоряжением Главы Республики
Алтай, Председателя Правительства
Республики Алтай
от «1» декабря 2022 г. № 874-рГ

**ПАСПОРТ КЛИМАТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ**

Список исполнителей

Науч. сотрудник Горно-Алтайского филиала
ИВЭП СО РАН, к.г.-м.н.

Р.В. Любимов

Науч. сотрудник Горно-Алтайского филиала
ИВЭП СО РАН, к.г.-м.н.

В.А. Ситникова

Науч. сотрудник Горно-Алтайского филиала
ИВЭП СО РАН, канд. геогр. наук.

К.С. Савенко

Науч. сотрудник Горно-Алтайского филиала
ИВЭП СО РАН, канд. геогр. наук.

О.П. Николаева

Специалист II категории Горно-Алтайского отделения
филиала "СРЦ ГМСН"

М.С. Достовалова

Содержание

Введение	4
1. Физико-географическое описание территории Республики Алтай	5
1.1. Географическое положение	5
1.2. Рельеф	6
1.3. Геологические и гидрогеологические условия	7
1.4. Инженерно-геологические условия	9
1.5. Почвенно-растительный покров	11
1.6. Водные объекты и ресурсы	12
1.7. Земельные ресурсы	13
1.8. Минеральные ресурсы	15
2. Социально-экономическая характеристика территории Республики Алтай и влияние погодно-климатических факторов на инфраструктуру региона	18
2.1. Структура экономики и основные экономические показатели	18
2.2. Структура населения и основные социальные показатели	28
2.3. Объекты экономики и социальной сферы, подверженные погодно-климатическому воздействию	29
3. Климатические условия территории Республики Алтай	34
3.1. Основные климатообразующие факторы	34
3.2. Ландшафтно-климатическое зонирование	38
3.3. Термический режим	41
3.4. Режим увлажнения	43
3.5. Характеристика ветров	45
4. Динамика изменений климатических характеристик в период 1960-2021 гг. ...	49
4.1. Радиационный режим	51
4.2. Термический режим	52
4.3. Режим увлажнения	57
4.4. Ветровой режим	61
4.5. Опасные метеорологические явления	63
4.6. Опасные гидрологические явления и режимы рек	66
5. Изменения объектов окружающей среды на территории Республики Алтай, обусловленные изменениями климатических характеристик. Динамика и прогноз состояния	75
5.1. Деградация многолетнемерзлых пород, засоление почв, опустынивание	75
5.2. Характеристика пожароопасности территории Республики Алтай	87
5.3. Изменение экосистем	91
6. Прогнозные (сценарные) оценки изменений климатических характеристик на территории Республики Алтай до середины XXI века	95
6.1. Обзор прогнозных климатических моделей оценки изменений климата на территории Республики Алтай	95
6.2. Прогнозные оценки изменения климатических характеристик на территории Республики Алтай	98
6.2.1. Прогноз изменения термического режима	98
6.2.2. Прогноз изменения режима увлажнения и снежного покрова	102
6.2.3. Прогноз изменения других климатических характеристик	106
6.3. Прогноз изменения опасных явлений	107
7. Оценка климатических рисков для населения и хозяйственных объектов территории Республики Алтай	109
7.1. Оценка подверженности территории Республики Алтай воздействию опасных явлений и других погодно-климатических факторов	109
7.2. Оценка социально-экономического ущерба и рисков от опасных явлений	114
7.3. Последствия от наиболее значимых опасных явлений для погодо- и климатозависимых отраслей экономики, элементов социальной инфраструктуры. Общие рекомендации по адаптации	120
Заключение	123
Список использованных источников и литературы	127
Приложения	134

Введение

Настоящий паспорт климатической безопасности территории Республики Алтай (далее – Паспорт) разработан во исполнение пункта 5 Приложения к национальному плану мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года, утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2019 г. N 3183-р (Собрание законодательства Российской Федерации, 2020, N 1, ст. 115) с целью обеспечения унифицированного подхода к обоснованию и разработке региональных планов адаптации к изменениям климата.

Паспорт является информационно-аналитической основой для определения мер, в том числе упреждающих, по защите жизненно важных интересов личности, общества и государства от воздействия опасных природных явлений, засоления почв, деградации лесов и земель, опустынивания, роста пожароопасности, снижения биоразнообразия, изменения состояния популяций видов растений и животных, включенных в Красную книгу Российской Федерации, а также имеющих социально-экономическое значение, с целью адаптации к изменениям и изменчивости климата с учетом особенностей территорий и их экосистем, а также тенденций региональных изменений климата.

Климатический паспорт предназначен для:

- определения потенциальных рисков для секторов экономики и социальной сферы, связанных с воздействием опасных природных явлений, засоления почв, деградации лесов и земель, роста пожароопасности, уменьшения биоразнообразия, опустынивания на территории субъекта Российской Федерации;

- оценки возможных негативных последствий погодно-климатических воздействий с учетом физико-географических особенностей и социально-экономических условий субъекта Российской Федерации;

- выявления на территории субъекта Российской Федерации объектов и районов, наиболее уязвимых (потенциально уязвимых) с точки зрения погодно-климатических воздействий;

- выявления погодно-климатических опасностей межрегионального характера, включая смежные территории субъектов, бассейны рек, морские побережья и акватории исключительной экономической зоны Российской Федерации, зоны линейных объектов.

При подготовке Паспорта, оценка погодно-климатических изменений и рисков от опасных метеорологических и гидрологических явлений проводилась на основе данных Горно-Алтайского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала ФГБУ "Западно-Сибирское УГМС" и ВНИИГМИ-МЦД. Обработка метеоданных проводилась с помощью стандартных инструментов MSExcel, также использовался модуль ArcGis 10.4.1 с методами интерполяции обратно взвешенных расстояний и Splain.

При подготовке Паспорта также использовались научные труды климатологов в разные периоды изучавших особенности местных климатов и факторов их формирования. Особо стоит отметить труды: Сляднева А.П. [84]; Русанова В.И. [6,75]; Харламовой Н.Ф. [40,96,97,103]; Модиной Т.Д. [48-52]; Суховой М.Г. [26,47,53,66,86,97,103,109,113] и др. В этих трудах обобщены данные по характеристике местных климатов низкогорья, среднегорья и высокогорья, речных долин и котловин, а также охарактеризованы закономерности формирования горного климата.

1. Физико-географическое описание территории Республики Алтай

1.1. Географическое положение

Республика Алтай (РА) расположена на юге Западной Сибири, в самом центре Евразии. Практически на одинаковом расстоянии она отстоит от четырех океанов – Атлантического, Тихого, Северного Ледовитого и Индийского.

Как субъект Российской Федерации республика входит в состав Сибирского федерального округа и является частью Западно-Сибирского экономического района. Более ранние названия региона – Горно-Алтайская автономная область (с 1948 г.) и Ойротская автономная область (с 1922 г.).

Общая площадь Республики Алтай – 92,9 тыс. км², протяженность с севера на юг – 360 километров, с запада на восток – 380 километров. Она имеет государственную границу: на юго-западе с Республикой Казахстан (505 км), на юге с Китайской Народной Республикой (55 км), на юго-востоке с Монголией (290 км). Внутри страны РА граничит с четырьмя субъектами: на северо-западе с Алтайским краем, на северо-востоке с Кемеровской областью и Республикой Хакасия, на востоке с Республикой Тыва (рис. 1) [5].

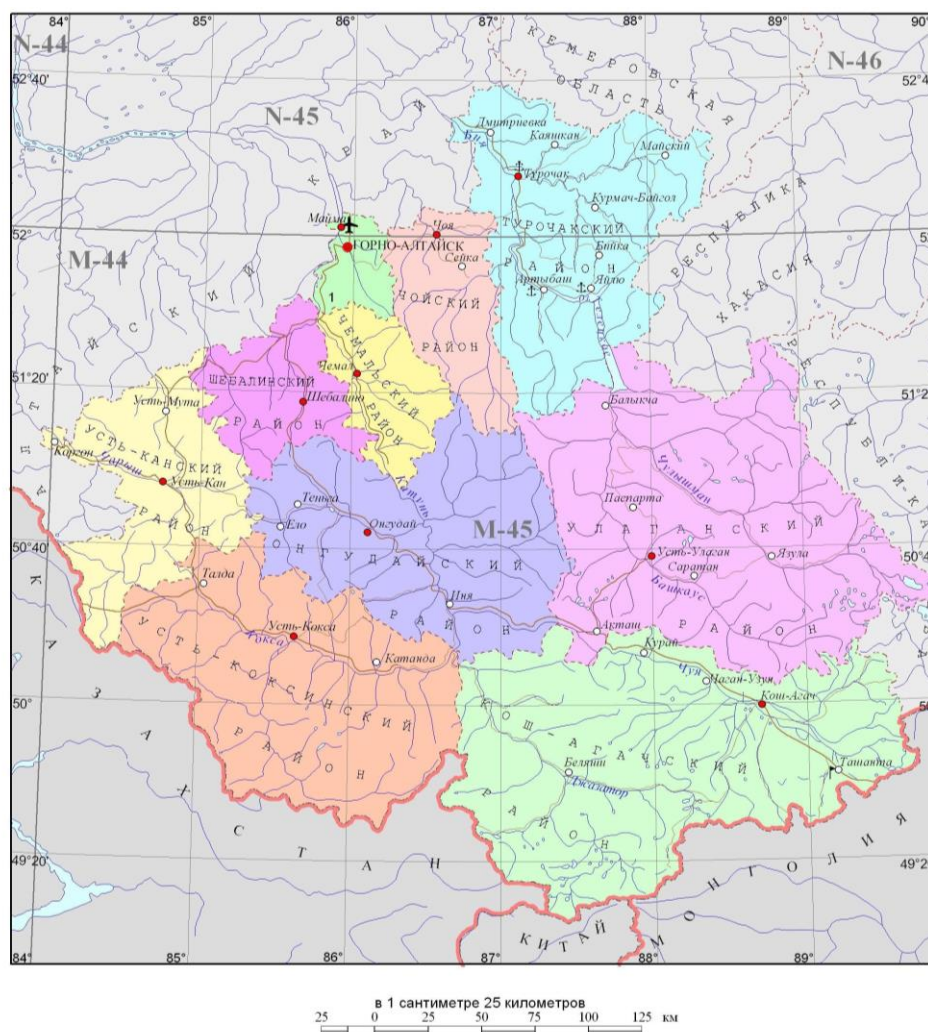


Рис. 1. Карта-схема географического положения и административного деления Республики Алтай

Республика Алтай состоит из 10 муниципальных районов (Кош-Агачский, Майминский, Онгудайский, Турочакский, Улаганский, Усть-Канский, Усть-Коксинский, Чемальский, Чойский, Шебалинский) и административного центра, единственно в республике города Горно-Алтайска (рис. 1). Также на территории региона насчитывается 91 сельское поселение и 246 сельских населенных пунктов.

Протяженность автомобильных дорог в регионе составляет 6410 км, в том числе трасса федерального значения – Р-256 "Чуйский тракт" (704 км).

1.2. Рельеф

Республика Алтай занимает центральную часть Горного Алтая – обширной области, входящей в состав Алтае-Саянской горной страны. Территория республики на севере ограничена Западно-Сибирской равниной, на западе – Казахским мелкосопочником, с юго-востока к ней примыкает Монгольский Алтай, на востоке – горные районы Тывы, на северо-востоке – Западные Саяны и Горная Шория.

Выделяются три цепи горных хребтов – южная, центральная и северная. Южную цепь составляют хребты Тигирецкий, Коксуйский, Холзун, Листвяга, Катунский и Южно-Чуйский. В центральной цепи находятся хребты Северо-Чуйский, Теректинский, Башчелакский, Ануйский, Чергинский и Семинский. В северной цепи выделяются хребты Айгулакский, Сумультинский, Иолго. В северной части горной страны хребты веерообразно расходятся из отдельных узлов с общим направлением, близким к меридиональному. Такое направление имеют последовательно сменяющие друг друга хребты Чихачева, Шапшальский и Абаканский на стыке Горного Алтая с Западным Саяном. Водоразделами между системой Катунь и Бия служат хребты, ориентированные в субмеридиональном и северо-западном направлении – Курайский, Айгулакский, Сумультинский и Иолго, а между Катунью и другими крупными левыми притоками р. Оби – хребты Семинский, Чергинский, Ануйский и Башчелакский [5].

Характерная черта орографии Горного Алтая, определяющая основные особенности его климата, почвенного и растительного покрова, заключается в сочетании альпийских и уплощенных горных хребтов, узких и широких долин, переходящих в межгорные незамкнутые впадины – Чуйская, Уймонская, Курайская, Канская и другие котловины (степи) и котловинообразные понижения рельефа.

Абсолютные отметки рельефа варьируются от 250 м (русло р. Катунь в с. Майма) до 4509 м (г. Белуха). Средняя отметка высоты составляет 2150 м при наиболее встречаемых высотах 1500-2500 м. Постепенное повышение высоты местности происходит в направлении с северо-запада на юго-восток.

Низкогорный рельеф преобладает в северной части Республики Алтай, в административном отношении соответствуя Майминскому, Чойскому и Турочакскому районам. Абсолютные отметки нарастают от 230 до 1000 м. Водоразделы обособлены широкими долинами рек Катунь, Бия и их притоков.

Среднегорье занимает центральную и западную части РА, в административном отношении соответствуя Шебалинскому, Чемальскому, Онгудайскому, Усть-Канскому и, частично, Усть-Коксинскому районам. Среднегорный пояс представлен хребтами северо-западного и субмеридионального простирания (Коксинский, Коргонский, Башчелакский,

Ануйский, Чергинский и др.) с колебаниями абсолютных отметок от 400 м в долинах до 2000-2500 м на хребтах. Все разнообразие рельефа среднегорного пояса можно свести к двум основным типам рельефа: альпийскому среднегорью и гольцовому среднегорью.

Высокогорный рельеф занимает более 30% площади региона, а 2,5% его территории расположено на высоте 3000-4500 м. В административном отношении это Усть-Коксинский, Улаганский и Кош-Агачский районы. Наиболее высокие хребты – Катунский, Южно-Чуйский и Северо-Чуйский – с обширными долинными и каровыми ледниками. В высокогорной части республики характерен ледниковый рельеф с остроконечными вершинами, разрушенные карами склоны и глубокие троговые долины. Относительные превышения вершин над днищами долин достигают 1500 м и более.

Высокогорная и среднегорная части республики покрыты таёжными лесами, поднимающимися до высот 1700 м, а в высокогорной части – до 2200 м.

Межгорные впадины расположены преимущественно на двух высотных уровнях. В среднегорном поясе в интервале высот от 800 м до 1200 м находятся Уймонская, Канская, Урскульская, Абайская, Улаганская впадины. В высокогорном поясе днища котловин находятся в пределах высот от 1500 м до 1900 м. Они представлены Чуйской, Курайской, Самахинской, Бертекской, Джулукульской впадинами. Наиболее обширной котловиной является Чуйская впадина, ее абсолютные отметки колеблются в интервале 1750-1900 м, протяженность с запада на восток около 70 км, с севера на юг – около 40 км. В административном отношении – это наиболее обжитая высокогорная впадина, в пределах которой проживает около 15 тыс. человек. Все котловины включают в себя широкие речные долины. К коренным склонам котловин примыкают обширные присклоновые шлейфы и конусы выноса небольших постоянных и временных водотоков.

Геоморфология региона достаточно сложна и имеет характерные черты, свойственные только этой горной стране. На ее территории выделяют две основные категории рельефа – горный тектоно-скульптурный и горный тектоно-аккумулятивный, включающие следующие связанные с нисходящими высотными поясами типы рельефа: типичный альпийский, экзарационно-нивальный и ледниковый аккумулятивный, среднегорный эрозионно-денудационный литоморфный, низкогорный эрозионно-аккумулятивный и литоморфный эрозионно-денудационный, тектоно-аккумулятивный. Эти основные типы включают также большое количество крупных и локальных геоморфологических форм рельефа [99].

Кроме природных форм рельефа, в речных долинах района широко развиты антропогенные формы – дорожные насыпи, карьеры, выемки. В результате воздействия гравитационных и эрозионных процессов они нередко преобразуются в новейшие формы рельефа – эрозионные борозды, промоины, овраги, конусы выноса, шлейфы, оползни и пр.

1.3. Геологические и гидрогеологические условия

Территория Республики Алтай представляет собой крайнюю юго-западную часть Алтае-Саянской складчатой области и характеризуется сложным складчато-блоковым строением, сформированным в процессе длительного многоэтапного развития. Начало формирования геологических структур приходится на поздний докембрий, в конце палеозоя их развитие, в основном, было завершено, а в более поздний период времени происхо-

дили процессы тектоно-магматической активизации и тектонической перестройки, окончательно сформировавшие современную блоковую структуру рассматриваемой территории. При этом в структурно-тектоническом плане для данной территории типично сочетание общего мозаично-блокового строения и многоярусности отдельных блоков разных форм и размеров, характеризующихся различной степенью дислоцированности и метаморфизма слагающих их пород.

В геологическом строении территории республики принимает участие большое количество структурно-вещественных комплексов, которые в соответствии с их возрастом, составом, структурно-тектонической и геодинамической позицией могут быть рассмотрены как производные основных шести этапов геологического развития региона в составе соответствующих мегакомплексов.

Позднерифейско-раннекембрийский (субокеанический) мегакомплекс. Основой мегакомплекса являются породные ассоциации кремнисто-карбонатной и кремнисто-карбонатно-глинистой формаций, базальт-трахибазальтовой формации, менее развиты породы базальтовой и офиолитовой формаций с гипербазитами (чаганузунский комплекс) фрагментов океанической коры, формации рифогенных известняков.

Раннекембрийско-раннеордовикский (островодужный) мегакомплекс объединяет стратифицированные, интрузивные и метаморфические подразделения раннекембрийского (раннеостроводужного) субмегакомплекса и среднекембрийско-раннеордовикского субмегакомплекса. Вещественной основой раннеостроводужного субмегакомплекса являются осадочно-вулканогенные формации с развитием базальтоидов толеитовой, известково-щелочной и, фрагментарно, бонинит-марианитовой серий. Позднеостроводужный субмегакомплекс характеризуется развитием терригенных флишоидных толщ, на востоке площади фациально сменяющихся молассоидными отложениями.

Раннеордовикско-раннедевонский (пассивно-окраинно-континентальный) мегакомплекс включает в свой состав отложения, представляющие собой шельфовые образования с преимущественно карбонатно-терригенным и терригенным типом разреза, при этом достаточно широко развиты известняковые рифовые постройки, мелководные и прибрежно-лагунные фации.

Раннедевонско-раннекаменноугольный (активно-окраинно-континентальный) мегакомплекс. Вещественную основу данного мегакомплекса составляют породные ассоциации осадочно-вулканогенных формаций и соответствующих вулканических комплексов ранне-среднедевонского возраста.

Каменноугольно-юрский (позднеколлизийный) мегакомплекс включает перм-триасовые и юрские интрузивные образования, развитые в южной и восточной части РА и представленные в своем основном объеме гранитоидными комплексами анорогенного типа, а также континентальные угленосные, существенно терригенные отложения. Последние на территории РА развиты в очень ограниченном объеме, в виде мелких наложенных впадин и грабен на площади и на границах древних мегакомплексов.

Мезо-кайнозойский (внутриконтинентальный) мегакомплекс сложен в основном нелифтированными рыхлыми отложениями различного генезиса. По долинам рек широко развиты аллювиальные, аллювиально-озерные, а также флювиогляциально-аллювиальные отложения террасового комплекса, при этом последние рассматриваются некоторыми исследователями как «катафлювиальные» образования, созданные потоками

прорывов ледниково-подпрудных озер последнего оледенения. Большой объем подразделений мегакомплекса, включающих органогенные и хемогенные фации, ледниковые и водно-ледниковые песчано-валунные отложения, сосредоточен в межгорных Уймонской, Курайской, Чуйской, Джулукульской, Бертекской котловинах. В низкогорных районах северо-восточной части региона фиксируется развитие каолинит-монтмориллонит-гидрослюдистых кор выветривания верхнемелпалеогенового и палеоген-неогенового возраста и покровных делювиально-пролювиальных и лессовидных суглинков (QIII-H).

На территории Республики Алтай выделено десять структурно-формационных зон, состоящих из большого (более сорока) количества блоков более высокого порядка и в совокупности составляющих структуру салаирско-каледонского фундамента (нижний структурный этаж). Как образования среднего структурного этажа выделены 15 наиболее крупных орогенно-дейтероорогенных наложенных прогибов, впадин, грабенов и групп грабенов, 10 приразломных впадин; в качестве тектонических подразделений верхнего структурного этажа на схеме структурно-формационного районирования отражены пять наиболее крупных наложенных впадин кайнозойского возраста.

Разрывные нарушения региона характеризуются невыдержанностью ориентировки и морфологии, что является результатом их мультистадийного развития, при этом в южной части РА преобладающее развитие имеют субширотные линеаменты (Теректинский, Белухинский, Курайский разломы), к северу и к западу по типу «чешуйчатого веера» сочлененные с крупными сдвигами северо-западной (Бащелакский, Кадринский разломы) и субмеридианальной (Телецкий, Каракольский разломы) ориентировки. К северо-востоку последние дугообразно изгибаются и приобретают северо-восточное простирание (Сийский разлом) и взбросо-надвиговую кинематическую составляющую. В региональном гидрогеологическом плане Горный Алтай находится в западной части Саяно-Алтайского бассейна корово-блоковых безнапорных и напорных подземных вод. На его территории проявлено два типа гидрогеологических структур – бассейны жильно-блоковых вод и межгорные бассейны блоково-пластовых и пластовых вод [63].

В первых из них подземные воды приурочены к водоносным комплексам и зонам различных по генезису и возрасту пород – от метаморфитов протерозоя до терригенных отложений мезозоя. Подземные воды в них циркулируют в зоне свободного водообмена экзогенной трещиноватости пород глубиной до 150-200 м и, как правило, имеют гидравлическую связь с водами четвертичных отложений.

В межгорных артезианских бассейнах (Чуйский, Уймонский и др.) подземные воды приурочены к четвертичным и неоген-палеогеновым рыхлым отложениям, где они находятся в обстановке затрудненного и, частично, застойного водообмена.

1.4. Инженерно-геологические условия

С точки зрения инженерно-геологического районирования территория Республики Алтай относится к Алтае-Саянскому региону, в пределах которого по морфометрическому и морфогенетическому признаку выделяются 4 области – предгорье, низкогорье, среднегорье и высокогорье.

Районы выделяются по преобладающим стратиграфо-генетическим комплексам пород, в основном, мезо-кайнозойского (внутриконтинентального) мегакомплекса. Развитие

и активизация экзогенно-геологических процессов (ЭГП) на территории региона тяготеют к районам с широким развитием аллювиальных комплексов различного возраста (гидродинамическая группа процессов); озерно-ледниковых комплексов (геокриологическая и гравитационная группа); склоновых комплексов (гравитационная группа).

В инженерно-геологическом отношении структурно-вещественные комплексы вышеперечисленных мегакомплексов, залегающие первыми от поверхности, играют доминирующую роль в характеристике инженерно-геологических условий территории, поскольку являются одним из режимобразующих факторов развития и активности ЭГП. Учитывая специфику горной страны, выделяются две неравнозначные по распространению и физико-механическим свойствам инженерно-геологические группы пород – группа нескальных и группа скальных пород.

В составе скальной группы пород выделяются три подгруппы, включающие более 200 геолого-генетических комплексов: осадочные и эффузивные, метаморфические и интрузивные породы. Породы данной группы имеют доминирующее распространение на территории республики, характеризуются сложным сочетанием различных литологических разностей и не играют существенной роли в оценке факторов развития ЭГП. Инженерно-геологическая оценка скальных пород определяется, главным образом, характером их выветривания и трещиноватости. Именно с этими свойствами связана устойчивость пород в основании сооружений, в бортах долин, откосах выемок и полувыемок, а также фильтрационные особенности пород зоны аэрации. Глубина выветривания пород колеблется в широких пределах – от 1-2 м до нескольких десятков метров. Наиболее глубокое выветривание распространяется по зонам интенсивных тектонических нарушений. На склонах по таким ослабленным зонам нередко развиваются промоины. Для полей развития скальных пород доминирующими ЭГП являются процессы гравитационного ряда – обвалы, осыпи, камнепады, а также карстовые явления.

Для нескальной группы пород доминирующее число экзогенных процессов приурочено к нелитифицированным рыхлым образованиям различного генезиса. В данной подгруппе по гранулометрическому признаку выделяются следующие инженерно-геологические комплексы пород: преимущественно глинистые; песчано-глинистые; преимущественно песчаные; крупнообломочные с преимущественно песчаным заполнителем; крупнообломочные преимущественно с глинистым заполнителем.

Геолого-генетические комплексы в составе нескальной группы пород представлены разнообразными по возрасту (в пределах кайнозоя) и по генезису осадками. В низкогорной части преобладают отложения аллювиального, субаэрально-аквального и склонового комплекса осадков, в среднегорной части территории – склоновые осадки, в высокогорье большое распространение, наряду с аллювиальными и склоновыми отложениями, получили осадки ледникового комплекса, включая осадки озерно-ледниковых бассейнов.

Для территории Республики Алтай характерно широкое развитие лессовидных суглинков субаэрально-субаквального и водно-ледникового генезиса, обладающих просадочными свойствами. Вечномерзлые породы характерны для южной части территории РА, островная мерзлота встречается и в Центральном Алтае. Доминирующие типы ЭГП в полях распространения нескальных пород представлены гидродинамическими (эрозия, сели), гравитационными и геокриологическими процессами (наледы, подтопление).

Наличие многолетнемерзлых пород на значительной части республики предопреде-

ляет особые условия хозяйствования, в том числе, и особые условия строительства. Для районов развития вечномёрзлых грунтов характерно развитие специфических геокриологических процессов – морозного пучения грунтов, просадочных и термокарстовых явлений, термоэрозийных процессов, криогенно-напорного подтопления, наледей.

1.5. Почвенно-растительный покров

Почвенно-растительный покров на территории Республики Алтай отличается значительной неоднородностью. Постепенная смена природно-климатических условий от низкогорий Северного Алтая к высокогорью Юго-Восточного Алтая, позволяет выделить три основных высотных ландшафтных яруса.

В северной части республики (Майминский, Чойский, Турочакский районы и часть Чемальского) проявлен низкогорный пояс (400-800 м) с эрозионно-денудационными, денудационно-аккумулятивными и аккумулятивными формами рельефа (преимущественно широкие плоские водоразделы и террасированные долины крупных рек). Почвы этого пояса представлены в основном темно-серыми лесными, оподзоленными и выщелоченными черноземами. Луговые, черноземно-луговые, лугово-элювиальные, лугово-болотные и болотные аллювиальные почвы развиты в долинах рек. В растительном покрове преобладает лесная растительность. В основном это сосна, береза, осина, в Северо-Восточном Алтае преобладают темнохвойные породы. Лесостепные и лугостепные участки приурочены к надпойменным речным террасам.

Среднегорный пояс (Шебалинский, Онгудайский, Усть-Канский районы, большая часть Усть-Коксинского и часть Чемальского районов) (1700-2500 м) представляет собой остатки древнего пенепплена с экзарационно-нивальными и ледниковыми формами аккумулятивного рельефа. Верхняя зона в виде узкой прерывистой полосы отвечает области развития кедровых, кедрово-лиственничных и реже лиственничных лесов. Под ними сформировались преимущественно маломощные сильно щебнистые почвы. В средней, наиболее обширной зоне, сосредоточены лиственничные леса, а также леса образованные сибирскими видами кедра, лиственницы, пихты, ели. Почвенный покров здесь представлен, главным образом, бурыми дерново-подзолистыми почвами. В днищах межгорных котловин, по южным склонам окаймляющих их хребтов и надпойменным террасам рек (долинные степи) распространена степная растительность, преимущественно мелкодерновинные степи. Эти участки менее увлажнены, здесь встречаются горно-лесные черноземовидные почвы, близкие к черноземам, с невыдержанной мощностью гумусового горизонта. В поймах долин преобладают маломощные и среднемощные обыкновенные черноземы и луговые почвы.

Высокогорный пояс (в основном Кош-Агачский, Улаганский и часть Усть-Коксинского района) (2500-4500 м) включает группу гляциально-нивальных, альпинотипных и тундровых ландшафтов, развитых на экзарационно-денудационных, пенеппенизированных, криогенно-эрозионно-денудационных и денудационно-аккумулятивных формах рельефа со слабо развитыми примитивными, горно-тундровыми и горно-луговыми почвами на грубообломочном элювии, реже элювио-делювии коренных пород. На водоразделах распространена тундрово-альпийско-субальпийская луговая растительность, на более выровненных участках господствуют субальпийские и альпийские луга. На осталь-

ной территории преобладает тундровая, лесотундровая, лесостепная, степная растительность, в межгорных впадинах – тундрово-степная и опустыненные степи развитые на горно-тундровых, и горно-луговых и каштановых почвах [42,63,66,99].

1.6. Водные объекты и ресурсы

Республика Алтай богата водными ресурсами – реками, озерами, ледниками, снежниками, болотами и подземными водами. При этом суммарная протяженность больших и малых горных рек (всего более 12 тысяч водотоков) на территории региона, по данным Верхне-Обского БВУ, составляет 42277 км. На долю мельчайших (длина менее 10 км) и малых (10-25 км) рек приходится 98,6% от их общего числа и 78,4% от их суммарной протяженности. К средним рекам (длина от 100 до 500 км) относятся реки Бия, Лебедь, Чулышман, Башкаус, Кокса, Аргут, Жасатер, Чуя, Урсул, Иша, Песчаная, Ануй, Антроп. Большими реками (длина более 500 км) являются Катунь и Чарыш. Слияние рек Катунь и Бия дают начало одной из крупнейших рек Сибири и Мира – Обь.

Ледники дают начало многим рекам Горного Алтая. По данным лаборатории гляциоклиматологии Томского госуниверситета, на территории республики известно около 1035 ледников, которые расположены, в основном, в верхней части бассейна р. Катунь в осевых зонах Катунского, Южно- и Северо-Чуйского хребтов. Общая площадь оледенения составляет 748 км², а объем льда – 38,3 км³ или 35 кубокилометров воды. В настоящее время площадь ледников заметно сократилась.

Начало рекам также дают многочисленные озера и болота. Болота и заболоченные территории в отдельных районах республики занимают значительные площади (десятки км²). Самые крупные из них Ыныргинский и Тюгурюкский массивы в Чойском и Усть-Коксинском районах соответственно [14,45,54].

На территории Республики Алтай насчитывается около 7 тысяч озер общей площадью более 600 км² (более 0,6% территории РА), в которых заключено около 50 кубокилометров воды. Преобладают мелкие каровые озера, основная часть которых расположена на высотах 1500-2600 м. Наибольшее количество озер находится на Чулышманском нагорье, плоскогорье Укок, в осевых зонах Катунского, Южно- и Северо-Чуйского хребтов. Самым крупным в республике является Телецкое озеро (Алтын-Кёль) площадью 227,3 км², вмещающее более 41 м³ пресной чистой воды [19].

Искусственные водные объекты на территории РА представлены прудами и малыми водохранилищами. Пруды, как правило, имеют рекреационное или сельскохозяйственное назначение, либо предназначены для рыбозаведения. Ведомственная принадлежность прудов – муниципальные, их владельцами являются землепользователи или частные лица. Водоохранилища имеются при малых ГЭС (Кайру, Акалахинская), а также на горнодобывающих предприятиях – рудник "Веселый", старательские артели.

Поверхностные водные объекты республики используются, в основном, для обеспечения водой предприятий и населения, частично, для орошения, рекреации, рыболовства, гидроэнергетики, сброса ливневых и сточных вод и др. Из имеющегося значительного энергетического потенциала рек (80-85 млрд. кВт) в РА используется около 0,5 млрд. кВт (малые ГЭС на реках Чемал, Кайру, Тюнь).

Трансграничные реки Республики Алтай имеют большое экологическое значение.

Достаточно отметить, что 70% среднемноголетнего поверхностного стока, поступающего в Новосибирское водохранилище, формируется на её территории. Суммарный поверхностный сток воды с территории региона в средний по водности год составляет 33,4 км³ и еще около 90 км³ находится в виде многолетних запасов – в ледниках, снежниках и озерах. Основными реками, пересекающими границу республики с Алтайским краем, являются притоки I порядка р. Оби – реки Катунь, Бия, Песчаная, Ануй, Чарыш, Иша.

Республика Алтай обладает значительными ресурсами подземных пресных вод, заключенных в трещинных и карстово-трещинных водоносных зонах и водоносных комплексах горных пород различного возраста и состава, а также в артезианских бассейнах мезокайнозойских межгорных впадин – Чуйской, Курайской, Уймонской и др. Степень разведанности их прогнозных ресурсов в целом невысокая. В настоящее время разведано 19 месторождений и участков пресных вод (8 из них на территории г. Горно-Алтайска) с суммарными запасами разных категорий 130,98 тыс. м³/сутки, что составляет 1,8% от прогнозных ресурсов.

Прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод на территории РА составляют 7430,8 тыс. м³/сутки (без учета площади заповедников), из которых около половины находится в Усть-Коксинском (30%) и Кош-Агачском (17%) районах. Площадной модуль стока всех подземных вод в среднем составляет 1,2 л/сек·км² при вариациях в разрезе муниципальных образований от 0,72 до 2,32 л/сек·км².

Основные водозаборы на Улалинском и Майминском месторождениях используются для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения города. Крупное месторождение подземных вод в регионе – Катунское эксплуатируется для водоснабжения с. Майма [19].

1.7. Земельные ресурсы

Земельный фонд Республики Алтай составляет 9290,3 тыс. га и представлен всеми категориями земель, установленных законодательством. Это земли сельскохозяйственного назначения, населенных пунктов промышленности, транспорта особо охраняемых территорий, объектов лесного и водного фонда, земли запаса.

Структура земельного фонда республики обусловлена, прежде всего, ее географическим положением и в незначительной степени зависит от субъективных факторов. Так, географическое положение территории региона предопределило наибольшую долю земель лесного фонда 3754 тыс. га или 40,4% в ее земельном фонде (без учета лесных земель, находящихся в пользовании сельскохозяйственных предприятий и расположенных на землях запаса и других категориях земель).

На земли сельскохозяйственного назначения приходится 2648,5 тыс. га или 28,5% земельного фонда РА, на земли запаса – 1655,8 тыс. га (17,8%), на земли особо охраняемых природных территорий 1143,8 тыс. га (12,3%).

Земли лесного фонда РА занимают 3754,0 тыс. га. Управление лесным фондом в республике осуществляет Минприроды Республики Алтай через лесничества. Для этой цели в каждом районе образовано по одному лесничеству и одно лесничество в г. Горно-Алтайске. Для охраны, защиты и воспроизводства лесов функционирует 10 автономных учреждений.

Более 60% земель лесного фонда сосредоточено в трёх районах: Турочакском –

22,5%, Онгудайском 18,7% и Улаганском 20,6%. При этом в структуре земель районов наибольшую долю занимают земли лесного фонда, в Турочакском – 76,2%, Чойском – 73% и Онгудайском районах – 59,9%, наименьшую – в Кош-Агачском – 11%.

Земли лесного фонда имеют особое значение в экологическом отношении, так как основная часть лесов республики относится к категории защитных горных лесов. Действующим законодательством предъявляются жесткие требования к использованию и охране земель лесного фонда. Установлен особый порядок изъятия земель лесного фонда и перевода лесных земель в нелесные, для использования их в целях, не связанных с ведением лесного хозяйства и использованием лесным фондом.

К землям сельскохозяйственного назначения относятся земли за границами населенных пунктов, предоставленные для нужд сельского хозяйства. Общая площадь сельхозземель составляет 2650,8 тыс. га или 28,5% от земельного фонда республики.

В структуре земельных фондов районов РА доля земель сельскохозяйственного назначения составляет от 9,1% в Турочакском районе до 64,2% в Шебалинском районе. Более половины земельного фонда приходится на долю земель сельскохозяйственного назначения в Майминском, Шебалинском и Усть-Канском районах.

К землям особо охраняемых природных территорий (ООПТ) относятся земли, имеющие особое природоохранное, научное, оздоровительное, рекреационное и иное ценное значение. В республике земли этой категории представлены, в основном, лесными и прочими угодьями. На них расположены земли, предоставленные Алтайскому и Катунскому государственным заповедникам, национальному парку "Сайлюгемский", Алтайскому филиалу ЦСБС СО РАН "Горно-Алтайский ботанический сад", под базы отдыха и турбазы, детские оздоровительные лагеря, детско-юношеские спортивные школы, спортивные базы различных учреждений, предприятий и организаций.

ООПТ регионального значения представлены природными парками "Зона покоя Укок", "Белуха", "Уч-Энмек" и "Ак Чолушпа", общей площадью 657 тыс. га, Сумультинским и Шавлинским биологическими заказниками – 503,4 тыс. га. На территории РА также имеется 44 памятника природы республиканского значения площадью 77,7 тыс. га.

К землям водного фонда относятся земли, занятые водными объектами и их водоохранными зонами, а также земли, выделяемые для установления полос отвода и зон охраны водозаборов, гидротехнических и иных водохозяйственных сооружений.

В состав земель водного фонда входят следующие реки: Катунь, Каракокша, Саракокша, Бия, Лебедь, Байгол, Тулой, Пыжа, Чарыш, Кокса, Башкаус, Чулышман, Чуя, Аргут. Распределение земель водного фонда по районам республики колеблется от 0,4% в Шебалинском районе до 39,5% в Турочакском (за счёт западной части Телецкого озера).

Водный фонд составляет в сумме 27,6 тыс. га или 0,3% общей площади земельного фонда РА. При этом 27,1 тыс. га или 98,2% площади земель водного фонда находится под водой. Реки и ручьи занимают 15,1 тыс. га (54,7%), озера 12,0 тыс. га (43,5%).

Землями поселений признаются земли, предназначенные и используемые для застройки и развития городских и сельских поселений, чертой которых они отделены от земель других категорий. Общая площадь земель 247 населенных пунктов РА составляет 47,3 тыс. га, из которых в границах г. Горно-Алтайска находится 9,1 тыс. га, в границах сельских населенных пунктов 38,2 тыс. га.

В структуре земельных угодий населённых пунктов наибольший удельный вес при-

ходится на сельскохозяйственные угодья – 51,1% (24,1 тыс. га). Земельные участки, предоставленные гражданам для индивидуального жилищного строительства, личного подсобного хозяйства, огородничества и садоводства составляют – 12,34 тыс. га (26,1%).

К землям промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, а также землям для обеспечения космической деятельности, обороны и иного специального назначения относятся земли, расположенные за чертой поселений, которые используются и предназначены для обеспечения деятельности организаций и (или) эксплуатации объектов промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, объектов космической деятельности, обороны и безопасности и объектов иного специального назначения.

Земли промышленности, транспорта, связи и иного специального назначения составляют 11,1 тыс. га. Наибольший удельный вес в этой категории земель занимают земли автомобильного транспорта – 5,6 тыс. га (51,8%), из них под дорогами 5,1 тыс. га или 91,1% от общей площади земель автомобильного транспорта.

Земли промышленных предприятий занимают 1,8 тыс. га или 16,7% земель данной категории. Основным промышленным предприятием является ООО "Рудник "Веселый", на долю прочих предприятий, к которым относятся старательские артели, войсковые части и пограничные войска, приходится 0,3 тыс. га.

К землям запаса относятся земли, находящиеся в государственной или муниципальной собственности и не предоставленные гражданам и юридическим лицам, за исключением земель фонда перераспределения земель.

Площадь земель запаса составляет 1655,8 тыс. га или 17,8% земельного фонда РА. В структуре угодий земель запаса сельскохозяйственные угодья занимают 253,8 тыс. га или 15,3%, лесные площади занимают 344,9 тыс. га или 20,8%, основную часть занимают другие угодья, в основном прочие земли – 1057,1 тыс. га (63,8%). Доля пашни в структуре сельскохозяйственных угодий земель запаса составляет 0,3%, пастбищ – 94,6%.

В сельскохозяйственном отношении наибольшую ценность представляют земли запаса Чемальского, Чойского и Онгудайского районов, поскольку они сформированы в основном из земель, бывших в сельскохозяйственном обороте до реорганизации совхозов и колхозов в 1991-1993 гг.

По площади, наибольшая доля земель запаса сосредоточена в Кош-Агачском, Усть-Коксинском и Онгудайском районах – 56,3%, 14,2% и 14,8% соответственно. Это связано с тем, что земли запаса, как правило, находятся на отдаленных расстояниях от традиционных мест выпаса скота и в большинстве случаев недоступны [18, 19].

1.8. Минеральные ресурсы

Минерагеническое районирование территории РА базируется на глубинной палеогеодинамике, петрологии рудогенерирующего магматизма с использованием данных сейсмомографии, тепломассопереноса, геотраверсов о глубинном строении литосферы, мантийно-коровых процессах зарождения и функционирования (эндо- и экзогенных) систем, формационного анализа рудных и нерудных полезных ископаемых, геохимической специализации геологических образований.

Вся территория Республики Алтай располагается в пределах полихронного (ранний

кембрий – юра), комплексного Алтае-Кузнецкого редкометалльно-золоторудного пояса. Рудные районы в этом поясе имеют различный состав ведущих полезных ископаемых. Пояс включает совмещённые парагенезы месторождений халько-сидерофильной группы (железо, марганец, медь, золото) и мультиэлементной лито-халькофильной группы (вольфрам, молибден, литий, бериллий, тантал, ниобий, ртуть, кобальт, серебро, свинец, цинк). В составе пояса выделены рудные районы: Талицкий редкометалльно-золоторудный, Ануйско-Песчанский редкометалльно-золоторудный, Бийско-Катунский медно-золоторудный, Уймено-Лебедской медно-золоторудный, Телецко-Башкаусский золоторудный, Коргонский золото-марганец-железородный, Бельгешашский золото-ртутнородный, Холзуно-Чуйский (Алахинский) редкометалльный, Калгутино-Юстыдский редкометалльно-сереброродный.

Минерально-сырьевая база Республики Алтай представлена благородными, черными, цветными и редкими металлами, горнотехническим нерудным сырьем (спекулярит, волластонит, нефрит), горючими полезными ископаемыми (каменный и бурый уголь), а также общераспространенными полезными ископаемыми – строительными материалами и подземными питьевыми водами [5].

Всего на территории региона учтено порядка 240 проявлений и месторождений твердых полезных ископаемых. Из них государственным балансом запасов полезных ископаемых Российской Федерации учитываются: 33 месторождения золота, в том числе 4 рудных и 29 россыпных; 8 месторождений цветных и редких металлов; одно месторождение железа; 2 месторождения бурого и каменного угля; 3 месторождения пресных подземных вод с объемом добычи более 500 м³/сут. (рис. 2.).



Рис. 2. Карта полезных ископаемых Республики Алтай

По степени значимости месторождения полезных ископаемых на территории региона представлены 3 группами:

– минеральное сырье федерального значения: золото, серебро, молибден, вольфрам, кобальт, медь, ртуть, литий, висмут;

– минеральное сырье регионального значения: питьевые подземные воды, облицовочные камни, бурый и каменный уголь;

– минеральное сырье местного значения: строительные материалы (глины, песчано-гравийный материал, песок, камни строительные и др.).

На территории Республики Алтай имеется ряд месторождений различных общераспространенных полезных ископаемых (ОПИ): песчано-гравийные смеси, строительный песок, кирпичные и керамзитовые глины, облицовочные камни, известняк, древесный и щебенистый материал и др., которые используются, главным образом, при строительстве и производстве стройматериалов.

Их добыча в последние годы имела тенденцию к возрастанию за счет увеличения объемов домостроительства, строительства новых дорог и реконструкции существующих, особенно в рекреационно-осваиваемых Майминском и Чемальском районах и на федеральной автотрассе Р-256 "Чуйский тракт" [19].

2. Социально-экономическая характеристика территории Республики Алтай и влияние погодно-климатических факторов на инфраструктуру региона

2.1. Структура экономики и основные экономические показатели

Экономика Республики Алтай характеризуется преимущественно аграрно-сырьевой направленностью, обусловленной ее природно-ресурсным потенциалом и преобладанием сельского населения. Кроме того, в последние годы резко возросший интерес к республике со стороны туристов повлек за собой развитие туристской отрасли.

Согласно данным управления Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай [92] валовой региональный продукт (ВРП) в 2019 г. составлял 58,9 млрд. рублей, что больше в два раза по сравнению с 2012 г. (табл.1).

Табл. 1. Динамика валового регионального продукта за период 2012-2019 гг. (млн. рублей)

ВРП	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017г.	2018 г.	2019 г.
Валовой региональный продукт в текущих основных ценах	30444,6	33313,5	39191,9	42165,7	47434,9	48415,2	54069,3	58976,8
Валовой региональный продукт на душу населения, рублей	145400,1	157887,4	184281,7	196639,2	219520,8	222562,9	247496,8	268657,4

По оценке Министерства экономического развития Республики Алтай, валовой региональный продукт за 2021 год составил 68,947 млрд. руб. или 102,3% к уровню 2020 года в сопоставимых ценах. Структура валового регионального продукта республики представлена на рисунке 3. Для сравнения с текущей ситуацией в таблице 2 представлен прогноз социально-экономического развития Республики Алтай в 2022-2024 гг.

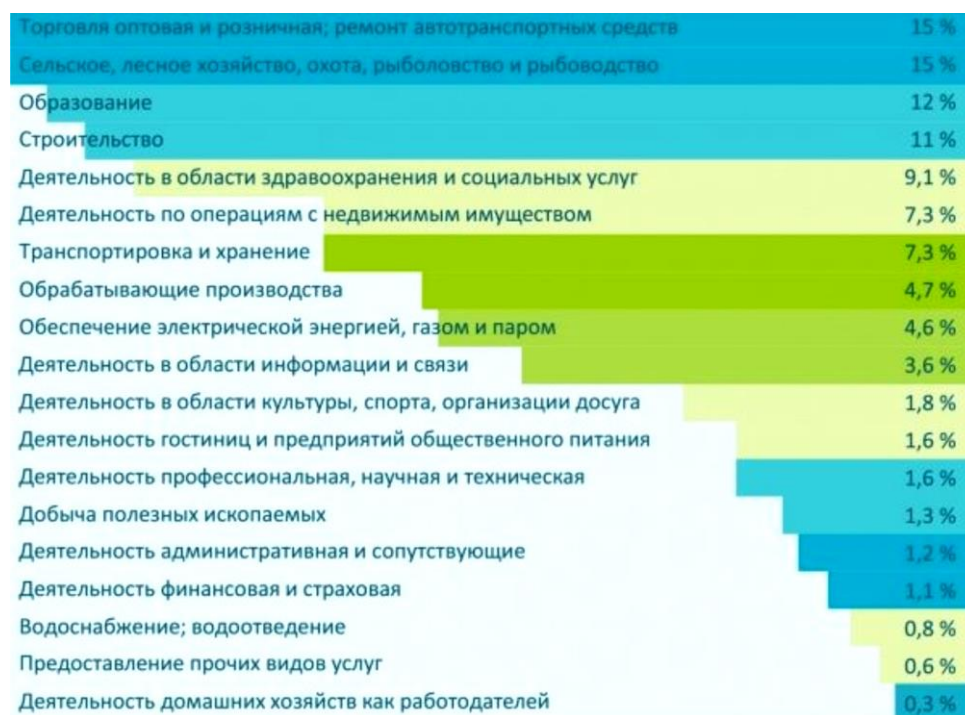


Рис. 3. Структура ВРП по видам экономической деятельности в 2021 г.

Табл. 2. Основные показатели прогноза социально-экономического развития Республики Алтай на 2023 г. и на плановый период 2024 и 2025 гг (Распоряжение Правительства РА от 20 октября 2022 г. № 633-р)

Показатели	Единица измерения	отчет		оценка 2022 г.	прогноз					
		2020 г.	2021 г.		2023 г.		2024 г.		2025 г.	
				консервативный вариант	базовый вариант	консервативный вариант	базовый вариант	консервативный вариант	базовый вариант	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Численность населения ¹⁾	тыс. чел.	220,6	221,3	222,0	220,6	222,6	220,0	223,1	219,4	223,4
Валовой региональный продукт	млн. руб.	62 520,3	68 947,0 ²⁾	73 497,0	75 849,8	77 293,3	80 147,7	82 958,2	84 694,8	88 094,9
	% к предыдущему году	101,7	102,3 ²⁾	97,8	98,1	99,4	101,7	103,4	102,1	102,7
Индекс промышленного производства	% к предыдущему году	130,9	94,4	98,0	97,1	100,2	98,0	102,0	100,1	102,1
Продукция сельского хозяйства	млн. руб.	11 930,2	13 128,6	13 817,2	13 544,5	14 667,7	14 043,4	15 437,0	14 575,6	16231,1
	% к предыдущему году	94,8	94,8	101,1	99,2	101,1	99,6	101,1	99,8	101,1
Инвестиции в основной капитал	млн. руб.	13 988,7	15 233,3	22 923,1	24 541,5	25 270,5	26 026,3	27 595,3	27 338,0	29 847,1
	% к предыдущему году	64,1	102,8	132,0	101,0	104,0	101,0	104,0	101,0	104,0
Ввод в действие жилых домов	тыс. кв. м общей площади	88,8	151,2	152,0	148,0	152,8	125,0	155,2	108,0	125,0
Индекс потребительских цен на товары и услуги	% к декабрю предыдущего года	104,2	108,3	115,6	104,8	105,5	103,8	104,0	104,0	104,0
Индекс потребительских цен на товары и услуги (в среднем за год)	% к предыдущему году	102,9	105,8	116,7	106,2	106,0	104,2	104,7	103,9	104,0
Оборот розничной торговли	млн. руб.	29 854,1	36 390,5	42 213,0	45 723,1	46 084,0	48 784,0	50 226,3	51 848,5	54 061,8
	% к предыдущему году	99,4	114,3	99,2	101,8	102,7	102,1	103,7	101,9	103,1
Объем платных услуг населению	млн. руб.	6 568,7	8 660,2	9 959,2	10 703,1	10 849,6	11 373,1	И 676,3	12 158,0	12 518,8
	% к предыдущему году	98,7	124,3	101,8	101,1	102,1	101,2	102,3	102,2	102,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Прибыль прибыльных организаций для целей налогообложения	млн. руб.	6 779,9	7 714,2	9 716,8	10 688,5	12 434,5	И 009,1	12 869,7	11 559,6	14 028,0
Общая сумма дохода физических лиц, получивших доходы, для целей налогообложения по ставке 13%	млн. руб.	25 915,9	27 000,2	29 194,4	31 184,9	32 230,6	32 993,6	34 738,1	35 105,2	37 565,8
Номинальная начисленная среднемесячная заработная плата работников организаций	руб.	36 269,4	39 805,9	44 752,9	48 002,8	48 386,8	50 969,3	51 775,5	54 175,1	55 375,8
	% к предыдущему году	108,6	109,8	112,4	107,3	108,1	106,2	107,0	106,3	107,0
Фонд заработной платы работников организаций	млн. руб.	21 542,7	23 438,8	26 375,9	28 461,3	28 751,6	30 461,1	31 078,4	32 581,1	33 573,0
Реальная заработная плата работников организаций	% к предыдущему году	105,5	103,8	96,3	101,0	102,0	101,9	102,2	102,3	102,8
Реальные располагаемые денежные доходы населения	% к предыдущему году	104,6	104,5	96,8	101,2	102,5	102,1	102,7	102,2	103,3
Прожиточный минимум в среднем на душу населения (в среднем за год)	руб. в месяц	10 656	10 838	13 085	13 563	13 513	14 133	14 146	14 767	14 946
Численность населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума к общей численности населения	%	23,8	22,4	22,4	23,2	19,0	22,1	18,1	21,2	17,0
Численность занятых в экономике	тыс. чел.	84,9	85,6	86,5	87,0	87,4	89,0	90,6	90,5	91,7
Уровень безработицы (по методологии МОТ)	% к рабочей силе	14,0	12,0	И,7	11,3	11,3	Н,1	10,8	11,0	10,8
Уровень зарегистрированной безработицы (на конец года)	%	10,1	2,9	2,8	3,0	2,8	2,9	2,8	2,9	2,7

¹⁾без учета итогов Всероссийской переписи населения 2020 г.

²⁾оценка

Характеристика состояния основных отраслей экономики РА отражает данные управления Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай [92].

Торговля. Республика Алтай является приграничным субъектом, и ее географическое расположение имеет важное стратегическое значение для Российской Федерации. РА активно развивает международную деятельность в рамках заключенных соглашений с приграничными регионами Монголии, Китая и Казахстана. Кроме того, ведётся внешняя торговля с Республикой Корея, Кыргызстаном, Азербайджаном, Узбекистаном.

По данным Минэкономразвития РА внешнеторговый оборот региона за 2021 год составил 90,6 млн. долларов США и по сравнению с 2020 годом увеличился на 42,0% (за 2020 год – 63,8 млн. долларов США).

В структуре регионального товарооборота экспорт составил 82,6%, импорт – 17,4%, за предыдущий год – 78,2% и 21,8% соответственно. В 2021 году экспорт Республики Алтай по сравнению с 2020 годом увеличился на 49,0% и составил 74,9 млн. долларов США. В товарной структуре экспорта преобладали продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье (60,9% от общего стоимостного объема экспорта), продукция химической промышленности, каучук (21,9% от общего стоимостного объема экспорта), машины, оборудование и транспортные средства (8,8% от общего стоимостного объема экспорта), минеральные продукты, топливно-энергетические товары (8,1% от общего стоимостного объема экспорта).

Импорт РА в 2021 году составил 15,8 млн. долларов США и по сравнению с 2020 годом увеличился на 13,7%. Объем импорта из стран дальнего зарубежья снизился на 20,6% и составил 9,0 млн. долларов США, из стран СНГ увеличился в 2 раза – 6,8 млн. долларов США. В товарной структуре импорта преобладали продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье (39,8% от общего стоимостного объема импорта), машины, оборудование и транспортные средства (37,5%), продукция химической промышленности (7,0%), текстиль, текстильные изделия и обувь (6,9%).

Промышленность Республики Алтай сосредоточена в основном в северных районах, наиболее экономически освоенных и обеспеченных инфраструктурой.

По состоянию на 01.01.2021 г. в реальном секторе экономики осуществляли деятельность 495 крупных и средних предприятия. Основными из них являются ОАО "Рудник "Веселый", ООО "Майма-Молоко", СПК ПКЗ "Амурский", ЗАО "Чергинский маслозавод", ОАО "Горно-Алтайский завод ЖБИ", ООО Торговый дом "МЗЖБИ".

Значительная часть промышленности региона представлена средними и малыми предприятиями, занятыми добычей полезных ископаемых, переработкой сельхозпродукции, лесозаготовкой и переработкой древесины, производством строительных материалов, пищевой промышленностью.

По объему отгруженной продукции собственного производства показатели 2021 года на 8,2% превысили 2020 год и составили 9070,4 млн. руб. В структуре объема отгруженной продукции за 2021 год обрабатывающие производства составляют 51,9%; обеспечение электрической энергией, газом, паром и кондиционирование воздуха – 33,6%; добыча полезных ископаемых – 8,2%; водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений – 6,3%.

Индекс промышленного производства в Республике Алтай за 2021 год составил

104,0%, в том числе по водоснабжению, водоотведению, организации сбора и утилизации отходов, деятельности по ликвидации загрязнений – 94,9%; по обеспечению электрической энергией, газом и паром, кондиционированием воздуха – 104,6%; по обрабатывающим производствам – 104,5%; по добыче полезных ископаемых – 94,9%.

По прогнозу социально-экономического развития РА к 2023-2024 гг. (рис. 2) ежегодный прирост промышленного производства в регионе составит в среднем 6,2%, что будет обеспечиваться, в основном, ростом объемов производства пищевой продукции, обработки древесины и производства изделий из дерева. Положительная динамика ожидается в связи с развитием агропромышленного парка "Амза", введенного в эксплуатацию в сентябре 2021 года в рамках реализации национального проекта "Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы". На базе агропромышленного парка будет осуществляться централизованная переработка сельскохозяйственной продукции, лекарственно-технического сырья. В 2022-2024 гг. в рамках указанного национального проекта планируется создание промышленного парка по глубокой переработке древесины на территории г. Горно-Алтайска.

Сельское хозяйство. Агропромышленный комплекс (АПК) Республики Алтай является одним из приоритетных направлений экономики региона – сегодня за его счет формируется свыше 18% валового регионального продукта, при этом в сельской местности проживает около 70% от общей численности населения республики.

В 2021 году в аграрном секторе по виду деятельности "Сельское хозяйство" было зарегистрировано 484 сельскохозяйственных организации, 1360 крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей. Кроме того, осуществляют деятельность 64 сельскохозяйственных потребительских кооператива и 60558 личных подсобных хозяйств. Объем производства в хозяйствах всех категорий за 2021 г., в фактически действовавших ценах составил 11,6 млрд. руб. (на душу населения – 52,4 тыс. руб.), в том числе продукция животноводства – 9,03 млрд. руб., продукция растениеводства – 2,6 млрд. руб.

Наибольший объем производства продукции сельского хозяйства на душу населения отмечен в Усть-Канском (190,3 тыс. руб.), Усть-Коксинском (150,0 тыс. руб.), Шебалинском (131,7 тыс. руб.), Онгудайском (111,1 тыс. руб.) районах. Они традиционно являются основными товаропроизводителями сельскохозяйственной продукции в РА и производят 74,0% объема всей продукции сельского хозяйства.

По данным Управления федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по РА, общая площадь земель сельскохозяйственного назначения на 01.01.2021 года составляла 2650,8 тыс. га или 28,5% от земельного фонда республики. Площадь сельскохозяйственных угодий региона составляет 1158,8 тыс. га (43,7%). В структуре сельхозугодий преобладают пастбища – 1022,8 тыс. га (88,2%), пашни составляют 133,3 тыс. га (11,5%), сенокосы – 93,8 тыс. га (8,1%), залежь – 2,2 тыс. га (0,2%).

В Республике Алтай порядка 96 тыс. га пашни находятся в зоне рискованного земледелия, особенно в условиях высокогорья. Здесь количество осадков за вегетационный период составляет всего 110-150 мм, поэтому без мелиорации земель нет возможности выращивать высокопродуктивные сорта сельскохозяйственных культур и внедрять интенсивные агротехнологии для гарантированного формирования кормового фонда.

Животноводство. В составе продукции сельского хозяйства преобладает продукция животноводства, на ее долю приходится более 80% объемов производства. Региональный

агропромышленный комплекс основан на технологиях отгонного животноводства и отличается околонулевым уровнем индустриализации, химизации, что позволяет производить экологически чистую продукцию.

По состоянию на 01.01.2021 года поголовье всех видов сельскохозяйственных животных во всех категориях хозяйств составило 415 тыс. условных голов. Численность поголовья основных видов скота составило: КРС – 206,5 тыс. голов, овец и коз – 378,9 тыс. голов, лошадей – 104,9 тыс. голов, маралов – 57,5 тыс. голов.

Племенное животноводство региона представлено 8 племенными заводами, 27 племенными репродукторами, 1 предприятием по сохранению генофонда исчезающих видов сельскохозяйственных животных. Поголовье племенных животных составляет 31,3 тыс. условных голов.

Мараловодство считается одним из самых перспективных направлений в сельскохозяйственной отрасли. Республика занимает первое место в стране по количеству хозяйств, занимающихся разведением маралов. В 2021 году насчитывалось 66 хозяйств различных форм собственности. Общий объем производства пантов в регионе составил 112,8 тонны.

Растениеводство Республики Алтай ориентировано на производство кормов для содержания сельскохозяйственных животных, поэтому основную часть посевных площадей занимают кормовые культуры. В 2021 году в хозяйствах всех категорий последние составили 91% или 93,4 тыс. га (вся посевная 103 тыс. га); посевы зерновых и зернобобовыми культур – 6,6 тыс. га (6,4%), овощи и картофель – 2,4 тыс. га (2,3%). Более 77% посевных площадей расположено в 3-х районах Республики Алтай: Усть-Канском – 28,2% (29706 га), Усть-Коксинском – 28,3 % (29779 га), и Шебалинском – 20,4% (21515 га).

По состоянию на 01.01.2022 г. хозяйствами всех категорий республики заготовлено: грубых кормов (сено однолетних и многолетних трав, естественных сенокосов) – 238,6 тыс. тонн или 117,7% к показателям предшествующего года; консервированных грубых кормов (сенаж) – 54,2 тыс. тонн или 72,8%; сочных кормов (силос) – 2,7 тыс. тонн или 79,4%. Основные объемы заготовки сена производятся в следующих районах: Усть-в Канском – 72,3 тыс. тонн, что составило 127,0 % к показателям предшествующего года; в Онгудайском – 37,2 тыс. тонн, 108,8%; в Шебалинском – 48,1 тыс. тонн, 111,9%; в Усть-Коксинском – 35,7 тыс. тонн, 127,5%.

Основными производителями овощей, картофеля и плодово-ягодной продукции в регионе являются личные подсобные хозяйства населения.

Горнодобывающая промышленность. Основная доля товарной продукции отрасли приходится на золотодобывающие предприятия – ОАО "Рудник "Веселый" и ряд старательских артелей. Кроме того, ведется добыча общераспространенных полезных ископаемых (ПГС, песок, известняк, кирпичные и керамзитовые глины, бутовый камень и др.), используемых в природном и переработанном виде, главным образом, для ремонта дорог и в строительных целях.

На 01.01.2022 года на территории Республики Алтай действовало 32 лицензии на пользование недрами с целью геологического изучения и добычи твердых полезных ископаемых (в 2021 г. – 26, в 2020 г. – 30, в 2019 г. – 24). Полевые геологоразведочные работы за счет средств недропользователей в 2021 году велись на 14 объектах.

Объем отгруженной продукции по виду деятельности "Добыча полезных ископае-

мых" составил 742,0 млн. руб., что больше по сравнению с аналогичным периодом 2020 года на 12,3% (654,8 млн. руб.). Объем отгруженной продукции по добыче металлических руд составил 669,0 млн. руб., что больше по сравнению с аналогичным периодом прошлого года на 22,4% (546,6 млн. руб.), при этом добыча прочих полезных ископаемых снизилась на 1,5% с 74,0 млн. руб. до 73 млн. руб.

В последние годы в ООО "Рудник Веселый" происходит сокращение объемов добычи золота из-за истощения минерально-сырьевой базы.

Промышленность строительных материалов. Кроме Горно-Алтайского ЗЖБИ и Майминского завода ЖБИ "Магис", производством строительных материалов в регионе занимаются частные предприятия и предприниматели. Многие из них освоили производство газобетона и шлакобетона, тротуарной плитки, бордюрного камня, кирпича и пр.

Лесная промышленность. Предприятия отрасли имеются практически в каждом районе республики, но основные из них находятся на территории Турочакского и Чойского районов, производящих до половины отраслевой продукции.

Лесоперерабатывающая промышленность представлена мелкими лесопильными предприятиями и отдельными пилорамами. Большинство из них являются подсобным производством в строительстве и сельском хозяйстве, их техническое состояние не отвечает современным требованиям и не обеспечивает производство конкурентоспособной продукции. В республике нет лесопильных предприятий с полным циклом механизированной обработки, включая сушку, сортировку, маркировку, упаковку и более глубокую переработку этих пиломатериалов.

Лесопромышленный комплекс республики имеет сырьевую направленность – 2/3 валового товарного оборота приходится на круглый необработанный лес, вывозимый в соседние регионы (Алтайский край и Новосибирскую область, откуда частично экспортируется в Казахстан, Узбекистан, Китай) и дрова.

По данным Министерства экономического развития и имущественных отношений Республики Алтай деревообрабатывающее производство в общем объеме промышленного производства республики за период 2016-2017 годы сократилось с 1,4% до 1,2%.

Объем продукции в 2021 г. по виду деятельности "Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки" составил 85,6 млн. руб [92].

Пищевая промышленность республики в основном представлена молокоперерабатывающими предприятиями (ООО "Майма-Молоко", ООО "Ануй-Агро", ПКЗ "Амурский" ООО "Чергинский маслосырзавод", ООО "Черно-Ануйский маслосырзавод"). Кроме того, можно выделить ООО "Нарине", которая выпускает продукцию из дикорастущих растений.

В 2021 году объем отгруженной продукции по производству пищевых продуктов в регионе составил 343,4 млн. руб. (+17,4% к соответствующему периоду предыдущего года), производству напитков – 37,8 млн. руб. (+29,6% к соответствующему периоду предыдущего года).

Туризм является одним из приоритетных направлений социально-экономического развития Республики Алтай. Поток туристов в Республику Алтай растет с каждым годом и уже несколько лет стабильно превышает 2 миллиона человек. В 2021 г. по данным Министерства природных ресурсов, экологии и туризма РА регион посетило 2,186 млн. человек. Основу туристского потока (до 90%) составляют туристы из близлежащих регионов Си-

бирского федерального округа.

Отдых туристов в регионе в 2021 году обеспечивали 919 субъектов туристской индустрии, в том числе 395 коллективных средств размещения (КСР), 426 сельских домов, 25 туроператоров, внесенных в Единый федеральный реестр туроператоров, а также 73 турфирмы и агентства. Для организации досуга туристов использовались более 350 туристских маршрутов, до 500 маломерных судов и более 1000 лошадей.

Совокупный номерной фонд КСР региона оставил порядка 17,7 тыс. мест размещения, в том числе 9,7 тыс. мест круглогодичного действия, плюс 3,5 тыс. мест в сельских "зеленых" домах, из которых до 1,5 тыс. мест могут использоваться круглогодично.

В течение летнего сезона 2021 г. в отрасли было одновременно занято порядка 8,9 тыс. работающих, из них на постоянной основе около 4,8 тыс. человек. Налоговые поступления в консолидированный бюджет РА от налогоплательщиков с заявленным видом экономической деятельности в сфере туризма по состоянию на 01.01.2022 года составили 359 млн. рублей, что выше объема поступлений предыдущего года на 32,5% [19].

Для туристской отрасли Республики Алтай характерна сезонность, выражающаяся в резких увеличениях туристских потоков летом и их спадом в зимние и особенно в осенне-весенние месяцы.

В настоящее время, особое значение в регионе придается развитию туристско-рекреационных кластеров частью которых являются "Всесезонный горнолыжный спортивно-оздоровительный комплекс "Манжерок" и туркомплекс "Каракольские озера".

Жилищно-коммунальное хозяйство. В 2021 году на территории Республики Алтай оказывали жилищно-коммунальные услуги 62 организации, в том числе: в сфере тепло-, водоснабжения и водоотведения – 31 ресурсоснабжающая организация; в сфере электро-снабжения – 2 территориальные сетевые организации и 5 гарантирующих поставщиков; 3 региональных оператора в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами и прочие организации, осуществляющие регулируемые виды деятельности.

На балансе у предприятий ЖКХ находится более 137 котельных, 164,4 км тепловых и 658,1 км водопроводных сетей, около 350 водозаборных скважин.

Объем отгруженной продукции по виду деятельности "Водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений" составил 576,0 млн. руб., что больше по сравнению с аналогичным периодом 2020 года, на 13,4% (508,1 млн. руб.).

Энергетика. Электроснабжение Республики Алтай осуществляется преимущественно от Бийского энергоузла энергосистемы "АлтайЭнерго".

В 2021 году собственные электрогенерирующие источники Республики Алтай были представлены: солнечными электростанциями суммарной мощностью 120 МВт (в 6 из 11 муниципальных образований республики); дизельными электростанциями в труднодоступных горных населенных пунктах; малыми гидроэлектростанциями "Кайру" (с установленной мощностью 400 кВт) и "Джазатор" (мощностью 630 кВт).

Объем отгруженной продукции по виду деятельности "Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха" в 2021 году составил 3045,2 млн. руб., что больше на 0,6 % (3025,9 млн. руб.) аналогичного периода 2020 года.

Транспорт. В республике основным видом транспорта является автомобильный. В небольшом объеме также используется водный и авиационный транспорт.

Протяженность автомобильных дорог общего пользования регионального значения по состоянию на 01.01.22 г. на территории республики составляет 2773,377 км, протяженность дорог местного значения – 2932,9 км, федерального значения – 704,017 км.

В 2021 году показатель перевозки грузов автотранспортом в регионе составил 154,8 тыс. тонн или 60,7%, общий грузооборот – 15,0 млн. тонно-километров или 53,0% к аналогичному периоду 2020 г. Общий пассажирооборот в регионе в 2021 г. составил 199,7 млн. пасс.-км, на коммерческой основе перевезено 11,1 млн. пассажиров.

С каждым годом растёт число прибывших воздушным транспортом. В 2021 году количество воспользовавшихся услугами авиаперелётов в Республику Алтай увеличилось, в основном за счет туристов, более чем в 2 раза и составило 154,7 тыс. человек (в 2020 г. – 74,6 тыс. человек). Основные авиаперевозчики – "Аэрофлот", "S7", "Победа" и "Уральские авиалинии", на период активного туристического сезона запускались чартерные рейсы авиакомпании "Nordwind". Помимо авиасообщения со столицами и крупными городами России, выполнялись внутрирегиональные рейсы до сёл Усть-Кокса и Кош-Агач.

Предпринимательство. Учитывая социально-экономические особенности региона, характеризующиеся, в первую очередь, отсутствием крупных промышленных предприятий, низкой плотностью населения и отдаленностью от крупных промышленных центров, развитие малого и среднего предпринимательства (МСП) в Республике Алтай играет особую роль. В удаленных и труднодоступных сельских поселениях малый и средний бизнес фактически единственный способ заработка для населения.

По данным Единого реестра субъектов малого и среднего предпринимательства (МСП) в регионе по состоянию на 01.01.2022 года зарегистрировано 8344 субъекта, в том числе 2491 юридическое лицо и 5853 индивидуальных предпринимателя.

Оборот малых и средних предприятий, включая микропредприятия, за 2021 год составил 51,1 млрд. руб., доля в общем обороте равна 36,9%. По сравнению с 2020 годом по данному показателю наблюдается снижение на 6,2 млрд. руб., что составляет 10,8%.

Численность занятых в сфере МСП, включая индивидуальных предпринимателей и самозанятых граждан, составляет 31,8 тыс. человек. На конец 2021 года количество плательщиков налога на профессиональный доход (самозанятых граждан), зарегистрированных и осуществляющих деятельность на территории РА составило 3647 человек.

В общей структуре субъектов МСП РА наибольшую часть занимают предприятия розничной торговли (26,1%), предприятия, осуществляющие деятельность в области растениеводства и животноводства (18,2%), оптовой торговли (4,9%), сухопутного транспорта (5,3%), а также предприятия, осуществляющие деятельность по предоставлению продуктов питания и напитков (3,8%), строительство зданий (3,8%) и деятельность по предоставлению мест для временного проживания (3,3%).

Подводя итог важно отметить, что Правительством РА [69] в качестве стратегических приоритетов социально-экономического развития региона на долгосрочную перспективу определены – туризм и санаторно-курортный отдых, агропромышленный комплекс, пищевая промышленность, биофармацевтическое направление и энергетика (табл. 3).

муниципальных образований Республики Алтай [69]

Муниципальное образование	Основные направления социально-экономического развития
Город Горно-Алтайск	Индустрия делового гостеприимства; агропищевое производство; садоводство; издательская и полиграфическая деятельность; транспортная инфраструктура; информационные технологии; промышленный парк в микрорайоне "Журавлиный лог"
Майминский район	Агропищевое производство; транспортная инфраструктура; санаторно-курортное и реабилитационное направление туризма; туробъекты и туринфраструктура, ориентированные на зимние виды отдыха; туристско-рекреационные кластеры "Всесезонный горнолыжный спортивно-оздоровительный комплекс "Манжерок"; агропромышленный парк "АгроМир Туулу Алтай"
Чойский район	Горнодобывающая промышленность – проект "Создание кластера горнодобывающей промышленности"; лесозаготовка и деревопереработка – промышленный парк по глубокой переработке древесины; транспортная инфраструктура
Турочакский район	Туристская инфраструктура и туробъекты, ориентированные на зимние виды отдыха; санаторно-курортное и реабилитационное направление туризма; лесозаготовка и деревопереработка – промышленный парк по глубокой переработке древесины; агропищевое производство; транспортная инфраструктура; уникальные ООПТ
Чемальский район	Санаторно-курортное и реабилитационное направление туризма; туристско-рекреационный кластер "Всесезонный горнолыжный комплекс "Каракольские озера"; биофармацевтический кластер Республики Алтай; агропищевое производство; транспортная инфраструктура, электроэнергетика
Шебалинский район	Санаторно-курортное и реабилитационное направление туризма; агропищевое производство на основе сельскохозяйственной кооперации; транспортная инфраструктура
Онгудайский район	Туробъекты и туринфраструктура, ориентированные на зимние виды отдыха и реабилитационное направление туризма; историко-культурные объекты, петроглифические и археологические памятники; агропищевое производство
Усть-Канский район	Агропищевое производство, отдых и туризм
Усть-Коксинский район	Отдых и туризм, реабилитационное направление туризма; уникальные ООПТ; агропищевое производство; электроэнергетика; транспортная инфраструктура
Улаганский район	Отдых и туризм; историко-культурные объекты, петроглифические и археологические памятники; агропищевое производство; электроэнергетика; транспортная инфраструктура; геопарк "Алтай"
Кош-Агачский район	Отдых и туризм; уникальные ООПТ; горнодобывающая промышленность; агропищевое производство; электроэнергетика; транспортная инфраструктура; проект "Создание кластера горнодобывающей промышленности"; геопарк "Алтай"

Перечисленные направления социально-экономического развития Республики Алтай при должном уровне их реализации позволят решить или снизить остроту основных проблем региона:

- низкий уровень развития социальной, производственной и инженерной инфраструктуры из-за суровых природно-климатических условий, очаговый характер освоения территории;

- низкая транспортная доступность, удорожание стоимости строительства объектов, стоимости перевозок пассажиров и грузов вследствие горного рельефа;

- высокая вероятность катастрофических стихийных бедствий (опасность землетрясений, схода лавин и селей, наводнений);

- дефицит электроэнергетики;

- нехватка квалифицированных кадров;

- высокий уровень дотационности республиканского бюджета Республики Алтай.

2.2. Структура населения и основные социальные показатели

Численность постоянного населения Республики Алтай на 01.01.2022 года, по данным Управления Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай, составила 221559 человек, в том числе мужского населения 47,6%, женского – 52,4%. Дети (0-17 лет) составляют 27,2%, трудоспособное население (женщины в возрасте 16-54 лет, мужчины 16-59 лет) – 55,3%, старше трудоспособного возраста – 17,5%. Численность городского населения составляет 64558 человек, сельского – 157001 человек. Средняя плотность населения составляет 2,38 чел./км².

По данным Всероссийской переписи 2010 года национальная структура населения республики представлена: русскими – 56,6%, алтайцами – 33,9%, казахами – 6,2% и другими национальностями – 3,3%.

Республика Алтай относится к числу регионов России, имеющих устойчивый естественный прирост. Положительная динамика демографических процессов продолжается в регионе с 2004 года. Однако в 2021 году положительный естественный прирост населения составил всего 0,2 на 1000 населения, что на 90,5% меньше 2020 г. Также снизился показатель рождаемости населения на 1,5% и составил 13,2 на 1000 населения (в 2020 г. – 13,4). Наиболее высокой рождаемостью отличаются Улаганский (16,7 на 1000 населения) и Кош-Агачский (16,1) районы, минимальной Майминский район (8,9).

Общая смертность населения выросла за год на 15% и составила 13,0 на 1000 населения (в 2020 г. – 11,3). В структуре смертности наибольшая доля смертельных случаев приходится на возраст от 59-64 лет и выше – 70,6% от общего количества умерших, соответственно население трудоспособного возраста – 27,3%, детей в возрасте от 0 до 18 лет – 2,1%. Средняя продолжительность предстоящей жизни жителей оценивается в 67,9 года.

Среди причин смертности в 2021 г. на первом месте стоят болезни системы кровообращения – 424,5 (32,7%) на 100 тысяч населения, на втором смертность от коронавирусной инфекции – 245,7 (18,9%), на третьем – смертность от воздействия внешних причин (травмы и отравления) – 166,8 (12,8%).

Показатель младенческой смертности по предварительным данным в отчетном году составил 6,9 (число умерших детей до 1 года на 1000 родившихся), при этом отмечается снижение показателя по сравнению с 2020 г. на 7,1%.

Общая заболеваемость всего населения Республики Алтай за 2021 год составила 189278,8 на 100 тысяч населения, в сравнении с аналогичным периодом 2020 года показатель увеличился на 7,1 % (176802,7 на 100 тысяч населения).

Миграционный прирост обеспечивается в основном за счет прибывших из других регионов и стран СНГ, в 2021 году он составил 566 человек.

Социально-экономическое положение РА определяется отдаленностью от развитых центров, низкой транспортной доступностью большей части территории, слабым развитием промышленности, социальной и инженерной инфраструктуры. Это приводит к тому, что по многим параметрам в регионе уровень социального благополучия населения ниже среднероссийского – низкий валовый региональный продукт, низкие величины прожиточного минимума, среднедушевого дохода населения, стоимости минимальной продуктовой корзины и т.д. Уровень благоустройства жилищного фонда также значительно ниже сред-

них значений по России.

Среднемесячная заработная плата в 2021 году составила 38745 руб., по отношению к 2020 г. она выросла на 6,5%, реальная заработная плата выросла на 0,7%.

По состоянию на 01.01.2022 г. уровень регистрируемой безработицы в Республике Алтай составил 2,82 % к численности экономически активного населения (на 01.01.2020 г. уровень безработицы составлял – 10,49%). В январе-декабре 2021 года в поисках работы в службу занятости населения обратились 13470 чел., что на 36,7% меньше показателя аналогичного периода 2020 года, когда в поисках работы обратилось 21288 чел. Из числа обратившихся граждан 5302 человека (39,4%) были трудоустроены при содействии службы занятости населения.

По данным Социального паспорта муниципальных образований в 2021 году общее количество семей в регионе составило 55652, из них малообеспеченных семей с доходом на одного члена семьи не превышающим величину прожиточного минимума – 19994. Уровень бедности в 2021 году составил 22,4% (за 2020 год – 23,8%).

В перспективе до 2035 года ожидается дальнейшее увеличение численности населения (прирост в среднем 0,3 – 0,7% в год), в том числе населения трудоспособного возраста и старше трудоспособного возраста. Это произойдет за счет роста общей продолжительности жизни населения, а также сокращения населения моложе трудоспособного возраста на фоне снижения темпов уровня рождаемости. Сокращение численности населения моложе трудоспособного возраста может привести к сокращению численности трудовых ресурсов региона, формируемых в основном за счет местного населения. Показатели миграции населения будут зависеть от внешнеполитической ситуации, миграционной политики государства и существующих условий проживания на территории региона [69].

2.3. Объекты экономики и социальной сферы, подверженные погодно-климатическому воздействию

Влияние климата распространяется практически на все сферы деятельности человека. Во многом природно-климатические условия определяют развитие того или иного вида хозяйственной деятельности. Так, резко континентальный климат Республики Алтай, характеризующийся на большей части ее территории относительно коротким летом, продолжительной холодной и местами очень морозной зимой, в совокупности с расчленённым рельефом создали зону риска для растениеводства, но в целом оптимальные условия для развития животноводства.

Сельское хозяйство. К опасным агрометеорологическим явлениям (ОАЯ) характерным для территории РА относятся: засухи, заморозки, переувлажнение почвы, образование настов и некоторые другие, а также их сочетания, вызывающие полегание посевов, резкое снижение их продуктивности, угрозу гибели молодняка у животных, затрудняющие проведение полевых работ, особенно уборку урожая и заготовку сена (табл. 4).

Учитывая наметившиеся тенденции изменения климата на территории региона, связанные с увеличением летних температур и снижением в отдельных районах количества осадков (аридизация климата) можно предполагать, что перспективы развития растениеводства в подобных условиях становятся минимальны. В частности, могут усложняться агроклиматические условия в традиционных для растениеводства Уймонской и Усть-Канской котловинах. В перспективе можно предположить усиление рисков аграрного

природопользования, возрастание нестабильности продуктивности сельхозугодий и вероятности природных бедствий и чрезвычайных ситуаций за счет весенне-осенних заморозков, засух, ливневых дождей. Необходимо дальнейшее развитие институциональной структуры страхования скота, урожаев, создания страховых запасов семян и кормов; а также финансовых институтов, ориентированных на поддержку сельского хозяйства в экологически приемлемых рамках функционирования [96].

Табл. 4. Опасные агрометеорологические явления, характерные для территории РА [58]

Название ОЯ	Характер негативного воздействия опасного явления
Для растениеводства	
Заморозки	Понижение температуры воздуха и (или) поверхности почвы (травостоя) до значений ниже 0°C на фоне положительных средних суточных температур воздуха в периоды активной вегетации сельхозкультур (от даты перехода средней суточной температуры воздуха через +10°C весной до даты перехода ее через +10°C осенью) или уборки урожая, приводящее к повреждению, а также к частичной или полной гибели урожая
Переувлажнение почвы	В период вегетации сельхозкультур в течение 20 дней (в период сева и уборки в течение 10 дней) состояние почвы на глубине 10-12 см по визуальной оценке увлажненности оценивается как липкое или текучее; в отдельные дни (не более 20% продолжительности периода) возможен переход почвы в мягкопластичное или другое состояние
Суховей	Максимальная скорость ветра 7 м/с и более при максимальной температуре воздуха выше плюс 25°C и относительной влажности воздуха не более 30%, наблюдающиеся хотя бы в один из сроков наблюдений в течение 3 суток подряд и более в период активной вегетации (от даты перехода средней суточной температуры воздуха через +10°C весной до даты перехода ее через +10°C осенью)
Засуха атмосферная	В период вегетации сельхозкультур отсутствие эффективных осадков (более 5 мм в сутки) за период не менее 30 суток подряд при максимальной температуре воздуха выше плюс 25°C. В отдельные дни (не более 25 % продолжительности периода) возможно наличие максимальных температур, ниже указанного предела
Засуха почвенная	В период вегетации сельхозкультур за период не менее 3 декад подряд запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-20 см составляют не более 10 мм или за период не менее 20 суток, если в начале периода засухи запасы продуктивной влаги в слое 0-100 см были менее 50 мм
Раннее появление или установление снежного покрова	Появление или установление снежного покрова (в том числе временного) любой высоты в аномально ранние сроки (раньше средних многолетних сроков на 10 дней и более)
Промерзание верхнего (до 2 см) слоя почвы	Раннее (на 10 дней и более раньше средних многолетних сроков) промерзание верхнего (до 2 см) слоя почвы продолжительностью не менее 3 дней
Ледяная корка	Слой льда на поверхности почвы (притертая ледяная корка) толщиной 2 см и более, залегающий 4 декады и более в период зимовки озимых культур
Для пастбищного животноводства	
Снежный покров	Установление снежного покрова высотой 20 см и более при любой плотности или высотой более 5 см при плотности 0.25 г/см ³ и выше в течение 30 суток и более
Ледяная или снежная корка (наст), приводящая к бескормице	Слой льда 10 мм и более или наста 5 см и более на поверхности почвы и пастбищной растительности, залегающие в течение 30 суток и более
Понижение температуры воздуха в период расплодной кампании	Понижение минимальной температуры воздуха до -7°C и ниже, приводящее к гибели народившегося молодняка

Туризм в Республике Алтай имеет ярко выраженную природоориентированную специализацию – пешие, конные, водные туры, экотропы и т.д. Поэтому погодноклиматические факторы оказывают на туристскую отрасль существенное влияние через

комфортность условий для человека и сезонность климата.

Основная доля туристов посещают республику в теплый период года – с мая по сентябрь. При этом в последние десятилетия на фоне повышения весенних и осенних температур, отмечается немного более раннее начало и окончание туристского сезона (высокой активности туристов). Также установлено [47], что росту численности туристов в регионе способствует повышение летней температуры воздуха, что оказывает положительное влияние на заполняемость рекреационных учреждений. Соответственно при понижении летней температуры воздуха количество туристов, особенно, приезжающих из соседних регионов на два-три дня (в выходные) снижается.

Негативной стороной устойчивого роста температур, особенно зимних в совокупности с уменьшением осадков в дальнейшем может стать сокращение числа дней с устойчивым снежным покровом в районах с развивающимися горнолыжными курортами (Майминский, Чемальский и Турочакский районы).

Можно также отметить ряд наиболее возможных негативных последствий для туротрасли РА в условиях нарастания изменений климата:

- сокращение площади ледников, являющихся не только ресурсами для альпинизма, но и одними из наиболее ценных пейзажно-эстетических ресурсов рекреации;
- возрастание сложности прохождения маршрутов из-за таяния ледников и увеличение опасности из-за активизации экзогенно-геологических процессов на склонах (усиление селевых и оползневых процессов, смыв почвенного покрова, увеличением частоты схода лавин, камнепадов и т.д.);
- возникновение явлений духоты в периоды очень жаркой погоды, создающие дискомфорт и напряжение систем терморегуляции человека;
- увеличение интенсивности осадков чревато резким повышением уровня воды в реках и подтоплением пойменных участков, используемых туристами для бивуаков (наблюдалось в мае-июне 2014 г.), изменением характера препятствий на сплавных реках и т.д.
- увеличения активности паразитов, в том числе, в зонах природно-очаговых заболеваний;
- увеличения частоты природных пожаров.

Перечисленные возможные негативные последствия изменения климата на территории РА способствуют возникновению не только физических рисков для туристов, но и проявлению сложностей в предоставлении им базовых услуг по размещению, доставке, экскурсиям и т.д. [40].

Инфраструктура. Значительное воздействие в регионе климат оказывает на состояние наземной транспортной инфраструктуры. Так, повышение температуры воздуха в холодный период года сопровождается частыми перепадами температуры, которые способствуют ускоренному разрушению покрытия автомобильных дорог. Особенно интенсивно процесс разрушения материалов происходит при частых переходах температуры воздуха через 0°C. Увеличение количества жидких осадков, сопровождающих оттепели, является дополнительным фактором, усиливающим процесс разрушения. Влияние этих эффектов в настоящее время наглядно проявляется на состоянии автодорог.

Состояние и функционирование транспортной инфраструктуры в значительной степени зависит от количества осадков и режима их выпадения. В республике в зимний период довольно часто выпадает значительный объем осадков, что приводит к необходимо-

сти принятия дополнительных мер по организации движения на дорогах.

Климатические факторы являются определяющими в развитии экзогенных геологических процессов (ЭГП). По данным Горно-Алтайского отделения филиала "СРЦ ГМСН" ФГБУ "Гидроспецгеология", ЭГП в той или иной степени подвержены около трети всех населенных пунктов РА.

Водно-эрозионные процессы, затопления и подтопления имеют широкое распространение практически на всей территории республики – в пределах водных объектов различного ранга – от временных водотоков до крупных трансграничных рек. В первую очередь при затоплении и подтоплении страдают селитебные территории, а также инфраструктура. Увеличение меженных расходов и уровня воды в реках в условиях уменьшения промерзания почвогрунтов способствует повышению уровня грунтовых вод и подтоплению территорий. Эти процессы приводят к деформации фундаментов зданий и сооружений и создают дополнительные риски их разрушения.

Оползневые процессы проявлены в основном в низкогорной зоне (Майминский, Чойский, Турочакский, частично Шебалинский и Чемальский районы) и в обрамлении высокогорных межгорных впадин, а также на расширенных участках долин рек в юго-восточной части Горного Алтая (Кош-Агачский район).

Селевые процессы эпизодически достигают аномальной активности, вызывая ЧС локального характера на территории отдельных населенных пунктов и в высокогорных территориях на реках с ледниковым питанием. Основной фактор активизации селей – интенсивный режим увлажнения, приводящий к дождевым паводкам в летнее время. Основная активность проявлена на территории Кош-Агачского, Онгудайского, Улаганского и Усть-Коксинского районов.

Гравитационные процессы характерны для горных районов с крутосклонным рельефом поверхности в пределах горных хребтов и их отрогов. Нередко обвалы, камнепады и осыпи наблюдаются на автодорогах на участках выемок рельефа, проложенных по склонам или в подножии склонов, и могут привести к ДТП.

Как для любой горной территории для Республики Алтай характерно наличие лавиноопасных участков. Как правило, они расположены на крутых заснеженных склонах различной экспозиции, имеющих большой перепад высот, лоткообразные формы рельефа и достаточно высокий режим увлажнения.

По данным Главного управления МЧС России по РА на территории регион расположено семь основных лавиноопасных участка:

- федеральная дорога Р-256 "Чуйский тракт" – пять участков, в том числе на подъезде к озеру "Телецкому" – два участка;
- региональная дорога н.п. Акташ – с. Улаган – один участок;
- объездная дорога г. Горно-Алтайск – с. Майма – один участок.

Потепление климата сопровождается повышением среднегодовой температуры грунтов, вследствие этого происходит оттаивание толщ многолетнемерзлых пород и активизация деструктивных геокриологических процессов.

Геокриологические процессы характерны для областей распространения островной и сплошной мерзлоты, тяготеющих к высокогорным районам. В РА к таким районам можно отнести Улаганский и Кош-Агачский. Наиболее распространенными типами ЭГП

геокриологического класса являются термокарстовые явления и пучение грунтов.

Многолетняя мерзлота оказывает большое влияние на хозяйственную деятельность. Она создает значительные препятствия для производства земляных работ, сооружения и эксплуатации различных построек.

Территория Республики Алтай относится к району с повышенным риском наводнений. Причинами наводнений на реках республики в летний период являются обильные и продолжительные дожди и в период весеннего половодья под действием повышения температур активное таяние снега, ледников. Наиболее опасными ситуациями является сочетание нескольких негативных факторов – обильные запасы снега, высокие весенние температуры, обильные жидкие осадки. При выпадении сильных и продолжительных дождей (87 до 185 % месячной нормы) почва переувлажняется и становится не способной впитать воду, которая становится дополнительным питанием для малых рек. Происходит затопление пониженных участков рельефа, резкий подъем уровня грунтовых вод (после весеннего оттаивания почвы) и местами их выход на поверхность. Таким образом, помимо разлива реки наблюдается подтопление подвалов и подполов, приусадебных участков, расположенных даже на достаточно существенном расстоянии от водных объектов.

По данным Главного управления МЧС России по Республике Алтай, в зоне вероятного подтопления находится до ста населенных пунктов, 8000 жилых домов, 12000 приусадебных участков, до 230 автомобильных мостов, до 500 км автомобильных дорог, до 90 опор ЛЭП протяженностью более 9000 м.

Гравитационные процессы характерны для горных районов с крутосклонным рельефом поверхности в пределах горных хребтов и их отрогов. Нередко обвалы, камнепады и осыпи наблюдаются на автодорогах на участках выемок рельефа, проложенных по склонам или в подножии склонов, и могут привести к ДТП.

Ещё одним климатическим фактором способным косвенно повлиять на инфраструктуру региона является рост температуры воздуха, происходящий на фоне усиления дефицита влагообеспеченности отдельных пожароопасных районов Республики Алтай.

Таким образом, на территории региона с учётом особенностей экономических отраслей наиболее подвержены влиянию погодно-климатических факторов животноводство и туризм, а также социальная инфраструктура. В условиях современных тенденций изменения климата проявляются новые угрозы и активизируются ранее менее опасные природные явления.

3. Климатические условия территории Республики Алтай

Республика Алтай расположена практически в центре Азиатского континента на стыке климатических систем Сибири и Средней Азии, что в совокупности со сложным горным рельефом создаёт чрезвычайно контрастные местные климатические условия.

3.1. Основные климатообразующие факторы

Для территории РА основными климатообразующими факторами являются:

- количество солнечной энергии, поступающей на земную поверхность;
- общая циркуляция атмосферы, способствующая формированию тепло- и влагооборота;
- горный рельеф, влияющий на перераспределение первых двух факторов, т.е. формирующий местный климат с микроклиматическими особенностями [15].

Радиационный режим. Солнечная радиация – основной источник энергии для всех процессов, развивающихся в атмосфере, гидросфере, литосфере и биосфере. В горах солнечная энергия в процессе сложного взаимодействия между этими сферами поглощается, перераспределяется и преобразуется, формируя неоднородные процессы влагообмена и теплообмена на разных участках рельефа.

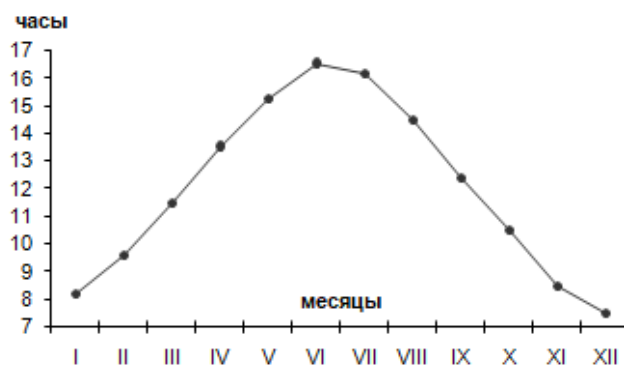


Рис. 4. Долгота дня на широте 52° на 15-е число каждого месяца [53]

Продолжительность освещения в течение суток, на Алтае изменяется от 7 ч. 46 мин. в период зимнего солнцестояния до 16 ч. 42 мин. в летнее солнцестояние (рис. 4). Однако фактическая продолжительность солнечного сияния в горах зависит от количества облаков и степени закрытости горизонта. В большинстве долин Алтая годовая продолжительность солнечного сияния достигает 1900 ч, в наиболее увлажненных долинах до 1800 ч.

Наибольшая продолжительность солнечного сияния характерна для полупустынных котловин Юго-Восточного Алтая (в Кош-Агаче 2634 ч.). Минимум освещенности характерен для узких крутых долин высокогорий (до 1300 часов), в некоторых из них в декабре Солнце не появляется из-за гор даже в полдень (табл. 5) [53].

Табл. 5. Средняя продолжительность солнечного сияния за период наблюдений с 2010 по 2020 гг. (часы) [по данным Горно-Алтайского ЦГМС]

Метеостанция	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Турочак	108,5	137,4	180,2	209,0	251,8	297,9	269,3	245,5	184,4	115,4	65,2	78,3
Кызыл-Озёк	100,8	118,4	161,4	195,0	240,2	280,9	247,5	239,1	170,0	107,0	62,7	77,2
Яйлю	105,8	131,6	181,5	189,5	214,2	257,5	230,1	222,9	180,9	120,2	68,3	83,7
Чемал	76,3	107,6	166,2	202,1	223,7	258,7	234,4	229,7	177,7	103,3	57,7	49,8
Усть-Кокса	136,7	154,5	216,6	245,0	283,0	291,1	276,9	278,6	227,8	147,3	104,1	104,2
Катанда	125,5	148,0	207,7	241,1	266,2	288,9	264,8	265,3	208,3	136,6	87,6	91,9
Кош-Агач	158,8	182,0	252,8	290,8	315,0	296,4	300,0	295,0	261,0	202,1	135,4	135,4
Кара-Тюрек	139,7	151,4	209,6	223,8	244,2	262,2	238,4	229,3	205,7	147,5	94,7	109,7
Ак-Кем	74,1	88,8	136,0	192,4	222,6	220,1	209,3	208,7	152,3	91,4	56,1	52,2

Для Алтая характерно сравнительно небольшое число дней без солнца (до 40-50 дней). Максимум дней без Солнца характерен для побережья Телецкого озера – 70 дней, минимум в засушливых высокогорных котловинах – около 20 дней в году (табл. 6).

Табл. 6. Количество дней без Солнца в Республике Алтай [53]

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	X	XI	XII	За год
Яйлю	9	6	5	4	3	3	1	2	3	7	13	14	70
Чемал	7	5	3	3	2	1	1	1	2	6	9	12	52
Кара-Тюрек	4	2	1	1	0,2	0,2	1	0,4	0,4	1	4	5	46
Ак-Кем	5	4	3	3	2	1	1	1	3	6	8	9	45
Кош-Агач	6	3	3	1	1	1	1	0,4	2	6	10	11	19

Суммарная радиация на Алтае в течение года варьирует от 4450 МДж/м² до 5404 МДж/м², в свою очередь радиационный баланс изменяется от 1800 МДж/м² до 1950 МДж/м². Величина отраженной радиации (альбедо) изменяется в зависимости от времени года и подстилающей поверхности. В теплое время альбедо составляет от 5-7% на поверхности водоемов, до 60-70% на ледниках, а в холодный период в зависимости от наличия и чистоты снега – от 40 до 80%. С высотой альбедо увеличивается из-за более длительного залегания снежного покрова и чистоты его поверхности. В дневном и годовом ходе наблюдается уменьшение величины альбедо с возрастанием высоты Солнца.

Расходная часть радиационного баланса – эффективное излучение, следует за годовым ходом температуры, достигая наименьших значений зимой, наибольших летом. В горах, с уменьшением плотности атмосферы, это излучение возрастает до высоты 1600-1800 м, выше эффективное излучение постепенно уменьшается. Годовые суммы эффективного излучения в горах Алтая колеблются от 1400 МДж/м² до 2100 МДж/м², а его доля в радиационном балансе на различных метеостанциях составляет 73-90%, что в десятки раз выше, чем в Европейской части России.

Радиационный баланс очень изменчив в пространстве. Так, для годовых сумм прослеживается увеличение величин радиационного баланса до высот 1200-2000 м, выше происходит их понижение из-за увеличения периода залегания снежного покрова. В течение года практически повсеместно положительный радиационный баланс сохраняется с первой половины марта и до начала ноября, однако в высокогорье число месяцев с отрицательным балансом может быть несколько меньше. В районе Кош-Агача отрицательный баланс наблюдается в зимние месяцы и в ноябре (от -3 до -43 МДж/м²), максимальные значения фиксируются в июле – 356 МДж/м². В целом годовая сумма радиационного баланса на территории Алтая изменяется от 1800 до 1950 МДж/м² [53,81,15].

Общая циркуляция атмосферы и влияние на неё рельефа. Циркуляция атмосферы над территорией Алтая является частью процессов, охватывающих не только Западную Сибирь, но и Северное полушарие в целом. Здесь находится переход между климатическими областями Западной и Восточной Сибири и Центральной Азии. Поэтому синоптические процессы над Алтаем связаны с чередованием воздушных масс, различных по физическим свойствам.

Массы из Атлантики несут осадки, из Центральной Азии – сухую и жаркую погоду, из Восточной Сибири – резкое похолодание. При этом повторяемость умеренного континентального воздуха составляет 76%, арктического – 20%, тропического – 4% [84,53].

Мощная система Алтайских гор оказывает сильное влияние на структуру и развитие крупномасштабных и локальных атмосферных возмущений. Деформируется планетарная фронтальная зона. Углубляются транзитные циклоны и формируются частные. Над обширной горной страной формируется местная воздушная масса с обособленной внутренней циркуляцией типа фенов и горно-долинных ветров.

Горы Алтая являются своего рода форпостом юго-востока Западной Сибири, преграждающим путь влагонесущим воздушным потокам, поступающим с запада. Преодолевая вынужденный подъем в воздушных массах усиливается процесс конденсации влаги и на наветренных склонах гор выпадают осадки. Так, если в районе Северного уступа Алтая перепад осадков резкий – около 400 мм, то в предгорьях Северо-Восточного Алтая нарастание осадков происходит постепенно.

В холодный период года в атмосфере господствуют антициклональные типы циркуляции. Воздушные потоки, спустившись с водоразделов в глубокие долины меридиональной и субмеридиональной ориентации, создают тёплый ветер со свойствами фена. Такие долины с интенсивным развитием фенов в предгорьях образуют своего рода буферную прослойку, предохраняющую Алтай от вторжений холодного воздуха.

При интенсивном развитии Азиатского антициклона образуются инверсии сжатия и безветренная погода. На склонах гор, обрамляющих высокогорные котловины, температура становится на 10-15°C выше, чем на их днищах. Охлажденный воздух стекает со склонов и заполняет межгорные котловины. Соответственно последние в этот период характеризуются самыми низкими температурами. Так, в Чуйской котловине температура часто опускается ниже -50°C [15,86,78].

Значительное похолодание на всей территории Алтая в зимний период вызывается вторжениями арктического континентального воздуха из Восточной Сибири. При слабом развитии Сибирского антициклона северные и западные части Алтая оказываются в сфере активной деятельности влажных атлантических циклонов или сухого среднеазиатского воздуха. Погода становится неустойчивой, с оттепелями, снегопадами и сильными ветрами. Происходит резкое межсуточное изменение давления и в наветренных долинах увеличивается скорость ветра.

Одновременно с прохождением глубоких циклонов по северным районам на Юго-Востоке Алтая может сохраняться антициклоническая циркуляция. Циклоны, образовавшиеся на среднеазиатской или средиземноморской ветви полярного фронта, смещаются с запада или юго-запада. Часто под влиянием гор происходит регенерация циклонов. Циклоничность в начале зимы развита значительно интенсивнее по сравнению со второй ее половиной, которая отмечается более холодной и ясной погодой.

Весной, в связи с прогреванием материка и разрушением Азиатского антициклона, начинается сезонная смена циркуляционного механизма. В первую половину весны циркуляция еще носит смешанный характер. В марте происходят вторжения сильно прогретого воздуха из Средней Азии и Ирана. Для апреля характерна частая смена фронтальных циклонов и антициклонов. При антициклональной погоде за счет большого притока солнечной радиации воздух быстро прогревается, с переходом среднесуточной температуры через 5°C наступает климатическая весна. В высокогорье этот процесс идёт с опозданием из-за высокого альбедо заснеженной поверхности.

В мае наблюдается чередование вторжений арктического и тропического воздуха и

соответствующих погод. Сокращается поступление воздушных масс с юга, а с увеличением облачности уменьшается число часов солнечного сияния, замедляется прогревание подстилающей поверхности и задерживается прирост средней суточной температуры. Нередко бывают заморозки на почве и в воздухе, а в высокогорье обильные снегопады.

В увлажнении Алтая, кроме западных, юго-западных и северо-западных циклонов принимают участие и частные орографические циклоны, которые формируются под влиянием рельефа. Над хребтами Алтая под влиянием температурного расслоения атмосферы образуются юго-западные и западные волны теплого воздуха. Они несут осадки, выпадающие преимущественно на наветренных западных и северных склонах. На юг и восток количество осадков постепенно убывает [61,53].

Для летнего периода характерны зональные циркуляции с развитием антициклональной деятельности со слабыми ветрами. В зависимости от характера циркуляции лето может быть либо прохладным, засушливым или влажным. Преобладают юго-западные циклоны, формирующиеся на ветвях полярного фронта, значительно реже бывают циклоны с северо-запада. В тылу этих циклонов поступает арктический воздух, поэтому происходит резкое понижение температуры, в высокогорье идет снег.

Нередко летом над Алтаем стационарируют циклоны, формирующие облачность, грозы и осадки. Однако теплая, ясная антициклоническая погода является преобладающей. Наиболее длительные периоды жаркой и сухой погоды бывают при распространении на Алтай оси высокого давления от Азорского максимума. В отдельные годы случаются засухи, повторяемость засушливой жаркой погоды около 10-15%. Таким образом, рельеф Алтая служит не только "конденсатором" влаги, но и её перераспределителем [86].

Резкое изменение давления от суток к суткам, наблюдающееся при прохождении фронтов глубоких циклонов отражается на режиме ветра. При устойчивом давлении господствует штиль, резкое изменение давления сопровождается бурным ветром.

Осенью происходит перестройка циркуляции, охлаждается подстилающая поверхность. Выпадает значительное количество осадков, особенно на наветренных склонах Западного и Северо-Восточного Алтая. Начинают преобладать два типа циркуляции с чередованием направлений потоков воздуха. С севера – арктический воздух с первыми осенними заморозками, с юга – теплая и сухая погода. Дневное прогревание воздуха компенсирует потерю тепла ночами. В сентябре еще преобладает антициклоническая циркуляция, в октябре уже господствует циклоническая. Приход циклонов усиливает ветер, ливневые осадки часто выпадают в виде снега. Постепенное уменьшение солнечной радиации создает переход к циркуляции холодного сезона. К концу октября формируется Азиатский антициклон, западный отрог которого располагается над Алтаем [53].

Таким образом, рельеф Алтая перераспределяет атмосферную влагу, стимулирует осадкообразование на наветренных склонах и размывает фронты на подветренных, усиливает антициклонические процессы над высокогорными котловинами и водоразделами Юго-Восточного и Центрального Алтая, а также обуславливает формирование фёнов в северной части территории Алтая.

Самым очевидным фактом влияния гор на процессы климатообразования является вертикальная структура ландшафтной поясности. Понижение температуры и изменение количества осадков по мере повышения высоты местности обуславливают формирование местных модификаций ландшафтов [86].

3.2. Ландшафтно-климатическое зонирование

В пределах Республики Алтай можно выделить низкогорный, среднегорный и высокогорный высотные ландшафтные ярусы, которые в целом соотносятся с зонированием Северного, Центрального и Юго-Восточного Алтая. По режиму температуры, влажности и некоторым другим климатическим параметрам также выделяются ландшафты межгорных котловин и крупных долиных рек ориентированных меридионально.

Условно три ландшафтных яруса можно разделить по степени увлажнения (среднегодовое количество осадков до 400 мм – недостаточное увлажнение; 400-800 мм – умеренное; более 800 мм – избыточное) на 8 ландшафтно-климатических зон (прилож. 1: рис. 1).

Низкогорье характеризуется максимальной для Горного Алтая тепло- и влагообеспеченностью. По данным Горно-Алтайского ЦГМС в июле в низкогорье средняя температура составляет около 17,6-19,2°C, безморозный период длится от 95 до 119 дней, годовая сумма осадков меняется в пределах 522-901 мм. В январе средняя температура опускается до -8 – (-17,2)°C. Устойчивый снежный покров сохраняется на протяжении 112-167 дней, его максимальная высота варьируется в пределах 44-100 см (прилож. 1: табл. 1,8).

В низкогорье можно выделить две основных ландшафтно-климатические зоны: лесостепной пояс с умеренным увлажнением и лесной пояс с избыточным увлажнением (прилож. 1: рис. 1).

Низкогорная лесостепная зона охватывает практически весь Майминский район и северо-западную часть Чойского района, характеризуется значительной высотой снежного покрова и высокой влажностью воздуха. В лесостепных низкогорьях широко распространены березовые леса. В долинах рек большие площади занимают сосновые и сосново-березовые леса. Распределение растительности зависит от экспозиции склонов. Лесные группировки приурочены к более влажным местам, преимущественно к северным и западным склонам, а также к влажным долинам.

Для *низкогорного лесного пояса* характерно избыточное увлажнение, максимальная для региона высота снежного покрова и высокая влажность воздуха. Здесь широко распространена высокотравная черневая тайга – север Чойского и большая часть Турочакского районов. В древостое преобладают пихта сибирская и осина, нередко встречаются березы и кедры. На вырубках обычно возникают вторичные березово-осиновые леса [86].

Питание поверхностных вод в низкогорье смешанное, снеговое и дождевое, реже преимущественно снеговое, в лесостепной зоне с повышенной долей грунтового питания.

Среднегорье характеризуется наибольшим разнообразием климатических условий. Теплообеспеченность ландшафтов убывает от нижнего пояса среднегорий к верхнему.

По данным Горно-Алтайского ЦГМС в июле средняя температура составляет около 15,6-16,5°C, годовая сумма осадков меняется в пределах 336-505 мм. Зимой из-за антициклональных инверсий температура с высотой на склонах не понижается. В январе средняя температура опускается до -6,8 – (-13,8)°C. Устойчивый снежный покров сохраняется 128-147 дней, при максимальной высоте 54-64 см. Ближе к центру Алтая из-за маломощности снежного покрова возникают острова многолетнемерзлых грунтов (прилож. 1: табл. 1,8).

Климатические условия, в первую очередь количество атмосферных осадков, сформировали в среднегорье три основных типа лесных ландшафтов: черневое избыточно увлажненное среднегорье, темнохвойное умеренно увлажненное среднегорье и листвен-

ничные леса наиболее засушливых участков леса (прилож. 1: рис. 1). В среднегорном ярусе также присутствует субальпийское редколесье, представляющее собой чередование небольших участков леса с субальпийскими лугами или горной тундрой.

В черневом среднегорье преобладающим комплексом являются осиново-пихтовые высокотравные леса. Они распространены в районе Башчелакского, Коргонского и Теректинского хребтов, а также на юге Турочакского, Чойского и востоке Онгудайского района. Темнохвойные комплексы широко распространены на значительных высотах (1200-1800 м) – Шебалинский, большая часть Онгудайского и Усть-Коксинского районов, а также север Улаганского района. В условиях достаточного увлажнения они находятся на склонах всех экспозиций, но встречаются и в засушливых межгорных котловинах на их северных и западных склонах. Наиболее распространены в суровых условиях среднегорных котловин лиственничные леса. От высоты 1200 м и до верхней границы леса основными комплексами являются лиственничные парковые леса или лиственничные в сочетании с кустарником, еловыми, пихтовыми, березовыми или кедровыми лесами. В них хорошо развит травяной покров и встречаются мхи [86].

В среднегорье преобладающий тип питания – смешанный снеговой и дождевой, реже преимущественно снеговой. В бассейне р. Ануй и других засушливых зонах преобладает смешанное питание с повышенной долей грунтового питания

В высокогорье положительные среднесуточные температуры сохраняются не более четырех месяцев в году. По данным Горно-Алтайского ЦГМС средняя температура июля от 15,3°C в районе метеостанции Кош-Агач до 7,7°C на водоразделах (станция Кара-Тюрек), в январе соответственно от -27,3 до -16,4°C. Такая относительно теплая зима в высокогорье, за исключением межгорных котловин, в которых под действием температурных инверсий формируются "полюсы холода", обусловлена высокой повторяемостью антициклональных инверсий. Также здесь наблюдается существенное количество дней с сильным ветром более 15 м/сек, случаются ураганы и самая высокая в регионе повторяемость очень сильных ветров 30 м/с и более (Кара-Тюрек до 10 случаев в год и Ак-Кем до 3 случаев в год). Средняя годовая скорость ветра – 1-6 м/сек (прилож. 1: табл. 1).

По степени увлажнения в высокогорном ярусе выделяются ландшафтно-климатические зоны с недостаточным, умеренным и избыточным увлажнением.

К первой зоне относятся *высокогорные межгорные котловины* Юго-Восточного Алтая – Чуйская, Курайская, Джулукульская, Бертекская, а также долины рек Тархата, Джазатор, Акалаха и Аргут. Климат здесь характеризуется резкой континентальностью, недостатком атмосферного увлажнения, низкой влажностью воздуха, высокой степенью испарения и минимальной высотой снежного покрова (Кош-Агач – 4 см). Зима, как уже отмечалось выше, в высокогорных котловинах крайне суровая. В Чуйской котловине установлен абсолютный минимум для региона -55°C. Наиболее распространены в этой зоне сухостепные и опустыненные ландшафты.

Для *высокогорной зоны умеренного и избыточного увлажнения* характерны субальпийские и альпийские луга, высокогорные тундры. Они охватывают значительную часть территории Кош-Агачского и Улаганского районов, а также юг Усть-Коксинского района. При этом Катунский хребет характеризуется крайне избыточным (до 2000 мм/год) увлажнением. Высота снегового покрова в этой зоне в зависимости от среднегодового количества осадков колеблется от минимального (15 см) до среднего уровня (45 см). Влажность

воздуха преимущественно низкая. Своеобразие рельефа и климата обуславливает существование многочисленных ледников.

Для высокогорья типичны болота из-за обильного увлажнения, низкого испарения, наличия вечной мерзлоты, суглинистого состава грунта и обилия почвенных вод.

Режим питания поверхностных водных объектов в высокогорье смешанный. В зоне с недостаточным увлажнением характерно преимущественно снеговое питание, либо с повышенной долей грунтового, в отдельных районах – ледниково-снеговое. В зоне достаточного увлажнения преобладает ледниково-снеговое питание рек, реже преимущественно снеговое [86,53].

Интразональные долинны ландшафты сформировались под влиянием местных климатообразующих факторов. В холодный период года некоторые долины рек выполняют роль "аэродинамических" труб, образуются тёплые местные ветры – фены и развиваются другие процессы горно-долинной циркуляция атмосферы.

Долинны ландшафты представлены степными, лесостепными, лесными, луговыми, болотно-луговыми и болотными ландшафтами [5].

Степны ландшафты всегда приурочены к долинам с высокой повторяемостью фёнов (обычно более 100 дней в течение года) – меридиональные и субмеридиональные участки долин Катуня, Чуя, Чулышмана, Башкауса. Они характеризуются наиболее теплым климатом. Зимы умеренно-морозны, продолжительность периода с температурой ниже -10°C от 50 до 80 дней, в отдельных участках долин отсутствует период с температурой ниже -10°C . Средняя температура января от -8 до -12°C . С оттепелями бывает от 40 до 50 дней. Период с положительной температурой продолжается до конца октября. Продолжительность безморозного периода 115-125 дней. Средняя температура июля $18-20^{\circ}\text{C}$. Годовая сумма осадков 350-550 мм, снежный покров не устойчив или отсутствует. Характерны значительные скорости ветра, в январе 3-5 м/сек. Повторяемость сильных ветров более 15 м/сек, изменяется от 15 до 30 дней в течение года.

Лесостепны ландшафты характерны для долин с несколько меньшей повторяемостью фёнов (30-80 дней) и они, также как, и долины Катуня и Чулышмана, имеют меридиональную и субмеридиональную ориентацию, но значительно слабее врезаны. К таким долинам с лесостепными ландшафтами относятся долины рек Песчаная, Ануй, Чарыш, Сема, Майма и другие. Зима здесь более холодная, продолжительность периода с температурой ниже -10°C возрастает до 100-120 дней. В январе средняя температура от -15 до -17°C , в июле – $14-16^{\circ}\text{C}$. Период с температурой выше 10°C – 130 дней, продолжительность безморозного периода 70-190 дней. Годовая норма осадков 500-600 мм.

Лесны ландшафты долин наиболее распространены в низкогорном и среднегорном ярусе Северо-Восточного и Северо-Западного Алтая. Эти речные долины извилистые и пологие, что из-за отсутствия условий для стока холодного воздуха вниз по долинам приводит к его застою на днищах долин. В этих районах годовая сумма осадков изменяется от 700 до 1000 мм, большая повторяемость дней с осадками, с пасмурной холодной погодой и с туманами. Отличаются более теплым и умеренно влажным климатом сосновые и сосново-березовые леса на низкогорных террасах рек Катуня и Бии. Зимой здесь довольно редко температура бывает ниже -15°C , средняя температура января $-14(-16)^{\circ}\text{C}$. Снег сохраняется до 170-180 дней, его средняя высота 50-80 см. Период с положительной температурой продолжается около 190 дней. Годовая сумма осадков от 650 до 900 мм.

В высокогорных троговых и пойменных долинах луговые и лугово-болотные ландшафты сочетаются с редколесьем. Пониженные участки троговых долин заболочены, встречаются травянистые и моховые болота. Большинство высокогорных долин имеют небольшую протяженность до 20-50 км, значительная крутизна долин обуславливает довольно интенсивный сток холодного воздуха вниз по долинам, поэтому температурные условия в холодный период года в них мягче, чем в котловинах. Повторяемость фенных случаев здесь более 70 случаев в год. Показателем наличия фенных случаев является низкая относительная влажность воздуха в зимние месяцы и повышение температуры на 4-6°C. Средняя температура января -18 – (-22)°C. Продолжительность периода с температурой ниже -20°C составляет около 30 дней. Средняя температура летних месяцев от 10 до 12°C. В летние месяцы днём температура может подниматься до 20°C, ночью опускаться до 3-4°C. В целом, можно говорить о том, что широкое распространение лугово-болотных ландшафтов свидетельствует о значительном атмосферном увлажнении этих территорий [49-51,86].

Таким образом, все макро-, мезо- и микроклиматы Горного Алтая находят своё четкое отражение в ландшафтах и зависят от соотношения трёх основных факторов климатообразования. Основополагающими являются количество солнечной энергии и глобальные атмосферно-циркуляционные процессы, которые в сочетании с горным рельефом региона перераспределяются и преобразуются.

3.3. Термический режим

Среднегодовая температура воздуха на Алтае изменяется от 4,5°C в наиболее теплых районах (Чемал, Яйлю), до -4,8°C на высокогорных водоразделах (Кара-Тюрек). Большие различия наблюдаются также и в степени континентальности климата, в частности, годовая амплитуда средних месячных температур изменяется от 24 до 43°C (прил. 1: табл. 2).

Вертикальный температурный градиент изменяется по сезонам года. Летом он составляет в среднем 0,5°C на 100 м высоты. По данным С.А. Сапожникова (1965) разница средних температур на высоте 1500 м и у подножия существенно отличаются – летом в среднем на 4°C, а зимой до 20°C.

В *холодный период года* воздух остывает, особенно над южными и центральными районами горной страны, где преобладают антициклональные условия погоды. Водоразделы и верхние части склонов оказываются в слое инверсии сжатия. Средняя температура зимних месяцев здесь относительно высокая по ГМС Кара-Тюрек до -14°C. Устойчивый период с температурой ниже -20°C отсутствует. В январе абсолютный максимум по ГМС Кара-Тюрек составил соответственно +2,4°C, абсолютный минимум -37,2°C (прил. 1: табл. 2, прил. 2: табл. 5,6).

Короткие высокогорные долины с большим уклоном, к которым относятся долины Ак-Кема, Мульты, Кочурлы и других рек, температурной инверсии подвержены в меньшей мере. Поэтому температура зимних месяцев здесь ниже, чем на водоразделах: средняя температура января -18 – (-21)°C (ГМС Ак-Кем -13°C), средний максимум -9 – (-10)°C, средний минимум -23 – (-28)°C, абсолютный максимум ГМС Ак-Кем +6°C, а абсолютный минимум -43,3°C (прил. 1: табл. 5,6).

На днищах котловин Центрального Алтая по данным Горно-Алтайского ЦГМС средняя температура зимних месяцев -11 – (-14)°C. Абсолютный минимум составляет -44-

(-48)°С, абсолютный максимум 3,6-9,5°С. Наиболее суровые условия зимы характерны для котловин Юго-Восточного Алтая – это Чуйская, Курайская котловины, плоскогорье Укок. В январе средняя температура на ГМС Кош-Агач -27,3°С, средний максимум -14,0°С, средний минимум -32°С. Абсолютный минимум (1931-2020 гг.) в Кош-Агаче составил -55°С (прил. 1: табл. 2, прил. 2: табл. 5,6).

Зимой наибольшая неустойчивость температур характерна для северных районов Алтая, где часто, вследствие адвекции, происходит смена воздушных масс. Средняя межсуточная изменчивость температур 3,5-4,8°С.

Для Алтая характерны зимние оттепели с температурой выше 0°С. Чаще всего, это адвективные оттепели, при адвекции теплой воздушной массы. В марте обычно оттепели обусловлены радиационными процессами при антициклональной погоде, когда уже значительно выше полуденная высота Солнца. В низкогорных районах Алтая оттепели бывают в течение всей зимы. Средняя повторяемость дней с оттепелями здесь от 35 до 45 дней. В котловинах Центрального и Юго-Восточного Алтая оттепели характерны для начала и конца зимы и их повторяемость от 20 до 30 дней. Наименьшее количество дней с оттепелями наблюдается на высокогорных водоразделах [86].

Теплый период года в различных районах Алтая начинается не одновременно. В северных районах в третьей декаде марта дневная температура обычно бывает положительной. Переход средней суточной температуры через 0°С происходит в первой декаде апреля. К концу апреля положительной становится температура и в котловинах Юго-Восточного Алтая. В начале мая устанавливается положительная температура в высокогорных долинах и лишь в конце мая на водоразделах.

С апреля резко увеличивается приток солнечного тепла. Нередко в апреле на несколько дней устанавливается очень теплая и даже жаркая погода, но вторжение холодных воздушных масс с севера и северо-запада сопровождается резкими похолоданиями. Минимальная температура может понижаться в апреле даже до -25 – (-30)°С.

Во второй половине апреля средняя суточная температура переходит через 5°С в Северных и Центральных районах Алтая. Повышение средней температуры воздуха выше 5°С можно принять за середину весны и начало вегетационного периода. В высокие ярусы рельефа весна приходит очень медленно. Установление температуры выше 5°С к концу мая происходит в высокогорных долинах и лишь к концу июня – на водоразделах.

Большая изменчивость температур характерна и для мая. В результате смены воздушных масс солнечная теплая погода с температурой воздуха 20-25°С резко сменяется пасмурной, с холодным морозящим дождем или снегопадом. Даже для второй декады мая очень характерны заморозки и снегопады. В конце мая часто устанавливается теплая, солнечная и тихая погода. Однако начало лета обычно отодвигается на середину июня. В первой половине июня ещё очень высокая повторяемость вторжений арктического воздуха, который несет с собой резкие похолодания.

Иногда наблюдаются аномально теплые или аномально холодные весны, когда средняя температура весенних месяцев отклоняется от средней многолетней на ±3-6°С, соответственно смещаются и сроки начала летнего сезона.

Для днищ долин и котловин продолжительность безморозного периода изменяется от 120 до 60 дней. В высокогорье на водоразделах и в долинах, несмотря на обилие солнечной радиации, безморозный период практически отсутствует. Высокогорное лето

обычно начинается с третьей декады июня и продолжается до третьей декады августа. В отдельные годы в летние месяцы наблюдаются резкие понижения температуры, о чем свидетельствуют абсолютные минимумы (прил. 1: табл. 6), когда среднегорные и высокогорные районы охватываются сильными заморозками, в низкогорных районах температура составляет 1-3°C. Такие сильные похолодания бывают довольно редко, не чаще одного раза в пять – десять лет.

Обычно летом погода наиболее устойчива и мало отклоняется от средних многолетних норм. Средняя межсуточная изменчивость температур летом 1,4-2,0°C. Устойчивость погоды регулируется большими суммами солнечной радиации.

Начало осени обнаруживается в быстром падении температуры воздуха. Как бы ни было жарко в солнечные дни в конце августа, прохладные ночи говорят о быстром охлаждении земной поверхности. Нередко осень начинается на границе между августом и сентябрем, однако осеннее тепло существенно дополняет недостаток тепла за лето.

В конце первой декады сентября ночные заморозки обычно прекращают вегетацию большинства культур. Часто до середины октября днем бывает относительно теплая погода. Переход средней суточной температуры через 0°C в долинах Северного Алтая происходит в третьей декаде октября, с высотой этот срок перемещается на начало октября, а на водоразделах – на середину сентября [86].

3.4. Режим увлажнения

Влажность воздуха. Основным фактором, определяющим влагосодержание воздуха, является атмосферная циркуляция, также водяной пар попадает в атмосферу благодаря испарению с водной поверхности, влажной почвы и растительности. Его содержание в атмосфере меняется в зависимости от физико-географических условий местности, времени года, состояния поверхности почвы и т.п.

По данным ЦГМС средняя годовая относительная влажность на территории Алтая изменяется в основном от 65% до 78%. Причем наиболее высокая влажность воздуха в самых северных районах Алтая – Турочак и Кызыл-Озёк (прил. 1: табл. 6). В целом по региону наблюдается максимум зимой, минимум весной. Такая закономерность годового хода относительной влажности не характерна только для районов, где фены играют большую роль в формировании климата (ГМС Чемал, Яйлю, Шебалино, Ак-Кем, Кара-Тюрек). Здесь характерны летние максимумы относительной влажности, минимумы также весной.

В ряду годового хода средней относительной влажности по региону наблюдается постепенный подъём и снижение значений от минимума мая до максимума декабря: V-61%, VI-68%, VII-73%, VIII-73%, IX-70%, X-70%, XI-73%, XII-76%, I-74%, II-72%, III-68%, IV-62% (прил. 1: табл. 6).

Максимальная повторяемость сухих дней в котловинах в Кош-Агаче – 88,9 дней, в котловинах Центрального Алтая среднее число сухих дней изменяется от 30 до 50. Очень большие различия в повторяемости сухих дней в долинах низкогорного пояса Северного Алтая – в Турочаке это 20,8 дней, в Чемале 70,3 дня.

Атмосферные осадки. Наиболее увлажненным районом Алтая является орографический узел, где сближаются хребты Холзун, Убинский, Ульбинский и другие. Здесь выпадает более 1500 мм осадков. Вторым по влажности районом является Северо-Восточный Алтай с количеством осадков от 800 до 1000 мм и более (рис. 5).

Подветренные склоны гор и внутренние районы увлажнены значительно меньше. Средняя многолетняя годовая сумма осадков в котловинах Центрального Алтая по данным Горно-Алтайского ЦГМС от 336 до 457 мм, на плоскогорье Укок 289 мм, в Чуйской котловине 124 мм (прил. 1: табл. 2).

Мощными конденсаторами влаги являются высокогорные хребты. Количество осадков здесь возрастает до высоты уровня конденсации. Наиболее увлажнены западные и юго-западные склоны Катунского, Северо-Чуйского и Южно-Чуйского хребтов.

Одиночные высокогорные станции Ак-Кем, Кара-Тюрек, Актру фиксируют меньше осадков, чем их выпадает. Действительные суммы осадков можно оценить лишь по слою стока, который говорит о том, что годовые суммы осадков в ледниковых зонах хребтов составляют не менее 1500-2000 мм.

В годовом ходе распределения атмосферных осадков наблюдается свойство континентальности климата – резкое преобладание летних осадков над зимними. В западной части Алтая (ГМС Турочак, Кызыл-Озёк) в период с ноября по март выпадает 21-27% осадков от годовой суммы. Соответственно в направлении на восток возрастает континентальность климата и уменьшается количество зимних осадков от 15-16% до 11% [53].

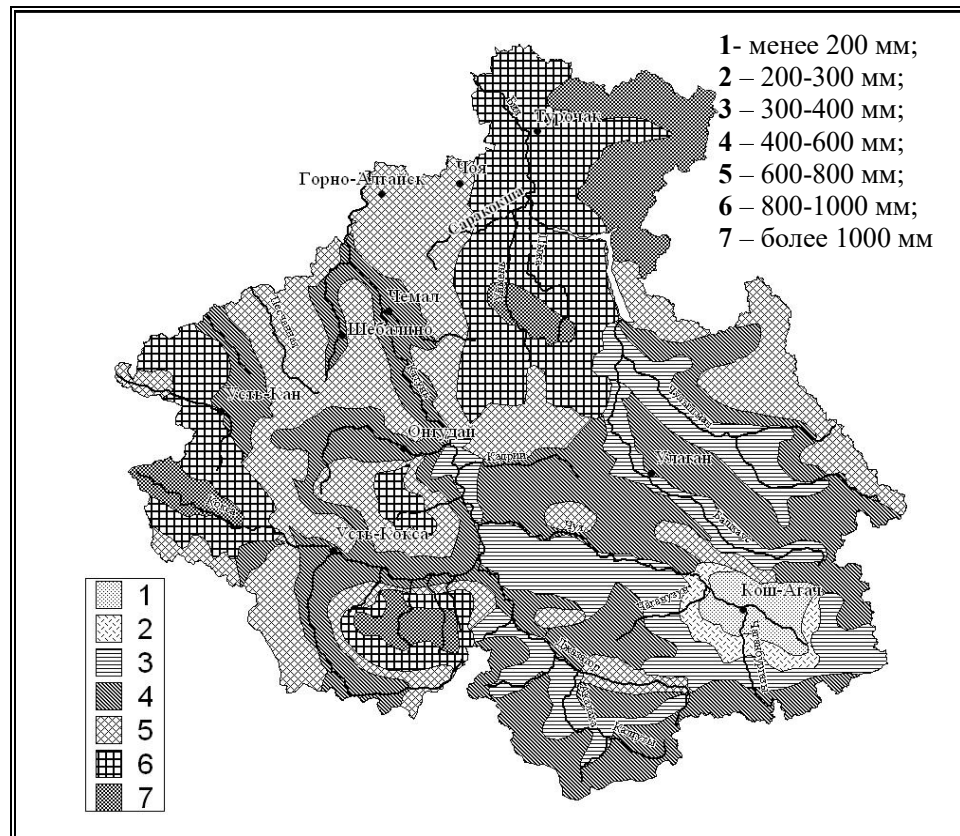


Рис. 5. Распределение годовой суммы атмосферных осадков в пределах территории Республики Алтай [53]

Снежный покров. На Алтае значительная доля атмосферных осадков выпадает в виде снега. Устойчивый снежный покров характерен для всей территории горной области. Если в гляциально-нивальном поясе выпадения снега возможно в течение всего лета, то в нижних ярусах рельефа первые снегопады обычно бывают с 1 по 15 октября. Устойчивый снежный покров образуется в период перехода температуры через 0 – (-5)°С.

В сроках установления снежного покрова важную роль играет экспозиция склонов.

Раньше всего устойчивый снежный покров формируется на северных склонах. Наиболее неустойчивый режим накопления снега наблюдается на каменистых и травянистых склонах южных, юго-восточных и юго-западных экспозиций.

Повторяемость снегопадов определяется циркуляционными условиями. В течение зимы отмечается от 20 до 40 снегопадов. В многоснежные зимы бывает до 70 снегопадов. Так же изменяется суточный прирост снега от 1-5 см до 20-30 см и более. Снеготаяние начинается на южных склонах хребтов в первой – второй декадах апреля. К концу мая снеготаяние распространяется до нижней части гляциально-нивальной зоны. Продолжительность залегания снежного покрова изменяется в долинах и котловинах от 112 до 167 дней, в высокогорье (Ак-Кем и Кара-Тюрек) этот период увеличивается до 185 и 229 дней (прил. 1: табл. 8,9).

В формировании снежного покрова на хребтах наблюдается большая неравномерность. Наветренные склоны оказываются наиболее заснеженные. На склонах высота снежного покрова нарастает до верхней границы леса. Выше на наветренном склоне снег переносится ветром на подветренный из-за увеличения скорости ветра с высотой.

Наибольшей снежностью характеризуются хребты Западного Алтая – Ивановский, Ульбинский, Холзунский, Убинский, Тигирецкий и др. На этих хребтах высота снежного покрова нарастает с высотой склонов от 50 см в нижнем поясе до 300 см и более на верхней границе леса. Выше границы леса сильный ветер переносит снег. За счет метелевого переноса снега с юго-западных склонов и плоских водоразделов снег перераспределяется на подветренные склоны и в понижения рельефа, поэтому мощность снежного покрова здесь варьирует от 10 до 350 см.

Второй максимум высоты снежного покрова отмечается в Центральном Алтае на Катунском, Северо- и Южно-Чуйском хребтах. Высота хребтов от 3500 до 4000 м способствует аккумуляции, сохранению снега и формированию ледников.

Окраинные хребты Северо-Восточного Алтая, такие как Иолго и др. – еще один многоснежный район, где высота снежного покрова от 70 до 250 см.

Существует контраст в снежности хребтов и котловин. Во всех котловинах Алтая высота снежного покрова на днищах в несколько раз меньше, чем на склонах хребтов.

В условиях внутриконтинентальной горной территории Алтая особое место в режиме снегонакопления принадлежит метелевому переносу снега. Наибольшей снеготранспортируемостью отличаются хребты Северо-Западного и Юго-Западного Алтая, а также водоразделы Центрального Алтая. С продвижением к Юго-Востоку снеготранспортируемость уменьшается. Незначителен перенос снега в межгорных котловинах [53].

3.5. Характеристика ветров

В холодный период года преобладает антициклональная погода с максимальным давлением на юго-востоке горной области. Средняя месячная скорость ветра в январе различается в больших пределах.

В долинах рек, ориентация которых совпадает с направлением барического градиента, скорость ветра 4-6 м/с (Чемал – 4,6 м/с). На водоразделе высокогорного Катунского хребта по данным ГМС Кара-Тюрек в зимние месяцы средняя скорость ветра 6-8 м/с. (прилож. 1: табл. 10).

Зимой господствующими направлениями ветра являются юго-восточное, южное,

юго-западное, т.е. дует ветер с южной стороны, состоящей в соответствии с направлением барического градиента (рис. 6).

В теплый период года над Алтаем формируется барическая депрессия. Усиливается циклоническая деятельность. Наблюдается большая повторяемость ветра с запада, северо-запада, юго-запада. Усиливается скорость ветра в межгорных котловинах и долинах, в которых нет условий для образования фёнов (р. Бия, ГМС Турочак).

Направление и скорость ветра в приземном слое воздуха находится в большой зависимости от характеристики и ориентации долин и котловин. На перевалах и в узких долинах линии тока ветра сближаются и ветер усиливается. В котловинах и в расширенных участках долин линии тока ветра расходятся – скорость ветра уменьшается.

Для Горного Алтая характерна большая повторяемость штилей. В котловинах повторяемость штилей составляет около 50% от всех случаев наблюдений, в долинах низких гор – около 30%.

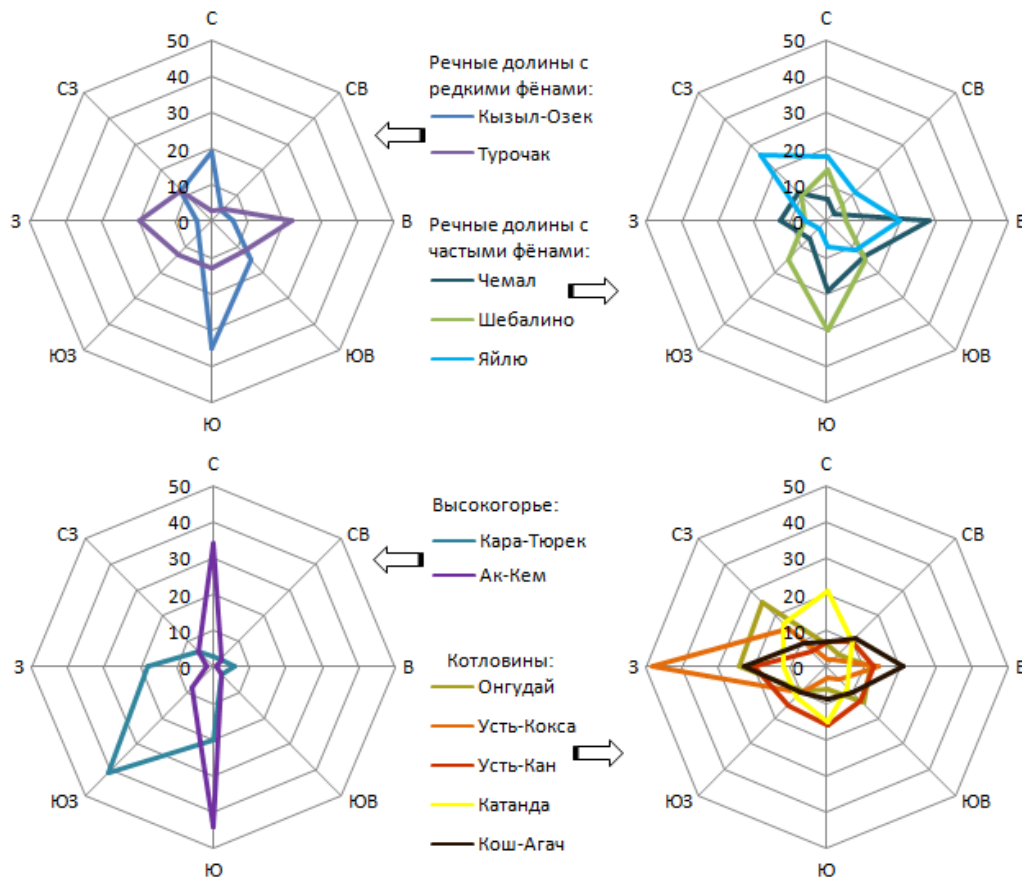


Рис. 6. Преобладающие направления ветров на территории РА за период наблюдений 1966-2016 гг.

На Алтае наблюдается система местных ветров, которая включает периодические и нисходящие ветры. Периодические ветры представлены горно-долинными и горно-склоновыми ветрами. Нисходящие ветры – это теплые и сухие ветры – фёны. Периодические ветры склонов днем направлены вверх по склону, ночью вниз. Долинные ветры соответственно днем вверх по долине, ночью вниз по долине. Следовательно, эти ветры характеризуются суточной периодичностью направлений [53].

Фёновые явления характерны как для высокогорных водоразделов, так и для меридионально-ориентированных, глубоковрезанных долин высокогорного и среднегорного поясов рельефа. Особенно выразительными в этом отношении являются долины Катуня, Чулышмана, Телецкого озера, где годовая повторяемость фёнов 80-130 случаев (рис. 19). Эти долины выполняют роль воздухопроводов, концентрирующих и усиливающих ток воздуха. В меньшей мере проявляются фёны в долинах Чарыша, Песчаной, Ануя, Семы и других рек, где фёны наблюдаются 50-80 дней в течение года.

В Абайской и Канской котловинах признаки фёнов характерны для 40-50 дней в году. В высокогорных Чуйской и Курайской котловинах фёнов практически нет (табл. 7).

Прямым показателем развития в долинах фёнов является средняя скорость ветра зимних месяцев и повторяемость направления ветра южной половины горизонта. Отсутствие ветра в днищах долин и котловин связано с господством антициклонов и сопутствующими этому радиационными и орографическими инверсиями. Фёны разрушают инверсионный слой, поэтому в январе средняя скорость ветра в бесфёновых долинах около 1 м/с, в фёновых 3-5 м/с.

Табл. 7. Среднемесячная и годовая сумма повторяемости фёнов в долинах Алтая [53]

ГМС	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
	Повторяемость фёнов, дней												
Кара-Тюрек	17,4	13,2	19,1	10,7	10,1	7,2	5,7	7,9	10,2	10,8	12,6	16,0	140,9
Ак-Кем	6,9	7,6	7,1	8,5	7,3	5,0	4,7	4,9	4,1	5,9	7,3	8,2	77,5
Уландрык	7,7	6,0	5,4	7,1	4,0	2,3	2,7	3,2	4,7	5,4	6,6	6,3	61,4
Усть-Кокса	2,1	2,2	2,3	2,6	2,1	3,4	2,8	3,6	0,3	0,9	1,7	1,8	25,8
Онгудай	2,8	2,3	2,9	3,1	2,8	1,6	1,9	2,3	1,5	1,8	2,1	2,6	27,7
Усть-Кан	4,6	4,1	3,8	4,9	4,1	2,6	3,1	3,9	3,1	3,6	4,3	5,0	47,1
Чемал	14,6	11,2	10,4	10,8	7,3	2,0	2,3	3,8	5,3	8,4	11,1	12,5	99,7
Чарышское	6,3	5,8	3,9	4,0	4,7	2,5	2,8	3,2	3,4	4,5	6,3	6,8	54,2
Яйлю	14,1	13,5	11,1	10,4	8,2	3,0	2,5	3,6	7,8	10,2	12,1	13,8	110,3
Бея	17,9	16,5	14,1	13,4	11,2	3,9	3,3	4,1	3,2	13,5	15,2	16,7	133,0
Кызыл-Озек	4,0	3,1	3,2	1,7	1,2	1,4	1,6	2,1	2,8	3,0	3,2	4,0	31,3

Под влиянием фёнов происходит размывание над долинами облачности, уменьшается количество атмосферных осадков, что накладывает определенный отпечаток на процесс формирования почвенно-растительного покрова. В долинах с большой повторяемостью фёнов формируются ландшафты, не свойственные высотным поясам рельефа. В частности, в долинах Чулышмана и Катуня фёны сыграли определяющую роль в формировании степных и полупустынных ландшафтов.

Практический интерес представляет повторяемость сильных ветров, скорость которых более 15 м/с. Такие ветры резко усиливают интенсивность теплообмена организма человека и животных и нередко приносят материальный ущерб. Скорость более 15 м/с отмечается как у общециркуляционных ветров, так и у местных ветров – фёнов.

Сильные ветры наиболее характерны для высокогорий, где на открытых водораздельных пространствах скорость ветра приближается к условиям свободной атмосферы. Число дней с сильным ветром составляет в течение года не менее 80. Наибольшая повторяемость сильных ветров по данным ГМС Кара-Тюрек – 217 дней (табл. 8).

В котловине Телецкого озера сильный ветер наблюдается в среднем около 30 дней в год. В котловинах, где нет стока холодного воздуха, сильные ветра очень редки (Онгудай, Усть-Улаган). Наибольшие скорости ветра или штормовые ветры характерны для холод-

ного времени года, когда над Юго-Востоком Алтая и Монголией располагаются антициклоны с давлением до 1060 – 1070 гПа. Смещающиеся по Западной Сибири циклоны, углубляются до 990 гПа. Формируется большой барический градиент, который и является причиной возникновения штормовых ветров.

Табл. 8. Наибольшее число дней с сильным ветром на территории Республики Алтай [53]

ГМС	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Беля	14	11	10	9	5	7	4	4	7	9	12	15	107
Онгудай	1	1	2	4	3	6	2	3	3	2	2	1	30
Усть-Кокса	1	2	2	3	5	2	5	2	2	1	2	1	28
Кош-Агач	3	3	2	7	7	9	5	5	6	5	3	4	59
Кара-Тюрек	17	18	20	14	24	17	15	10	12	22	22	26	217

Летом штормовые ветры бывают очень редко. Они возникают на холодных фронтах циклонов и обычно сопровождаются грозами. Их преобладающими направлениями являются летом – северное и северо-западное, зимой – юго-восточное и юго-западное [53].

Таким образом, в Республике Алтай расположенной практически в центре Азиатского континента на стыке климатических систем Сибири и Средней Азии из-за сложного горного рельефа создаются чрезвычайно контрастные местные климатические условия.

Признаки континентальности климата в регионе закономерно нарастают с севера на юг, вслед за увеличением абсолютной высоты местности. Отчётливо по климатическому режиму в пределах республики выделяются три крупных района – Северный Алтай (Шебалинский, Майминский, Чойский районы и север Турочакского района), Центральный Алтай (Онгудайский, Усть-Канский, Усть-Коксинский районы и частично север Улаганского района) и Юго-Восточный Алтай (Кош-Агачский и часть Улаганского района).

Климат Северного Алтая наиболее теплый и влажный (местами избыточно влажный), особенно в Прителецком районе. Для Центрального Алтая характерен более континентальный климат, а в Юго-Восточном Алтае в полной мере господствует резко континентальный климат схожий с сухими и холодными степями Монголии. Наиболее низкими значениями влажности и температуры в Центральном и Юго-Восточном Алтае выделяются межгорные котловины (Канская, Урскульская, Абайская, Чуйская, Курайская и др.). Особый режим увлажнения, температур и ветров также характерен для крупных долин, имеющих меридианальную ориентацию (р. Катунь ГМС Чемал, оз. Телецкое ГМС Яйлю, р. Ак-Кем одноименная станция). Здесь более тёплые зимы и выпадает меньшее количество осадков, чем на прилегающей, как правило, более увлажненной территории.

В пределах всех районов РА из-за разницы в высоте местности, ориентированности хребтов относительно господствующих направлений воздушных масс, экспозиции и крутизны склонов, наличию межгорных котловин и долин, создается многообразие локальных климатических режимов. Важно отметить, что это создаёт определённые трудности в изучении местных климатов и связанных с ними природных процессов.

4. Динамика изменений климатических характеристик в период 1960-2021 гг.

Согласно общепринятым подходам, выявление региональной динамики изменения климата должно базироваться на глубоком анализе длительных временных рядов по данным максимально возможного количества метеостанций и на сравнении с фоном глобальных климатических изменений. Для интерпретаций также могут представлять интерес сопоставление изменений климатических показателей с циркуляцией атмосферы, солнечной и вулканической активностью и другими циклическими характеристиками, влияющими на режимы температуры воздуха и осадков.

При разработке Паспорта климатической безопасности Республики Алтай и оценке динамики изменений климатических характеристик на территории региона в период 1960-2021 г. использовались официальные данные Горно-Алтайского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а также опубликованные материалы научных исследований, освещавших проблему изменения климата в Горном Алтае [2,7-9,30-32,35,43,56,96,97].

Наблюдательная сеть Горно-Алтайского ЦГМС состоит из 12 метеорологических станций, расположенных в 8 муниципальных районах, на трёх высотных уровнях – низкогорье, среднегорье, высокогорье. В высокогорной части региона также действуют две научно-исследовательские метеостанции – станция Томского госуниверситета близ ледника Актру (с 1975 г. на высоте 2150 м) и в Национальном парке Сайлюгем в урочище Чаган-Бургазы (на высоте около 2500 м), а также наблюдательный пункт в с. Улаган (рис. 7, табл. 9).

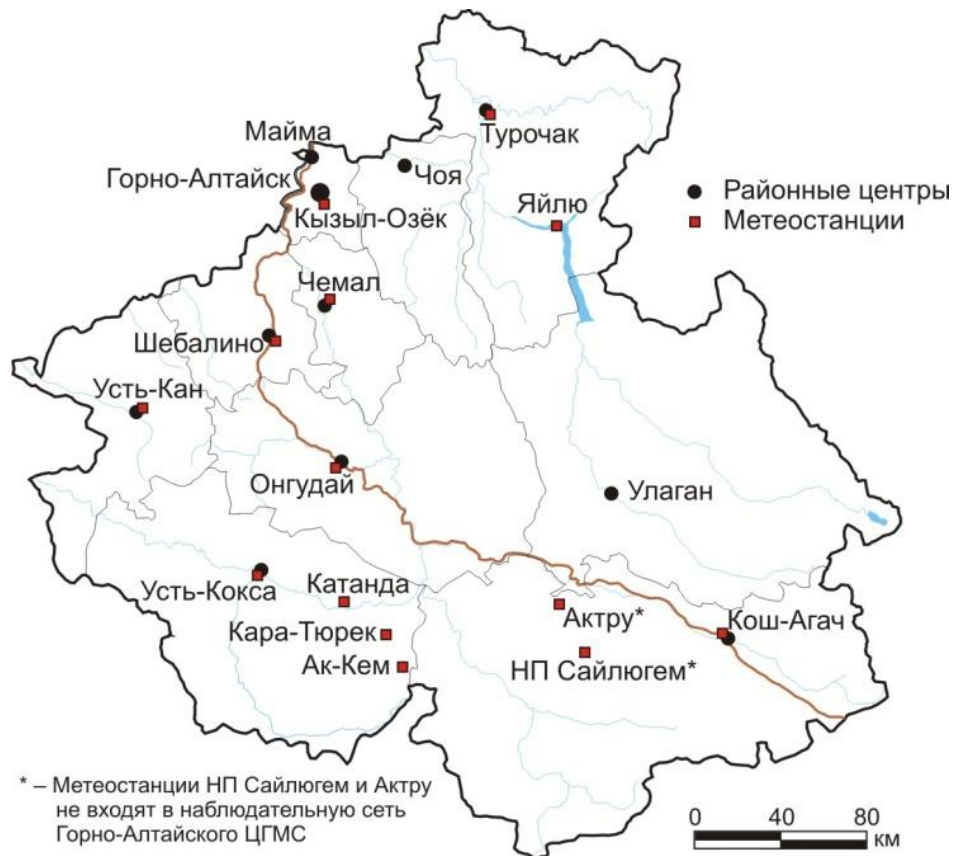


Рис. 7. Сеть метеорологических станций на территории Республики Алтай

В зависимости от степени континентальности климатических условий Сыромятина С.В. (2010) разделила метеостанции региона на четыре подгруппы:

- периферия Северного Алтая (Турочак, Кызыл-Озёк),
- котловины Центрального Алтая (Катанда, Усть-Кокса, Усть-Кан, Онгудай),
- Юго-Восточный Алтай (Кош-Агач),
- районы действия фёнов (Яйлю, Кара-Тюрек, Ак-Кем, Шебалино, Чемал).

Табл. 9. Характеристика местоположения метеостанций Республики Алтай и анализируемые периоды наблюдений по основным метеоданным

Метеостанции (Индекс ВМО)	Широта и долгота	Высота, м	Периоды наблюдений за t°C воздуха и объемом осадков*	Особенности рельефа
Низкогорье Турочак (36061)	52°15'05,3" 87°07'20,6"	327	Среднемесячные значения показателей за период 1955-2021 гг.	Неглубокая речная долина
Кызыл-Озёк (36055)	51°53'25,5" 85°59'57,2"	331	Среднемесячные значения показателей за период 1955-2021 гг.	Неглубокая речная долина
Чемал (36058)	51°23'23,2" 86°01'21,9"	420	Среднемесячные значения показателей за период 1955-2021 гг.	Глубоковрезанная речная долина с частыми фёнами
Яйлю (36064)	51°46'17,4" 87°36'16,1"	480	Среднемесячные значения показателей за период 1967-2021 гг. (1967-69; 1971-74; 1982; 2003 гг.)	Глубоковрезанная крутосклонная долина озера с частыми фёнами
Среднегорье Онгудай (36231)	50°44'47,4" 86°08'10,4"	833	Среднемесячные значения показателей за период 1955-2021 гг.	Широкая межгорная котловина
Шебалино (36057)	51°17'48,1" 85°40'59,6"	865	Среднемесячные значения показателей за период 1970-2021 гг.	Глубоковрезанная речная долина с частыми фёнами
Катанда (36237)	50°09'49,0" 86°10'40,4"	949	Среднемесячные значения показателей за период 1968-2021 гг. (1969; 1975; 1982; 1985; 1987; 1991; 1994; 1995; 1998 гг.)	Широкая межгорная котловина
Усть-Кокса (36229)	50°16'17,9" 85°37'12,4"	978	Среднемесячные значения показателей за период 1955-2021 гг.	Широкая межгорная котловина
Усть-Кан (36213)	50°55'44,9" 84°45'56,8"	1037	Среднемесячные значения показателей за период 1955-1981 гг. (1982 г.)	Широкая межгорная котловина
Высокогорье Кош-Агач (36259)	50°00'31,6" 88°40'19,9"	1760	Среднемесячные значения показателей за период 1956-2021 гг.	Очень крупная межгорная котловина
Ак-Кем (36443)	49°54'51,5" 86°32'38,2"	2050	Среднемноголетние значения показателей за период 1961-2020 гг.	Глубоковрезанная крутосклонная речная долина с частыми фёнами
Кара-Тюрек (36442)	50°01'56,5" 86°27'00,5"	2596	Среднемноголетние значения показателей за период 1961-2020 гг.	Вершина водораздела с частыми фёнами

Примечание: * – авторами Паспорта климатической безопасности РА при анализе и определении трендов изменений климата использовались метеоданные Горно-Алтайского ЦГМС за указанные периоды. В скобках указаны годы с неполным объёмом ежемесячных данных;

Эти группы станций существенно отличаются по природно-климатическим условиям, что учитывалось при анализе динамики изменений климатических характеристик. Так, фёновые долины и межгорные котловины существенно отличаются от других территорий не только по количеству осадков, но и ветровым и температурным режимами. Зимой фёны повышают температуру в долинах, выдувают или испаряют снежный покров. В днищах котловин, напротив, в зимний период под действием температурных инверсий существенно понижается температура воздуха. Особенно на фоне других выделяется метеостанция Кош-Агач, расположенная в крупной межгорной котловине и по природно-

климатическим условиям приближенная к засушливым монгольским степям (табл. 9).

Важно заметить, что существующая наблюдательная сеть Горно-Алтайского ЦГМС охватывает лишь небольшую часть местных и локальных климатов и для полноценного мониторинга этого недостаточно. Расширение и модернизация метеорологических станций позволит повысить информативность климатических данных, а значит и качество прогнозов, в том числе долгосрочных.

Параллельная оценка природных процессов, взаимосвязанных с параметрами климата (в идеале в режиме реального времени), позволит отслеживать неочевидные закономерности и связи, и более точно прогнозировать риски для хозяйственной деятельности человека. Так, на территории Республики Алтай существует необходимость мониторинга состояния многолетнемерзлых грунтов, изменение которых создаёт ряд трудностей (процессы пучения и деформации инженерных конструкций и сооружений) при строительстве и эксплуатации зданий в Кош-Агачском районе.

Накопленная на данный момент на метеостанциях Республики Алтай база климатических данных, а также опубликованные результаты исследований косвенных показателей состояния климатической системы (речной сток, снеговъёмка, смещение областей распространения разных типов растительности, динамика некоторых экзогенных процессов и др.) позволяют оценить общие тенденции изменения основных климатических параметров на территории региона.

4.1. Радиационный режим

Оценка динамики изменений радиационного режима проводилась на основе анализа научных публикаций.

В отличие от изменений температуры и осадков, пространственно-временное распределение солнечной радиации в условиях Алтайских гор изучено слабо. Это связано с малым количеством актинометрических станций и относительно короткими рядами инструментальных наблюдений за этим климатообразующим фактором.

Многолетняя динамика изменений радиационного режима в горах Алтая по данным [80, 82] имеет следующие тенденции:

- в тёплый период приход солнечной радиации от года к году меняется в более широких пределах, чем в холодный период;
- наибольшие колебания от года к году испытывает показатель прямой солнечной радиации;
- на всех станциях годовые суммы суммарной радиации испытывают периодические колебания, но в целом имеют тенденцию к уменьшению;
- от года к году существенно убывают суммы прямой радиации, на фоне несколько возрастающей суммы рассеянной радиации, за исключением станции Актру, где уменьшение этого показателя радиации может быть связано с увеличением облачности.

Таким образом, изменение солнечной радиации с 1965 г. по настоящее время в районах станций Кош-Агач и Актру было минимальным на уровне ее естественной изменчивости, что согласуется с исследованиями в других регионах страны [16].

4.2. Термический режим

Изменения термического режима и количества осадков принято оценивать исходя из средних значений 30-летнего периода. При оценке долгопериодных изменений климата используется период 1961-1990 гг., рекомендованный Всемирной метеорологической организацией (ВМО) в качестве базовой климатической нормы. Начиная с 2020 г. ВМО рекомендовало метеорологическим организациям и при принятии хозяйственных решений использовать новые климатические нормы за период 1991-2020 г., а также пересматривать их каждые 10 лет из-за нарастающего процесса глобального изменения климата. В России и Республике Алтай новые климатические нормы периода 1991-2020 гг. введены Росгидрометом и применяются с 1 июля 2022 г. (прил. 1: табл. 1)

При анализе аномалий (отклонений от нормы 1961-1991 гг.) среднегодовых и среднесезонных температур воздуха на территории РА применялась следующая условная шкала интенсивности отклонений температур от климатической нормы: 0,21-0,40°C – слабое; 0,41-0,70°C – умеренное; 0,71-1,0°C – сильное; $> 1,0^\circ\text{C}$ – очень сильное.

Исходя из данных Горно-Алтайского ЦГМС за последние 60 лет на территории Республики Алтай среднегодовые климатические нормы температуры воздуха повысились на 1,0°C. В годовом цикле очень сильное потепление характерно для февраля, апреля и марта (1,7-2,0°C), слабое – для января и сентября (до 0,2°C). По сезонам года интенсивность отклонений средних температур воздуха в регионе меняется от умеренного до очень сильного в ряду: осень (IX,X) – 0,6°C; лето (VI,VII,VIII) – 0,9°C; зима (I,II,III,XI,XII) и весна (IV,V) – 1,1°C (прил. 2: табл. 1).

Тенденции повышения температуры относительно базовой климатической нормы характерны для всех метеостанций (районов) республики и имеют преимущественно однотипные колебания во времени, при разных величинах скорости прироста среднегодовых температур (рис. 8). Это может говорить о сходстве факторов, влияющих на изменение температурного режима и проявлении локальных особенностей местных климатов, с разной интенсивностью реагирующих на внешние возмущения. Так, средняя скорость роста аномалий температуры за последние 30 лет варьировала в пределах 0,5-1,5 или 0,2-0,5°C/10 лет, при среднем значении для региона – 0,9°C/30 лет или 0,3°C/10 лет.

Максимальные для республики интенсивность и скорость роста отклонений температуры воздуха в период 1991-2021 гг. характерны для Юго-Восточного Алтая (Кош-Агач), минимальные для Северо-Западной части региона (Чемал, Усть-Кан).

Некоторая "обособленность" станции Кош-Агач была выявлена и в ходе корреляционного анализа между величинами отклонений температуры от базовой нормы (прил. 2 табл. 2). Коэффициент корреляции для большинства станций варьирует в диапазоне 0,78-0,96 (при $p = 0,01$, $n = 66$), тогда как для станции Кош-Агач характерны более низкие значения коэффициента ($r = 0,51-0,80$), но при сохранении высокого уровня значимости связей.

Таким образом, можно предположить, что в Юго-Восточной части республики местные климатообразующие факторы усиливают условно фоновый процесс потепления климата. К местным климатообразующим факторам относится: наибольшая в РА продолжительность солнечного сияния, самая большая межгорная котловина с самым низким уровнем увлажнения и др. Однако, возможно, что метеостанция Кош-Агач находится в районе более интенсивного влияния факторов, повышающих температуру воздуха в регионе.

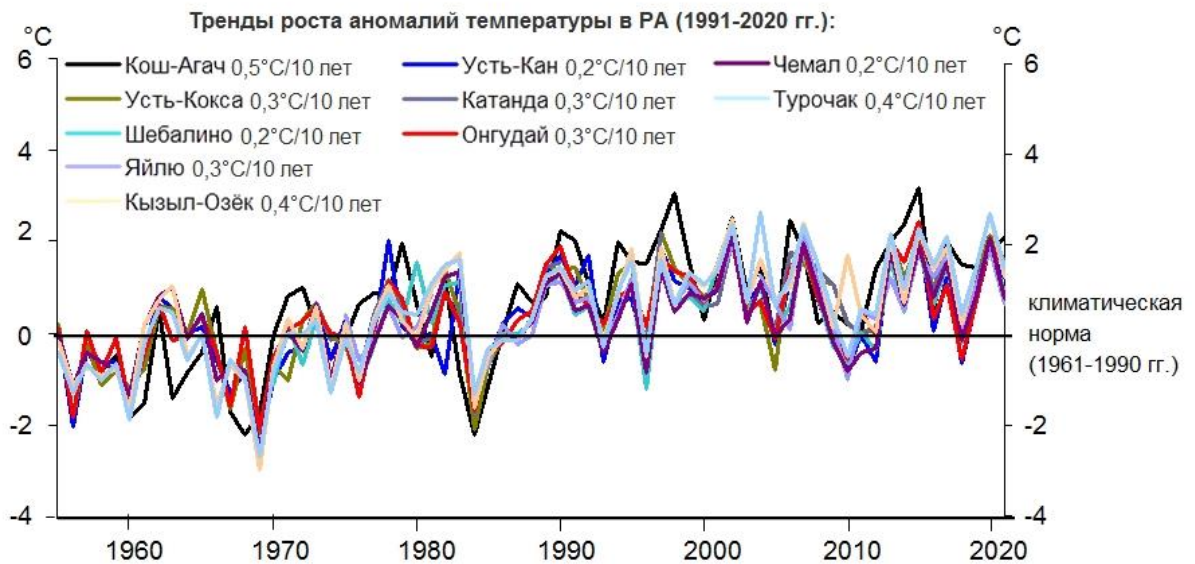


Рис. 8. Сравнение распределения среднегодовых аномалий температуры и трендов их роста на метеостанциях РА в период 1960-2021 гг.

В целом анализ пространственных закономерностей изменения среднегодовых и среднесезонных температур воздуха на территории Республики Алтай показал отсутствие чётко выраженных связей изменения температуры в зависимости от высоты местности. Однако, по условным широтным векторам прослеживаются некоторые закономерности в распределении минимальных и максимальных температурных аномалий (прил. 2 табл. 2).

Наиболее хорошо эти закономерности видны на картосхеме построенной в ArcGis 10.4.1 с использованием сплайна. Полученные схемы наглядно отражают общие пространственные и сезонные закономерности распределения отклонений температуры и осадков от базовой нормы (прил. 2: рис. 1-2).

Так, отклонения среднегодовой температуры от нормы имеют тенденцию постепенного нарастания с северо-западного направления (от $0,7^{\circ}\text{C}$) на север (до $1,1-1,2^{\circ}\text{C}$), юг (до $1,1^{\circ}\text{C}$) и юго-восток региона (до $1,4^{\circ}\text{C}$). Вероятнее всего, такое распределение среднегодовых отклонений температуры от нормы отражает распределение потоков воздушных масс, поступающих в регион с этих трёх направлений, преимущественно с запада с осадками. Последние могут быть фактором понижения температуры.

В разрезе сезонов видно (прил. 2: рис. 1), что в зимний и весенний периоды, как и для года в целом, максимальное повышение температуры характерно для периферии, а в летний и осенний период для центральной части региона.

Помимо влагонасыщенных воздушных масс из Атлантики на Алтай приходит сухая и жаркая, зимой морозная погода из Центральной Азии, резкое похолодание из Восточной Сибири, однако с течением времени возможна трансформация этих потоков.

Так, например, в зимние периоды с 90-х гг. XX в. фиксировалось ослабление и смещение на запад, так называемого Азиатского максимума, антициклона формирующегося над территорией Монголии и близлежащих регионов и устанавливающего ясную погоду с очень низкими температурами. Именно для Кош-Агачского района, граничащего с Монголией характерно максимальное по региону повышение зимних температур в период 1991-2020 гг. – $1,9^{\circ}\text{C}$.

Важно также отметить, что очень сильные отклонения от нормы ($1,1-1,9^{\circ}\text{C}$) зимних температур и их максимальные значения в сравнении с другими сезонами года характерны для котловин Горного Алтая. Не соответствует этой закономерности лишь Канская котловина (Усть-Кан), расположенная западнее всех остальных (рис. 9, прил. 2: табл. 3).

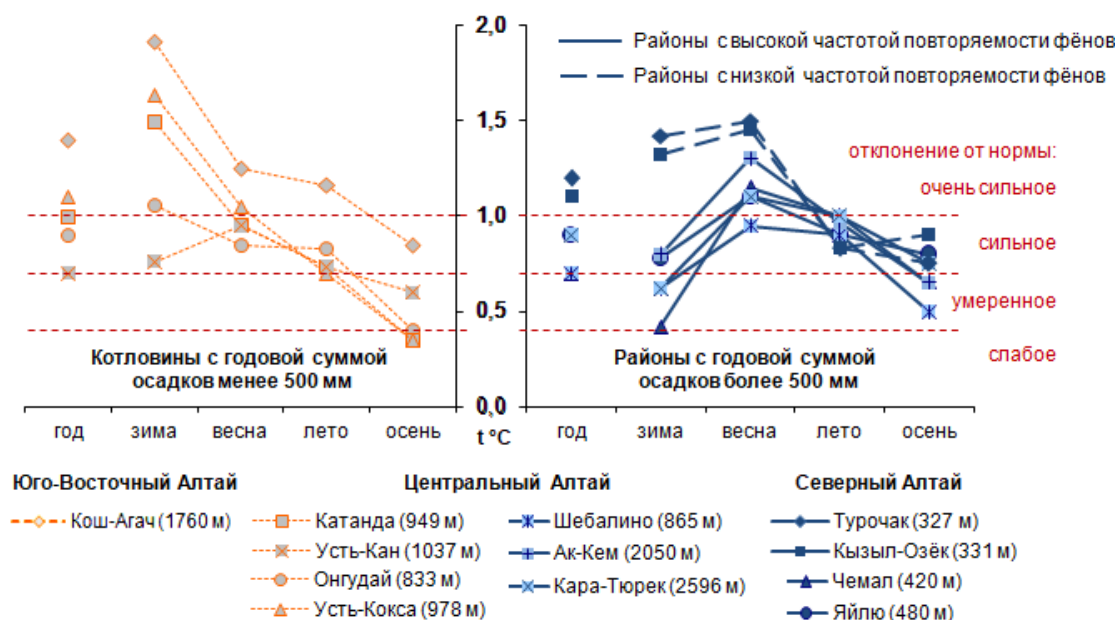


Рис. 9. Анализ сезонного распределения аномалий средних температур (1991-2020 гг.) на территории Республики Алтай в зависимости от континентальности климата

Для всех районов с суммой осадков более 500 мм максимальные отклонения от нормы ($0,9-1,5^{\circ}\text{C}$) в годовом цикле наблюдаются уже в весенний период. При этом самые высокие аномалии весенних температур характерны для долин с низкой частотой образования фёновых явлений, а в долинах с частыми фёнами в зимний период наблюдаются фактически самые минимальные по региону отклонения от нормы (рис. 9, прил. 2: табл. 3).

Фёны действуют преимущественно в холодный период года и существенно увеличивают температуру в долине, что вероятно и "сглаживает" приrost зимних температур.

Сравнительный анализ трендов изменения среднегодовых температур по десятилетним периодам относительно базовой климатической нормы показывает, что основной приrost среднегодовых значений температуры воздуха в Республике Алтай пришёлся на последнее десятилетие XX в. и первое десятилетие XXI в. и варьировался по районам в пределах $0,6-1,8^{\circ}\text{C}$ (табл. 9). Подобная картина согласуется с глобальными тенденциями потепления климата и характеризуется более высокими темпами прироста региональных температур. Так, согласно МГЭИК в конце XX в. глобальная температура повысилась на $0,72^{\circ}\text{C}$, а в первое десятилетие XXI в. на $0,85^{\circ}\text{C}$.

Второе десятилетие XXI века, напротив, для большинства районов республики и региона в целом отличалось слабым (до $0,4^{\circ}\text{C}$) снижением аномалий среднегодовых температур. Заметное исключение снова составляет Кош-Агачский район, для которого характерна более ярко выраженная волнообразная тенденция роста температурных аномалий в течение последних 60-лет (табл. 10).

Табл. 10. Сравнение трендов изменения среднегодовых температур по десятилетиям относительно климатической нормы (1961-1990 гг.) на территории Республики Алтай

Метеостанции (абс. отметки)	Средние значения прироста/снижения температуры воздуха (°C) по 10-летиям					
	1960-1969 гг.	1970-1979 гг.	1980-1989 гг.	1990-1999 гг.	2000-2009 гг.	2010-2019 гг.
Кош-Агач (1760 м)	-1,0	0,6	0,0	1,8	1,2	1,5
Усть-Кокса (978 м)	-0,4	0,0	0,0	1,1	1,0	1,0
Кызыл-Озёк (331 м)	-0,6	0,0	0,4	1,0	1,4	1,3
Онгудай (833 м)	-0,5	0,1	0,1	1,0	0,9	0,8
Катанда (949 м)	н/д	0,1	0,0	0,9	1,2	1,0
Турочак (327 м)	-0,7	-0,1	0,5	0,9	1,5	1,2
Чемал (420 м)	-0,4	-0,1	0,2	0,6	0,9	0,6
Яйлю (480 м)	н/д	0,1	0,2	0,7	1,1	0,8
Шебалино (865 м)	н/д	-0,2	0,4	0,6	0,9	0,6
Усть-Кан (1037 м)	-0,5	0,0	0,1	0,9	0,9	0,5
Республика Алтай	-0,6	0,0	0,2	1,0	1,1	0,9

Смена тенденций на понижение среднегодовых температур, в основном за счёт зимних месяцев, фиксируется и в других регионах мира. Есть предположения о связи периодов потепления и похолодания глобального климата с циклами солнечной активности [9, 11, 82 и др.]. Власов [11] отмечает, что, вероятнее всего, температурные изменения на Земле идут с некоторым запозданием, что наглядно видно на графике ниже (рис. 10).

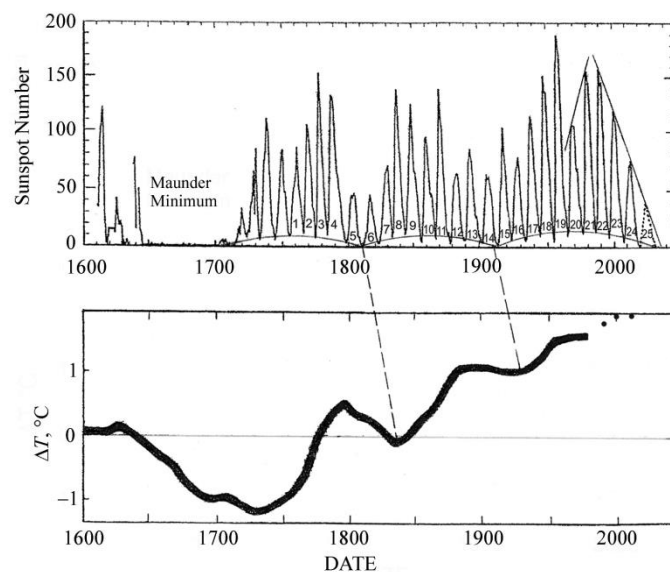


Рис. 10. Сравнение температурной аномалии ($\Delta T^{\circ}\text{C}$), реконструированной по данным ^{18}O в ледниках г. Белуха с числом солнечных пятен (число Вольфа) в период 1610-2019 гг. [11]

С начала 90-х годов прошлого века интенсивность потока энергии Солнца, приходящей на Землю, медленно идёт на спад в соответствии с 200-летним и 11-летним солнечными циклами. Предполагается, что уже в течение 25-го солнечного цикла (с декабря 2019 г. по примерно 2030 г.), т.е. в пределах ближайших 10 лет, можно ожидать смену фазы роста глобальной температуры на фазу спада [11].

Таким образом, выявленная для периода 2010-2019 гг. фаза замедления роста температуры в большинстве районов РА (табл. 9) имеет вероятность смениться на фазу её снижения в нынешнем и последующем десятилетии. Однако исходя из существующих тенденций роста годовых температур на территории региона к середине столетия ожидается их прирост на уровне около 1°C ($0,2-0,3^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет} \times 3 = 0,6-0,9^{\circ}\text{C}$).

Отдельно стоит отметить особенности изменений абсолютных максимумов и минимумов температуры воздуха на территории региона. Согласно данным предоставленным Горно-Алтайским ЦГМС (период 1931-2016 гг.) с начала периода глобальных изменений температуры (1991 г.) на многих метеостанциях республики выросли месячные максимумы температур (49%). На 10 из 12 станций повысились максимумы февраля (в основном в 2002 г. и 2004 г.), мая (2004 г.) и августа (2002 г. и 2008 г.). Минимальными "обновлениями" (на 4 станциях) характеризуются максимумы января, марта, апреля (в основном конец 90-х, начало 2000-х гг.) и октября (в основном 2015 г.), а также декабря, для которого максимумы по всем метеостанциям зафиксированы до 1990 г. (прил. 2: табл. 5).

С 1991 г. абсолютные максимумы температуры воздуха увеличились для 7-8 месяцев на метеостанциях Ак-Кем, Кара-Тюрек, Катанда, Яйлю и Шебалино. Наименьшие изменения (максимумы увеличились в феврале 2016 г., августе 2002 г. и октябре 2015 г.) характерны для станции Турочак.

Абсолютные минимумы температур воздуха на территории региона после 1990 г. изменялись значительно меньше. Новые минимумы для 4 месяцев отмечены на метеостанции Шебалино, для 2 месяцев в Катанде и по 1 месяцу – Яйлю, Усть-Кан, Усть-Кокса, Кара-Тюрек и Ак-Кем. Больше всего новых минимумов температуры было отмечено в январе (3 станции) и июне (4 станции).

Предварительно можно говорить о том, что существенное "обновление региональных рекордов" по максимальным температурам воздуха подтверждает тенденцию повышения среднегодовых и среднемесячных температур. Новые минимумы температур косвенно свидетельствуют об увеличении контрастности между циклами повышения и понижения температуры воздуха.

Подводя итог можно сделать следующие выводы о динамике изменений температурного режима на территории Республики Алтай в период 1960-2021 г.:

- основной прирост среднегодовых значений температуры воздуха в регионе начался в последнем десятилетии XX в. (0,6-1,8°C), в целом продолжился в первом десятилетии XXI в. (0,9-1,5°C). Во втором десятилетии XXI в. во многих районах РА отклонения среднегодовых температур от климатической нормы снизились (на 0,1-0,4°C), но остались на уровне выше нормы (0,5-1,5°C);

- в целом среднегодовая температуры воздуха на территории региона за последние 30 лет относительно базовой климатической нормы повысилась на 1,0°C;

- по сезонам года интенсивность отклонений средних температур воздуха от нормы в регионе меняется от умеренного до очень сильного в ряду: осень (IX,X) – 0,6°C; лето (VI,VII,VIII) – 0,9°C; зима (I,II,III,XI,XII) и весна (IV,V) – 1,1°C;

- в годовом цикле наибольшее повышение температуры воздуха в регионе характерно для месяцев переходного периода от зимы к весне (февраль, март, апрель – 1,7-2,0°C), наименьшее – для января и сентября (до 0,2°C);

- в разрезе метеостанций тенденции повышения температуры имеют преимущественно однотипные колебания во времени, при разных величинах скорости прироста среднегодовых температур (0,2-0,5°C/10 лет, в среднем 0,3°C/10 лет);

- максимальные среднегодовые отклонения температуры воздуха от нормы характерны для Юго-Восточного Алтая (Кош-Агач), минимальные для Северо-Западной части региона (Чемал, Усть-Кан), в целом для всех метеостанций региона характерно сильное

отклонение от нормы – более $0,7^{\circ}\text{C}$;

– отклонения среднегодовой температуры от нормы имеют тенденцию постепенного нарастания с северо-западного направления ($0,7^{\circ}\text{C}$) на север ($1,1-1,2^{\circ}\text{C}$), юг ($1,1^{\circ}\text{C}$) и юго-восток региона ($1,4^{\circ}\text{C}$);

– межгорные котловины, долины с часто повторяющимися фёнами и долины с относительно небольшим количеством фёнов имеют различия в сезонном распределении аномалий температур: максимальные зимние отклонения характерны для сухих котловин (менее 500 мм осадков) минимальные для долин с часто повторяющимися фёнами; в наиболее увлажненных долинах максимумы температурных аномалий отмечаются весной.

4.3. Режим увлажнения

Осадки – один из наиболее изменчивых климатических параметров, значительно варьирующих во времени и в пространстве. Поэтому при анализе и характеристике особенностей изменения сумм осадков на территории Республики Алтай использовалась преимущественно относительная величина отклонения от базовой климатической нормы (1961-1990 гг.), выраженная в процентах (прил. 1: табл. 1,4). Для градации величин отклонения применялась условная шкала: 0-5% – слабое отклонение; 5-10% – умеренное отклонение; 10-20% – сильное отклонение; более 20% – очень сильное отклонение.

Исходя из данных Горно-Алтайского ЦГМС за последние 60 лет на территории Республики Алтай среднее многолетнее количество осадков незначительно понизилось на 1,6% (8 мм). Однако произошло довольно существенное перераспределение осадков между сезонами года. Количество зимних (XI-III), летних (VI-VIII) и особенно весенних (IV, V) осадков уменьшилось соответственно на 3% (2,2 мм), 3% (7 мм) и 7,3% (7 мм), но осенних (IX, X) увеличились на 10,1% (8,5 мм). По месяцам сильные отклонения от нормы, с приростом более 10% месячной нормы, характерны для января и октября. Снижение более чем на 14% месячной нормы наблюдается для марта и апреля, минимальные отклонения (до 2% от нормы) – для февраля, мая, июня, августа (прил. 2: табл. 1). По соотношению суммы осадков холодного (I-III, XI, XII) и тёплого (IV-X) периодов по станциям РА изменения не превышают 2% и на уровне среднерегиональных значений не проявляются.

В отличие от чётко выраженного тренда роста годовых температур во всех районах республики, аномалии годовой суммы осадков не имеют общей направленности. Однако, при визуальном сравнении графиков их временного распределения (рис. 11) определенная взаимосвязь прослеживается, особенно с учётом разделения метеостанций по количеству осадков. Это подтверждают и уровни значимости корреляционных связей между метеостанциями (прил. 2: табл. 2).

Уровень значимости связей между аномалиями сумм осадков на метеостанциях РА несколько ниже, чем в случае температуры воздуха, однако для большинства станций он достоверен на уровне 99% ($r = 0,32-0,67$). Существенно на этом фоне выделяются метеостанции Кош-Агач и Катанда (прил. 2: табл. 2).

Корреляционный анализ между временными рядами всех станций показывает, что годовые аномалии осадков в Юго-Восточном Алтае значительно отличаются (не связаны) с изменениями осадков в других районах, однако корреляция зимних осадков значима ($r = 0,34-0,60$ при $p = 0,01$). Возможно, это обусловлено малым количеством зимних осадков и неточностью их измерений.

Станция Катанда, также расположена в межгорной котловине меньшего размера, но севернее Кош-Агача и с большей суммой осадков. Район метеостанции Катанда имеет достоверно значимые (при $p = 0,05$ и $0,01$, $r = 0,29-0,38$) положительные связи изменений годового количества осадков со станциями Усть-Кокса, Усть-Кан, Шебалино и Яйлю. По сезонным периодам наблюдается ещё большее количество взаимосвязанных температурных аномалий с другими районами республики.

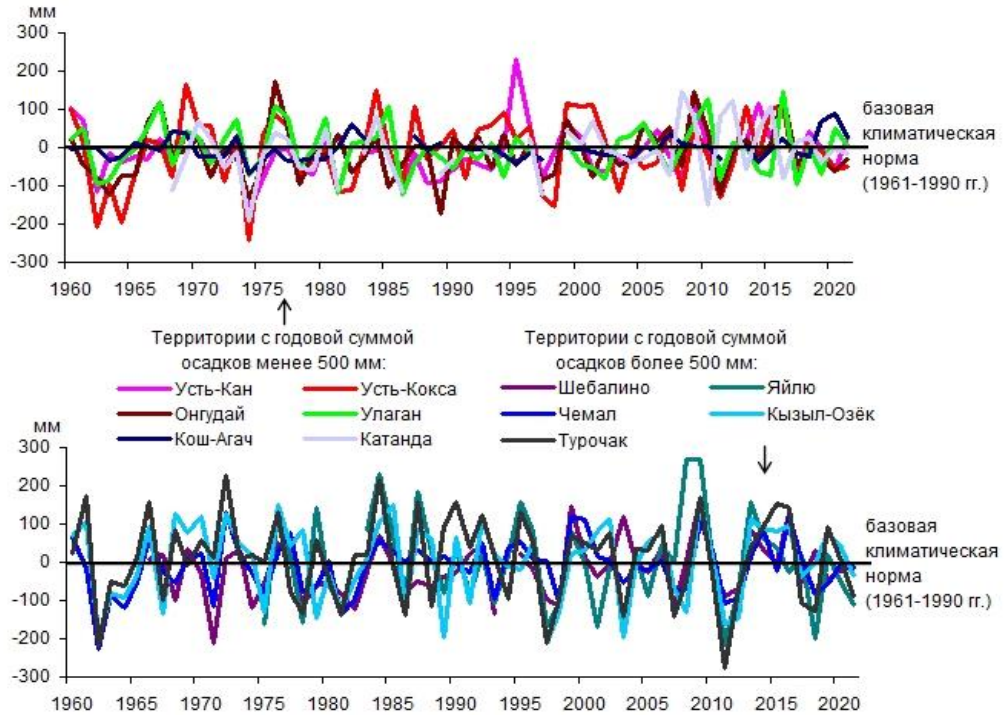


Рис. 11. Сравнение распределения аномалий количества осадков и трендов их роста на метеостанциях РА в период 1960-2021 гг.

Корреляционные связи между отклонениями от нормы температуры воздуха и суммы осадков ожидаемо являются в большинстве случаев отрицательными, значимые по годовому количеству осадков наблюдаются для метеостанций Усть-Кокса и Онгудай (при $p = 0,05$ $r = 0,24-0,25$). Метеостанция Кош-Агач вновь составляет исключение, для неё характерны значимые на уровне 95% положительные связи режима осадков с температурой воздуха в районах Катанды ($r = 0,30$), Шебалино ($r = 0,31$) и Яйлю ($r = 0,30$). На данный момент чётких объяснений выявленной закономерности нет.

Наибольшее количество значимых отрицательных связей (при $p = 0,01-0,1$; $r = -0,21$ – $-0,42$) выявлены для аномалий осадков метеостанции Улаган и аномалий температуры других станций (прил. 2: табл. 2). Вероятнее всего это обусловлено внутривнутрирегиональным расположением Улаганского района относительно преобладающих направлений переносов воздушных масс, в том числе влагонесущих.

Сравнительный анализ трендов изменения режима осадков по десятилетним периодам относительно базовой климатической нормы показывает, что в целом можно говорить о преобладании аномалий на снижение годовой суммы осадков. Однако от десятилетия к десятилетию чётко выраженных тенденций роста или снижения количества осадков в Республике Алтай не прослеживается (табл. 11).

Табл. 11. Сравнение трендов изменения суммы осадков по десятилетиям относительно климатической нормы (1961-1990 гг.) на территории Республики Алтай

Метеостанции (абс. отметки)	Средние значения прироста/снижения количества осадков (%) по 10-летиям					
	1960-1969 гг.	1970-1979 гг.	1980-1989 гг.	1990-1999 гг.	2000-2009 гг.	2010-2019 гг.
Турочак (327 м)	0,2	3,9	0,8	2,4	2,0	-1,2
Кызыл-Озёк (331 м)	-1,0	3,8	-1,4	-2,8	1,5	1,6
Чемал (420 м)	-8,4	-1,7	-1,6	0,9	0,2	-2,1
Яйлю (480 м)	н/д	-0,5	3,1	-0,9	4,2	-2,3
Онгудай (833 м)	-5,2	-3,5	-9,5	-2,3	2,2	-1,0
Шебалино (865 м)	н/д	-8,8	-8,0	-3,3	2,9	0,0
Катанда (949 м)	н/д	-5,4	-6,7	-2,9	3,1	1,4
Усть-Кокса (978 м)	-7,0	-2,5	-2,3	1,5	0,3	0,4
Усть-Кан (1037 м)	-0,9	-13,1	-14,3	1,9	-2,5	3,9
Улаган (1300 м)	1,0	3,9	-2,3	-4,4	-2,2	-3,3
Кош-Агач (1760 м)	2,4	-19,1	5,1	-11,5	-3,3	-1,2
Республика Алтай	-3,2	-4,0	-3,1	-1,6	0,7	-0,3

Особенностями первого десятилетия XXI века, являются увеличение количества осадков относительно нормы (0,2-4%) на 7 из 10 проанализированных метеостанциях и превышение нормы в среднем для региона в единственный из рассматриваемых периодов. Однако уже в следующее десятилетие (2010-2019 гг.) произошло возвращение к тенденциям снижения среднегодового количества осадков для большинства районов.

В пространственном отношении аномалии умеренного (до 10%) снижения годового количества осадков приурочены к северо-западу (прил. 2: табл. 3-4 и рис. 2). Граница перехода от районов со снижающимся количеством осадков к району с увеличением проходит с севера на юг и юго-восток по метеостанциям Чемал (-2,2%), Онгудай (-5,4%), Катанда (-6,4%), Ак-Кем (-6,2%). Наибольшие значения слабоинтенсивного увеличения годового количества осадков наблюдаются в северной части региона (2,6-4,4%).

Практически аналогичная картина наблюдается для отклонений летних осадков, но с более высокой интенсивностью – север от 4,7% до 8,4%; с севера на юг – Чемал (-4,2%), Онгудай (-4,8%), Катанда (-11,6%), Ак-Кем (-8,6%).

Сумма осенних осадков по сравнению с нормой увеличилась во многих районах больше чем на 10% (Катанда, Кызыл-Озёк – 12%, Турочак –13%, Онгудай – 14%, Усть-Кан – 15%, Шебалино – 18%), а в Чемале и Кош-Агаче на 21% и 34%, соответственно. Единственный район, имеющий отрицательную динамику прироста аномалий осеннего периода – Улаганский район (-10%).

Из картосхем сезонного перераспределения аномалий осадков на территории РА (прил. 2 рис. 2) видно, что осенью в восточной части около Улагана формируется зона снижения количества осадков. В зимний период, вероятно, происходит её расширение с постепенным перемещением центра на северо-запад в район метеостанции Шебалино и отчасти на северо-восток к метеостанции Яйлю. Для района этой станции, как и для станций Шебалино и Чемал, в холодный период характерно увеличение количества фёнов, которые выдувают и отчасти испаряют снежный покров. Возможно, под действием роста температур эти местные ветра также усиливаются.

Весной область, влияющая на снижение количества осадков относительно нормы, вероятно, из-за повышения температуры воздуха, разрушения Азиатского максимума и усиления циклональной активности, "ослабевает" (интенсивность отклонений от нормы снижается), но происходит её расширение и перераспределение во всех направлениях.

При этом чётко выделяется меридионально ориентированный вектор, отчасти совпадающий с долиной р. Катунь – Кызыл-Озёк, Онгудай, Катанда со значениями отклонения от нормы, снижающимися соответственно с севера на юг – -12,2%, -11,1% и 10,5%. В летнем цикле этот вектор наоборот отражает рост аномалии осадков со сменой положительной тенденции на отрицательную – 6,8%, -4,8%, -11,6% (прил. 2: рис. 2).

При более детальном анализе отклонений суммы осадков от нормы по бассейнам рек наблюдается ряд особенностей. На фоне преобладающего в регионе уменьшения относительно нормы количества осадков в бассейне р. Катунь в летний период в верховьях наблюдается прирост на умеренном и сильном уровне (9,6-11,9%), в среднем и нижнем течении снижение и небольшой умеренный рост (табл. 12). В осенний период напротив количество осадков в верховьях несколько снижается (-2,9%, -8,4%), а в среднем и нижнем течении уже ярко выражен умеренный и сильный прирост, особенно, в районе Чемала (20,5%). В случае сохранения подобных тенденций повышается риск осенних паводков. В другие сезоны, в основном, количество осадков относительно снижается.

Табл. 12. Отклонения от нормы сумм годовых и сезонных осадков в бассейнах стока рек Бия, Катунь, Чарыш

Метеостанции (абс. отметки)	Отклонения от нормы в %				
	год	зима	весна	лето	осень
р. Бия					
Турочак (327 м)	4,4	2,8	-2,1	4,7	12,9
Яйлю (480 м)	2,6	-2,9	-7,2	8,4	5,5
Улаган (1230 м)	-2,4	8,9	-2,5	-2,5	-9,9
р. Катунь					
Кызыл-Озек (331 м)	2,9	1,9	-12,2	6,8	12,3
Чемал (420 м)	-2,2	-9,1	-9,5	-4,2	20,5
Онгудай (833 м)	-5,4	-21,6	-11,1	-4,8	14,3
Катанда (949 м)	-2,9	-10,5	-11,6	11,9	-2,9
Усть-Кокса (978 м)	-8,4	-1,1	-8,1	9,6	-8,4
Шебалино (865 м)	-7,7	-25,4	-4,0	-11,4	18,2
Кош-Агач (1760 м)	0,6	20,6	-6,3	-6,1	33,9
р. Чарыш					
Усть-Кан (1037 м)	-8,4	5,6	-9,6	-16,7	14,8

В бассейне р. Бия более ярко выражен умеренный прирост (2,8-12,9%) сумм осадков, за исключением весеннего периода. Для бассейна р. Чарыш характерно увеличение осадков в холодный период (5,6-14,8 %) и снижение в теплый на 9,6% и 16,7%.

При анализе особенностей стока рек особое значение имеет накопление и скорость схода снежного покрова, а также интенсивность и продолжительность осадков, однако данные по годовой динамике этих явлений за анализируемый период были предоставлены Горно-Алтайским ЦГМС только для суточных максимумов (прил. 2: табл. 7).

Поверхностный анализ "обновлений" максимумов суточных осадков после 1990 г. показал их довольно существенное увеличение с марта по август преимущественно в первом десятилетии XXI в. Среди метеостанций минимальным количеством новых максимумов осадков выделяются котловины – Кош-Агач (январь 1997 г. и март 2022 г.) и Усть-Кокса (февраль 1992 г., июнь 2014 г. и октябрь 1996 г.). Больше всего суточных максимумов изменилось в районе Шебалино (7 месяцев) в первое 10-летие XXI в.

Подводя итог можно сделать следующие выводы о динамике изменений режима осадков на территории Республики Алтай в период 1960-2021 г.:

– осадки неоднородны во времени и в пространстве, однако, в целом по региону наблюдается тенденция снижения среднегодовых и среднесезонных сумм осадков;

– сумма годовых осадков за последние 30 лет в основном незначительно сократилась (на 2-8%) – Чемал, Шебалино, Улаган, Катанда, Онгудай, Усть-Кан, Усть-Кокса, Ак-Кем, а в ряде районов несколько увеличилась (1-4%) – Кош-Агач, Яйлю, Турочак, Кызыл-Озёк, Кара-Тюрек;

– сумма осенних осадков повысилась в среднем на 13%, максимум ГМС Кош-Агач – 34%, ГМС Чемал – 21%, исключение составляет ГМС Улаган – снизилось на 10%, что, вероятнее всего, связано с "изолированностью" территории Восточного Алтая от влагонесущих циклонов;

– в зимний период в центральной части региона наблюдается снижение количества осадков относительно нормы, при движении к периферии границ количество осадков начинает повышаться от -25% в Шебалино до 21% Кош-Агач, 6% Усть-Кан и 2,8% Турочак;

– весной чётко выделяется меридионально ориентированный вектор, отчасти совпадающий с долиной р. Катунь – Кызыл-Озёк, Онгудай, Катанда с умеренными отклонениями от нормы, снижающимися соответственно с севера на юг – -12,2%, -11,1% и 10,5%. В летнем цикле этот вектор наоборот отражает рост аномалии осадков со сменой положительной тенденции на отрицательную – 6,8%, -4,8%, -11,6%;

– на фоне преобладающего в регионе уменьшения относительно нормы количества осадков в бассейне р. Катунь в летний период в верховьях наблюдается существенный прирост, в среднем и нижнем течении снижение и небольшой умеренный рост. В осенний период, напротив, в верховьях количество осадков несколько снижается, а в среднем и нижнем течении уже ярко выражен умеренный и сильный прирост, особенно, в районе Чемала (более 20%);

– в бассейне р. Бия более ярко выражен умеренный прирост годовых сумм осадков, за исключением весеннего периода;

– для бассейна р. Чарыш характерно увеличение осадков в холодный период и снижение в теплый;

– в разрезе метеостанций наиболее заметные изменения в сезонном режиме осадков произошли в Кош-Агачском районе, где в зимний и осенний периоды стало выпадать, соответственно на 21% и 34% осадков больше, также довольно существенный прирост (18-21%) осенних норм осадков наблюдается в районах метеостанций Шебалино и Чемал. Значительно (21-25%) снизилось количество зимних осадков в районе Чемала и Онгудая;

– вероятными причинами изменений режима осадков может быть повышение температуры воздуха, о чём свидетельствуют обратные корреляционные связи между этими показателями, а также особенности местных циркуляций, изменяющиеся с учётом особенностей рельефа на фоне более глобальных процессов перестройки атмосферных циркуляций.

4.4. Ветровой режим

Ветровой режим на территории РА в силу активного развития местных циркуляций, существенно различается в разных частях региона, прежде всего, по скорости и её сезонной динамике (рис. 12).

Ещё одна высокогорная станция Кара-Тюрек существенно отличается режимом ветров от других метеостанций максимальными для региона скоростями ветра, в том числе, в

зимние месяцы. Несколько меньшей скоростью ветра, но сходным годовым режимом скорости ветра обладает долина р. Катунь (станция Чемал). Подобный ветровой режим следствие активного развития зимой в этих районах фёновых явлений.

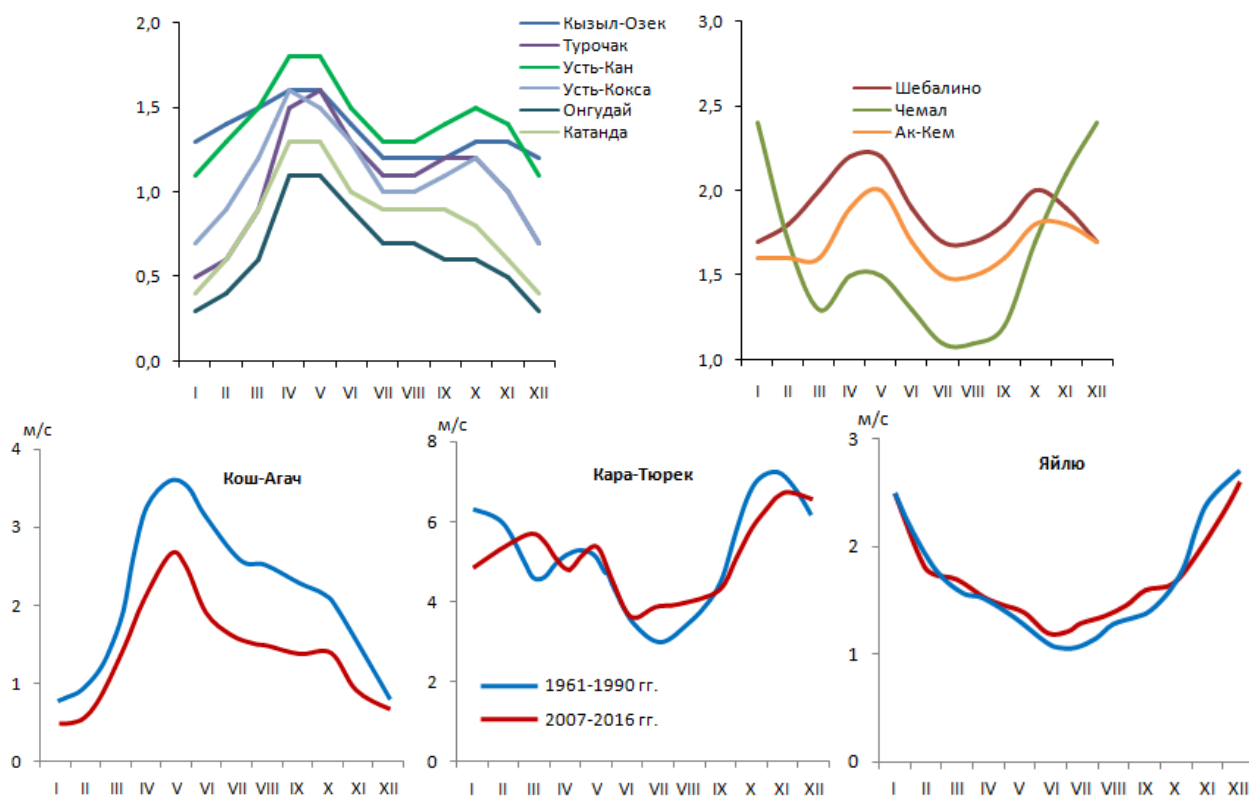


Рис. 12. Средние многолетние (1966-2016 гг.) значения скорости ветра на территории РА по данным ЦГМС (вверху) и пример динамики изменения годового хода скорости ветра в котловине, высокогорье и в крупной озёрной долине (внизу) [43]

Особенный график режима ветра наблюдается и по данным метеостанции Яйлю. Здесь также зимой высокая частота повторения фёнов и существует свой режим горно-долинных ветров приходящих с низовья р. Чулышман и верховья р. Бия.

Межгодовая динамика изменения скорости ветров по большинству метеостанций отсутствует. Имеются средние многолетние данные [43] за периоды 1961-1990 гг. и 2007-2016 гг. по трём станциям РА (рис. 12). Исходя из данных, интенсивность ветров в районе Кош-Агача в начале XXI в. стала ниже по всем сезонам года. На станциях Кара-Тюрек и Яйлю в летний период скорость ветров возросла, зимой снизилась.

Важное значение имеет показатель числа дней с очень сильным ветром ≥ 30 м/с и шквалами, за период 1966-1990 гг. на территории региона в среднем фиксировалось не более 1 случая в год, исключение составляет Кара-Тюрек – 10-12 дней [43]. По данным Горно-Алтайского ЦГМС за период 1998-2020 гг. для Кара-Тюрек этот показатель остался на уровне 10 случаев в год (максимум 49 случаев в год), для станции Ак-Кем характерно в среднем 3 случая в год (максимум 30 случаев в год). На остальной территории РА было зарегистрировано всего 3 случая ветров интенсивностью 30 и более м/с в районе метеостанций Кош-Агач и Онгудай (прил. 1: табл. 15).

Таким образом, можно говорить о том, что на территории региона, начиная с конца

XX в. проявляется общая тенденция снижения скорости ветра в Чуйской котловине во все сезоны года, на высокогорной метеостанции Кара-Тюрек и в низкогорной долине Яйлю наблюдается снижение скорости ветров холодного периода и увеличение скорости ветров теплого времени года. Частота очень сильных и шквальных ветров со скоростью более 30 м/с характерна для высокогорных участков и очень редко проявляется в других районах.

4.5. Опасные метеорологические явления

По данным Горно-Алтайского ЦГМС – филиала ФГБУ "Западно-Сибирское УГМС" за период 1998-2020 гг. на 12 метеостанциях Республики Алтай было зарегистрировано 723 опасных метеорологических явления (без учета гидрологических явлений) (табл. 13).

Табл. 13. Количество опасных метеорологических явлений, зарегистрированных на территории РА в период 1998-2020 гг.

Метеостанции	очень сильный ветер	ураганный ветер	шквал	сильная метель	очень сильный дождь	продолжительный сильный дождь	сильный ливень	крупный град	сильные гололедно-изморозевые отложения	очень сильный снег	сильный мороз	сильная жара	суммарное количество ОЯ
Турочак	3	0	3	0	12	1	1	1	4	1	0	1	27
Кызыл-Озек	3	0	0	0	14	2	0	0	1	3	0	0	23
Яйлю	0	0	0	0	31	3	2	2	0	2	0	0	40
Усть-Кан	1	0	1	0	5	0	1	1	1	2	0	0	12
Онгудай	3	0	1	0	2	0	0	1	1	1	1	0	10
Усть-Кокса	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	5
Катанда	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	6	0	9
Чемал	0	0	0	0	7	0	0	2	1	1	0	2	13
Шебалино	1	0	0	0	13	0	0	0	3	2	0	0	19
Кош-Агач	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	13	0	23
Кара-Тюрек	352	35	0	28	1	0	0	0	0	3	0	0	419
Ак-Кем	94	21	3	2	2	0	0	0	0	0	1	0	123
РА	468	56	9	30	90	6	4	7	11	16	23	3	723

Список возможных на территории РА опасных явлений приведен в приложении 2 таблице 13. За период 1998-2020 гг. на территории региона зафиксировано 14 видов опасных метеорологических явлений, которые в зависимости от воздействующего природного фактора и характера проявления ОЯ можно объединить в 6 групп – ветровые явления разной интенсивности, сильная метель, дождевые осадки разной интенсивности, крупный град, гололедные явления и сильный снег, сильный мороз или сильная жара (рис. 13).

Наибольшей повторяемостью, но локальностью воздействия на территории региона характеризуются ветровые явления. Как уже отмечалось выше, из-за высокогорного расположения метеостанции Ак-Кем и особенно Кара-Тюрек (вершина водораздела) отличаются от других районов высокой степенью повторяемости очень сильных и ураганных ветров, а также сильных метелей. Если не брать во внимание данные горных территорий, то в целом по Республике Алтай распределение явлений, обусловленных сильным ветром, достаточно равномерное.

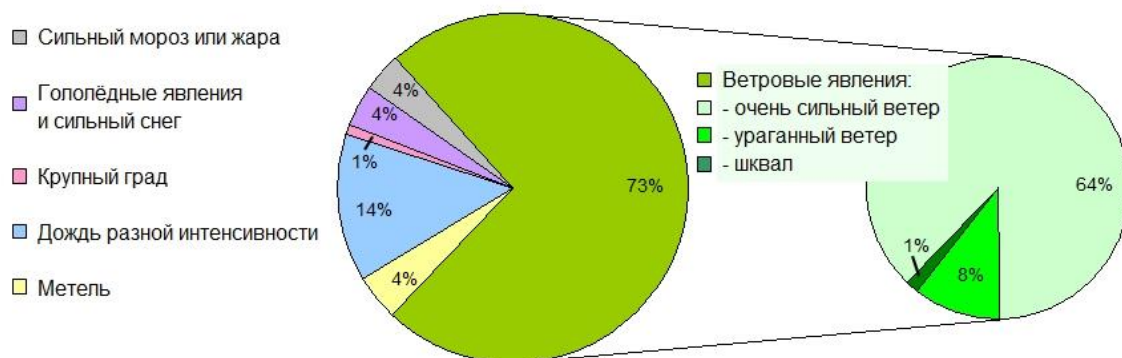


Рис. 13. Соотношение ОМЯ по основным группам на территории РА за период 1998-2020 гг.

Сильные метели и ураганы на территории региона не фиксируются более нигде, а повторяемость очень сильных ветров (свыше 25 м/с) без учета высокогорных метеостанций составляет в среднем всего 1 случай в год (Кара-Тюрек – 16; Ак-Кем – 4,3). Максимальное количество случаев ОМЯ в год (без учёта ветров) отмечено на метеостанциях Яйлю – 40, Турочак – 27, Кызыл-Озёк и Кош-Агач по 23 (Кара-Тюрек – 419, Ак-Кем – 123). Основной вклад (90%) в повторяемость ОМЯ в случае Яйлю вносит дождь со средним количеством осадков 48,5 мм, на ГМС Турочак и Кызыл-Озек соответственно 52% и 70% случаев ОМЯ связаны с проливными дождями, для Кош-Агачского района характерна высокая частота сильных морозов ниже -41°C (57% ОМЯ). Минимальное количество случаев ОМЯ в период 1998-2020 гг. зафиксировано на метеостанции Усть-Кокса – 5 случаев.

В целом за период 1998-2020 гг. отмечено два периода с высокой частотой возникновения ОМЯ с 1998 г. по 2008 г. (11 лет) и с 2013 г. по 2020 г. (8 лет), которые разделены коротким 4-х летним периодом с низкой частотой ОМЯ (рис. 14).

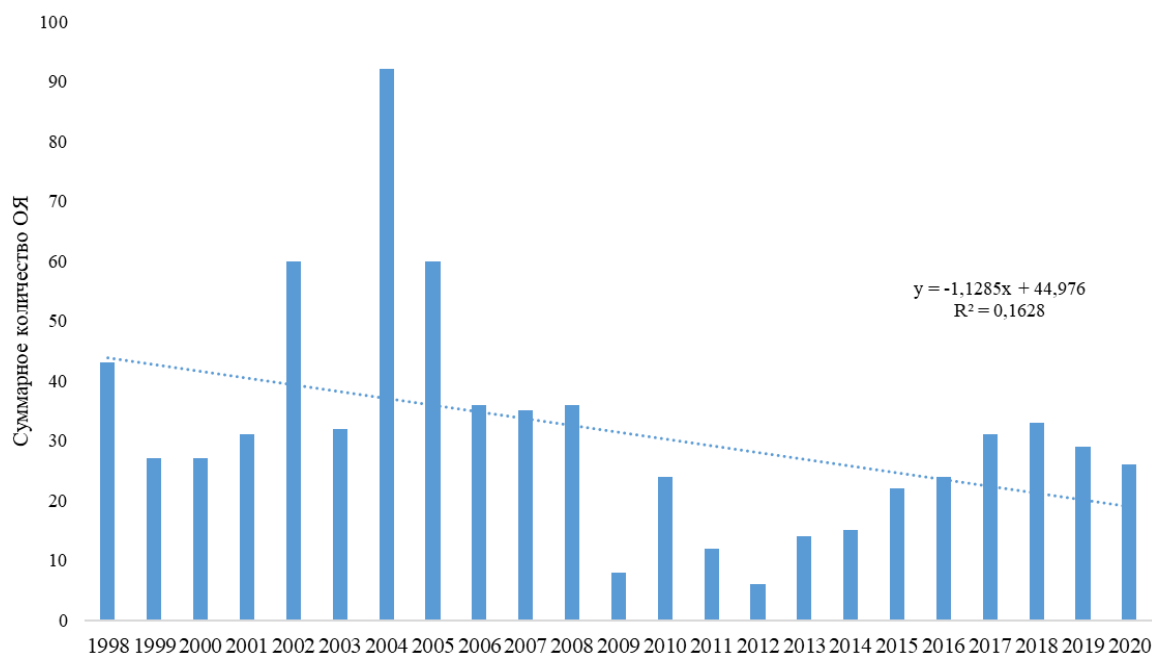


Рис. 14. Суммарное количество ОМЯ за период 1998-2020 гг. с линейным трендом

Подобная картина может говорить о наличии цикличности периодов роста и снижения активизации опасных явлений, однако отсутствие на данный момент статистики за более длительный период не позволяет это подтвердить.

Распределение опасных метеорологических явлений на территории Республики Алтай неравнозначное и значительно различается по ландшафтно-климатическим зонам (табл. 4). Опасные явления, связанные с аномально высокими температурами, довольно редки и характерны для низкогорных и среднегорных зон республики. Напротив, явления, обусловленные аномально низкими температурами, наблюдались, в основном, в высокогорной зоне и в центральных частях среднегорной зоны.

Табл. 14 Распределение групп опасных метеорологических явлений в РА по ландшафтно-климатическим поясам

Ландшафтно-климатическая зона	Метеостанции	Опасные метеорологические явления (ОЯ)							Всего ОЯ
		Дождь	Ветер	Снег	Мороз	Жара	Град	Метель	
Низкогорная зона	Турочак	14	6	5		1	1		27
	Яйлю	36		2			2		40
	Кызыл-Озек	16	3	4					23
Итого по низкогорью		66	9	11		1	3		90
Среднегорная зона	Чемал	7		2		2	2		13
	Шебалино	13	1	5					19
	Усть-Кан	6	2	3			1		12
	Онгудай	3	3	2	1		1		10
	Усть-Кокса	1	2		2				5
Катанда	1	1	1	6				9	
Итого по среднегорью		31	9	13	9	2	4		68
Высокогорная зона	Кош-Агач	2	8		13				23
	Кара-Тюрек	1	387	3				28	419
	Ак-Кем	2	118		1			2	123
Итого по высокогорью		5	513	3	14			30	565
Всего по Республике Алтай		102	531	27	23	3	7	30	723

С периодичностью в 5-7 лет в период 1998-2020 гг. на территории республики наблюдались случаи понижения температуры воздуха до $-35 - (-47,7)^{\circ}\text{C}$. Сильные морозы отмечались в 2005 г. на территории Онгудайского района, в 2005, 2011, 2012, 2018 годах – на территории Усть-Коксинского района, в 2004, 2005, 2008, 2011, 2014, 2016, 2018 годах – на территории Кош-Агачского района. Наиболее холодным в этот период признан 2015 г., когда сильные морозы отмечались на территории Онгудайского (до -41°C), Усть-Коксинского (от $-41,1^{\circ}\text{C}$ в горах до $-44,7^{\circ}\text{C}$ в Уймонской впадине), Кош-Агачского районов (до $-47,7^{\circ}\text{C}$).

Повышения температуры до $+35^{\circ}\text{C}$ и выше на территории Республики Алтай случаются значительно реже. По данным Горно-Алтайского ЦГМС, сильная жара наблюдалась в 2004, 2005 годах на территории Чемальского района, температура достигала $+37,9^{\circ}\text{C}$; в 2014 г. на территории Турочакского района, когда температура воздуха достигала $38,2^{\circ}\text{C}$.

Режим увлажнения на территории Республики Алтай крайне неравномерен ввиду орографических и ландшафтных особенностей местности, что отражается на распределении опасных явлений, обусловленных сильными дождями и аномальным количеством снега. Так, в низкогорной зоне резко преобладают опасные явления, вызванные аномально

высокими осадками. Очень сильные дожди, включая сильные ливни, в низкогорном поясе составляют 64,7 % от всех ОЯ этого типа, в среднегорье – 30 %, в высокогорье – 4,9 %.

Подводя итог, можно сделать следующие основные выводы о динамике опасных метеорологических явлений на территории РА в период 1998-2020 гг.:

– Наибольшей повторяемостью, но локальностью (в пределах высокогорья) воздействия на территории региона характеризуются ветровые явления (очень сильные и ураганные ветра, а также сильные метели);

– Максимальное количество случаев ОМЯ (без учёта ветровых явлений) в год отмечались на метеостанциях Яйлю – 40, Турочак – 27, Кызыл-Озёк и Кош-Агач по 23 случая;

- Наиболее частыми опасными явлениями (без учёта ветровых явлений) в северных районах были очень сильные дожди и ливни, на юго-востоке (Кош-Агачский район) морозы ниже -41°C . Минимальное количество случаев ОМЯ в период 1998-2020 гг. зафиксировано на метеостанции Усть-Кокса;

– В целом за период 1998-2020 гг. отмечено два периода с высокой частотой возникновения ОМЯ с 1998 г. по 2008 г. (11 лет) и с 2013 г. по 2020 г. (8 лет), которые разделены коротким 4-х летним периодом с низкой частотой ОМЯ, это, вероятнее всего, свидетельствует о наличии цикличности периодов роста и снижения активизации опасных явлений, однако для подтверждения необходима более длительная динамика наблюдений.

4.6. Опасные гидрологические явления и режим рек

Гидрологическая наблюдательная сеть Республики Алтай в настоящее время включает 22 гидрологических поста, в том числе 9 станций фонового мониторинга Яйлю (табл. 15). Посредством гидропостов ведется мониторинг гидрологического режима на 13 реках в трёх бассейнах основных рек региона – р. Катунь, р. Бия, р. Чарыш и на Телецком озере.

Табл. 15. Гидрологическая наблюдательная сеть Республики Алтай

Наименование гидропоста	Название водного объекта	Автоматизированный гидрологический комплекс	Координаты
Кебезень	р. Бия	Г-1 Бийск	51°54' с.ш. 87°06' в.д.
Майма	р. Майма	Г-1 Бийск	51°59' с.ш. 85°54' в.д.
Онгудай	р. Урсул	Г-1 Бийск	50°45' с.ш. 86°08' в.д.
Турочак	р. Бия	Г-1 Бийск	52°15' с.ш. 87°07' в.д.
Тюнгур	р. Катунь	Г-1 Бийск	50°10' с.ш. 86°19' в.д.
Удаловка	р. Бия	Г-1 Бийск	52°21' с.ш. 86°57' в.д.
Усть-Кокса	р. Кокса	Г-1 Бийск	50°15' с.ш. 85°37' в.д.
Усть-Кумир	р. Чарыш	Г-1 Бийск	51°02' с.ш. 84°17' в.д.
Чемал	р. Катунь	Г-1 Бийск	51°24' с.ш. 85°59' в.д.
Шебалино	р. Сема	Г-1 Бийск	51°18' с.ш. 85°41' в.д.
Теректа	р. Теректа	Г-1 Бийск	50°16' с.ш. 85°55' в.д.
Кучерла	р. Кучерла	Г-1 Бийск	50°09' с.ш. 86°20' в.д.
Мал. Яломан	р. Катунь	Г-1 Бийск	50°29' с.ш. 86°36' в.д.
Артыбаш	оз. Телецкое	СФМ Яйлю	51°47' с.ш. 87°14' в.д.
Яйлю	оз. Телецкое	СФМ Яйлю	51°46' с.ш. 87°36' в.д.
Балыкча	р. Чулышман	СФМ Яйлю	51°17' с.ш. 87°43' в.д.
Яйлю	р. Чеченек	СФМ Яйлю	51°46' с.ш. 87°36' в.д.
Кокши	р. Кокши	СФМ Яйлю	51°35' с.ш. 87°41' в.д.
Кыгинский Залив	р. Чири	СФМ Яйлю	51°22' с.ш. 87°50' в.д.
Кыгинский Залив	оз. Телецкое	СФМ Яйлю	51°22' с.ш. 87°50' в.д.
Кокши	оз. Телецкое	СФМ Яйлю	51°34' с.ш. 87°41' в.д.
Артыбаш	р. Бия	СФМ Яйлю	51°47' с.ш. 87°16' в.д.

Примечание: Г-1 – гидрологический пост; СФМ – станция фонового мониторинга

В целом на территории Республики Алтай наблюдаются следующие опасные явления гидрологического характера:

- половодья, паводки, заторы, зажоры, приводящие к наводнениям;
- низкие уровни воды, в межень нарушающие работу водозаборных сооружений;
- сели и лавины, наносящие ущерб хозяйственным объектам или создающие опасность населённым пунктам.

Согласно данным ВНИИГМИ-МЦД за период 1992-2021 гг. количество опасных гидрологических явлений (ОГЯ) и частота их проявления стали увеличиваться, начиная с 2005 г. (рис. 15).

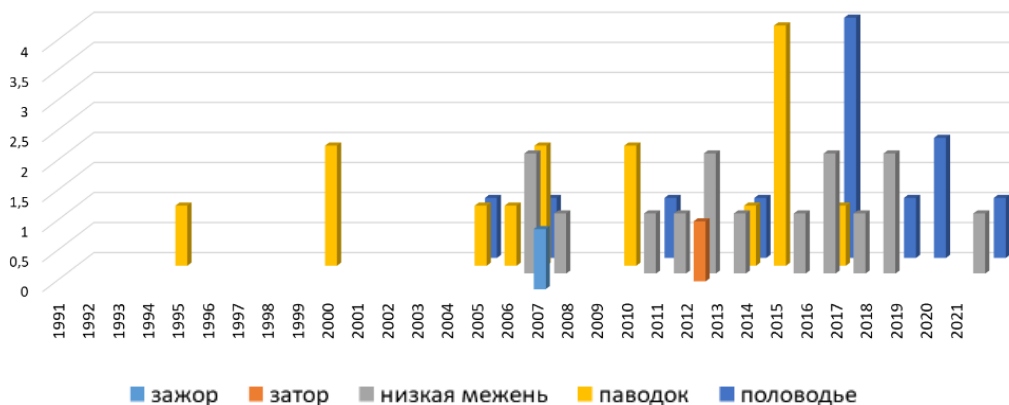


Рис. 15. Динамика опасных гидрологических явлений на реках РА за период 1991-2021 гг.

При этом наиболее часто повторяющимися опасными гидрологическими явлениями в регионе являются паводки (46,8%), половодья (27,4%) и низкая межень (22,6%) (рис. 16). Динамика по селям и лавинам, наносящим ущерб хозяйственным объектам, или создающие опасность населённым пунктам, за интересующий период отсутствуют.

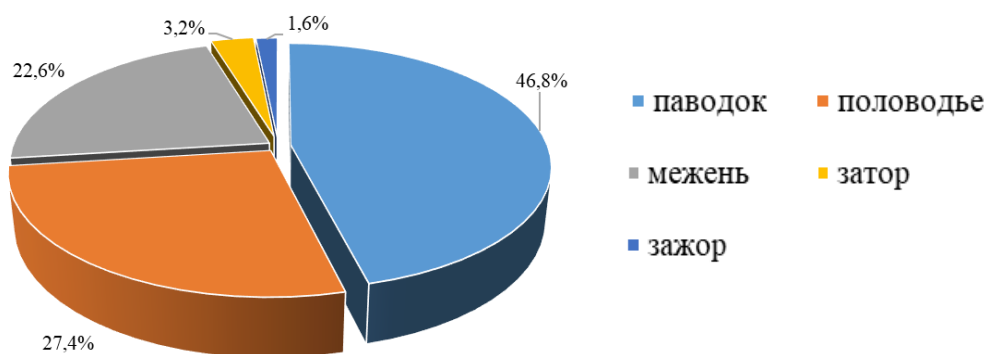


Рис. 16. Виды опасных гидрологических явлений, наблюдавшихся на реках Республики Алтай за период 1991-2021 гг.

Половодье – фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в один и тот же сезон, характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и длительным подъемом уровня воды, вызываемая снеготаянием или совместным таянием снега и ледников. Критерием ОЯ является максимальный подъем уровня воды до отметок повторяемостью наивысших уровней менее 10%. Для весеннего половодья характерны две волны резкого подъема уровня воды.

Первая волна характеризуется ледоходом и таянием снега, наблюдается (исходя из средних многолетних значений) в период с 20 марта по 5 апреля, в зону затопления в ре-

зультате обильного снеготаяния и заторов льда может попасть 41 населенный пункт.

Вторая волна, связанная с интенсивным таянием снега на высокогорных участках на высоте от 1800 до 2500 метров, наблюдается в период с 15 мая по 30 июня, в зону затопления могут попасть 5 населенных пунктов.

Превышения критических отметок на большинстве рек РА были зарегистрированы в периоды с 2003-2006 гг., в 2010 г. и в 2000-2012 гг. В той или иной степени, действию процессов гидрологического характера в период весеннего половодья подвержены Майминский, Чойский, Турочакский, Усть-Коксинский районы. Результатами действия процессов становятся затопления и подтопления жилых домов, разрушение участков дорог, мостов, повреждение ЛЭП, активизация оползней.

Паводки – фаза водного режима реки, характеризующаяся интенсивным, обычно кратковременным увеличением расходов и уровней воды, вызываемая дождями или снеготаянием во время оттепелей, может многократно повторяться в различные сезоны года. Критерием опасного явления выступает подъем уровня воды до отметок наивысших уровней с повторяемостью до 10%.

Возникновению дождевого паводка на большинстве рек РА способствует выпадение сильных, местами очень сильных и продолжительных дождей от 87 до 185% месячной нормы и как следствие этого переувлажнение почвы. Не впитавшаяся в такую почву вода становится дополнительным питанием для малых рек и приводит к подтоплению пониженных участков рельефа. А это, в свою очередь, может приводить к резкому подъему уровня грунтовых вод (после весеннего оттаивания почвы) и местами их выходу на поверхность, т.е. подтоплению жилых и хозяйственных объектов республики на значительном расстоянии от водных объектов.

Всего, в зону подтопления может попасть до 98 населенных пунктов Майминского, Шебалинского, Онгудайского, Чемальского и Улаганского районов, 8000 жилых домов, 12000 приусадебных участков, до 230 автомобильных мостов, до 500 км автомобильных дорог, до 90 опор ЛЭП протяженностью 9360 м.

Республика Алтай относится к числу регионов Сибири наиболее подверженных риску паводковых наводнений [64]. Согласно гидрологической изученности и имеющихся сведений на реках Горного Алтая почти ежегодно в летне-осенний период (июнь-октябрь) проходят дождевые паводки, величина и форма которых зависит от количества и характера выпадения осадков, а также состояния поверхности водосбора. Невысокие одновершинные паводки характерны для рек с весенним половодьем (на границе Алтайского края и Республики Алтай) – реки Чарыш, Песчаная, Ануй.

К северо-востоку Республики Алтай дождевые паводки на реках этого типа становятся многовершинными (реки Майма, Лебедь) вследствие увеличения количества осадков и выпадения их в течение длительного времени. Постепенно с увеличением высоты местности летние и летне-осенние паводки "накладываются" на половодье. На реках с весенне-летним половодьем чисто дождевые незначительные по величине многовершинные паводки наблюдаются в августе-сентябре, иногда в октябре месяце. Паводки летнего периода (июнь-июль) на спаде или, реже, на гребне половодья (реки Урсул, Кокса, Чулышман), участвуют в отдельные годы в формировании максимального расхода половодья.

На реках с летним половодьем чисто дождевых паводков не наблюдается. Формирование максимального расхода половодья происходит за счет дождевых вод и вод, получен-

ных от таяния снегов и ледников. В отдельные годы наибольшие расходы дождевых паводков рек с весенним половодьем превышают в 1,5-2 раза максимальные расходы половодья.

В XX веке крупные паводки отмечались в регионе практически каждые 10 лет – в 1920, 1928, 1937, 1954, 1958 и 1969 годах. А после 1985 года критический уровень воды в различных створах был превышен в 14 раз. Наиболее разрушительным был паводок в конце мая начале июня 2014 г., который случился в результате затяжных и сильных по интенсивности дождей на большей части РА. Тогда "большая вода" держалась больше месяца, сегодня угроза новых сезонных паводков остается высокой в силу текущих климатических изменений. Критические уровни на реках региона в таблице 14 приложения 1.

Заторы – подъем уровня воды из-за стеснения водного сечения при скоплении льдин в русле реки во время ледохода. Критерием ОЯ является подъем уровня воды до отметок с повторяемостью наивысших уровней менее 10%.

Чаще всего, заторы образуются на перекатах, в излучинах русла и в районе островов. Образование затора обычно происходит по следующей схеме. Под напором приплывающего сверху льда и воды происходит разламывание ледяного покрова реки на отдельные огромные ледяные карты, которым трудно продвинуться вниз по течению из-за наличия узких мест, островов или излучин. По мере поступления льда к месту затора все живое сечение реки быстро забивается льдом до грунта. Таким образом, образуется своеобразная ледяная плотина, выше которой резко поднимается уровень воды.

Заторы в регионе образуются весной в результате более позднего вскрытия нижележащих участков реки, создающих задержки в транспортировке льда, а также в местах сужения и поворотов русла, у островов и опор автодорожных мостов. В 1958, 1966, 1968-1970 гг. на реках наблюдались наиболее мощные заторы, образовавшиеся в результате возвратов холодов, наличия малой водности и большой массы льда в начале ледохода.

Мощные заторы характеризуются высоким подпорным уровнем с резким его спадом после прорыва и небольшой продолжительностью (1-3 дня), менее мощные заторы более продолжительны (5-10 дней) и характеризуются небольшой высотой подпорного уровня.

Наибольшие заторные уровни обычно значительно превышают наивысший уровень открытого русла, при котором проходит максимальный расход. Они наблюдаются в первый или второй день весеннего ледохода, и в большинстве случаев совпадают с пиком половодья. При заторах, так же, как и при зажорах льда, резко нарушается обычная связь уровня с расходом воды. При незначительном увеличении расхода воды происходит резкое повышение уровня вследствие образованного льдом подпора.

Причем, зачастую интенсивные взрывные работы по ликвидации затора приводят к ускоренному его смещению и образованию новых еще более мощных заторов на нижерасположенных участках, не подготовленных к вскрытию.

За последние годы особо сложная ситуация, приведшая к зимнему наводнению, была зафиксирована в с. Чемал [26].

Зажоры – скопление шуги с включением мелкобитого льда в русле реки, вызывающее стеснение водного сечения и связанный с этим подъем уровня воды. Критерием ОЯ является подъем уровня до отметок повторяемостью наивысших уровней менее 10%.

Зажоры на реках Республики Алтай формируются в осенне-зимний период, вследствие не только появления поверхностного льда, но и интенсивного образования внутриводного и донного льда и шуги.

Условиями образования зажоров на р. Катунь является наличие большого количества полыней, занимающих 10-14% водной поверхности реки, значительные скорости течения (с 0,8 до 2,5 м/сек) и турбулентность потока. В полынях происходит интенсивное переохлаждение воды, вызывающее образование транзитной шуги в течение всей зимы. На поворотах и узких местах русло Катунь бывает почти полностью (70-90%) зашуговано от нижней поверхности льда до дна. Закупорка русла шугой часто сохраняется до момента вскрытия реки весной. Сток воды осуществляется лишь в отдельных незашугованных участках живого сечения и путем фильтрации в шуге. Наибольшие подъемы уровня воды при зажоре, отмеченные на р. Катунь в пределах Майминского района, достигали 2 м.

На рисунках 18-22 представлены тренды изменения максимальных годовых уровней воды на некоторых из крупных рек РА и оз. Телецкое в период 2002-2019 гг. Так, на р. Майма, протекающей по самым густонаселенным территориям региона, не происходит заметных изменений максимальных годовых уровней, кроме 5-ти летнего периода, начиная с 2013 года, когда отмечен рост годового уровня воды (рис. 17).

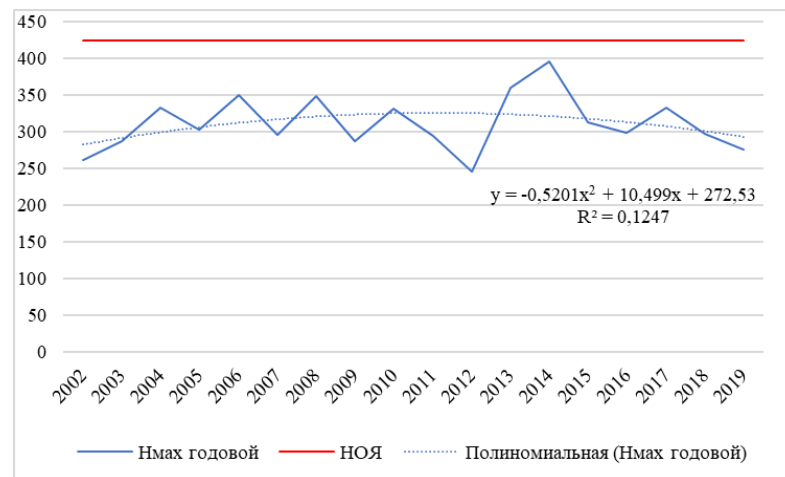


Рис. 17. Динамика максимальных годовых уровней воды ($H_{\max \text{ годовой}}$) и их соотношение с уровнем наступления ОГЯ (Ноя), гидропост Майма (р. Майма)

На р. Чемал также наблюдается довольно равномерное изменение максимальных уровней воды в течение периода наблюдений, кроме 2014 г., когда было отмечено достижение критического уровня наступления опасного гидрологического явления (рис. 18).

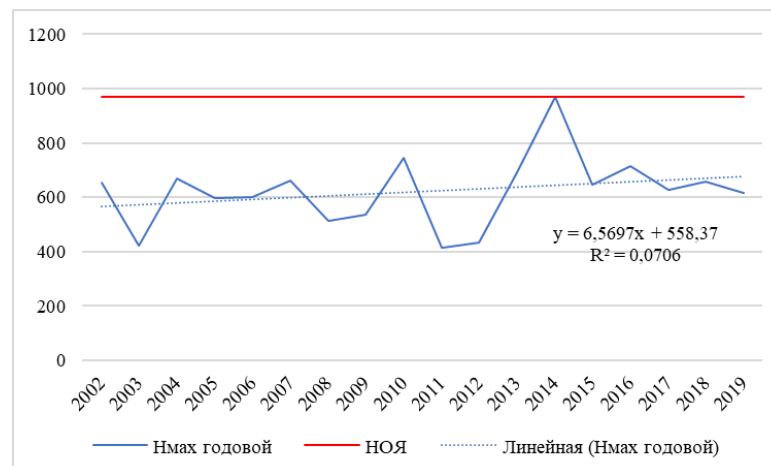


Рис. 18. Динамика максимальных годовых уровней воды ($H_{\max \text{ годовой}}$) и их соотношение с уровнем наступления ОГЯ (Ноя), гидропост Чемал (р. Катунь)

На оз. Телецкое в районе с. Артыбаш неоднократно наблюдался подъём уровня воды, превышающий критический – 2003-2006 гг., 2010 г., 2014 г. При этом, очевидно, что происходит снижение данной величины, что благоприятно сказывается в плане возникновения ОГЯ при высоких уровнях воды (рис. 19).

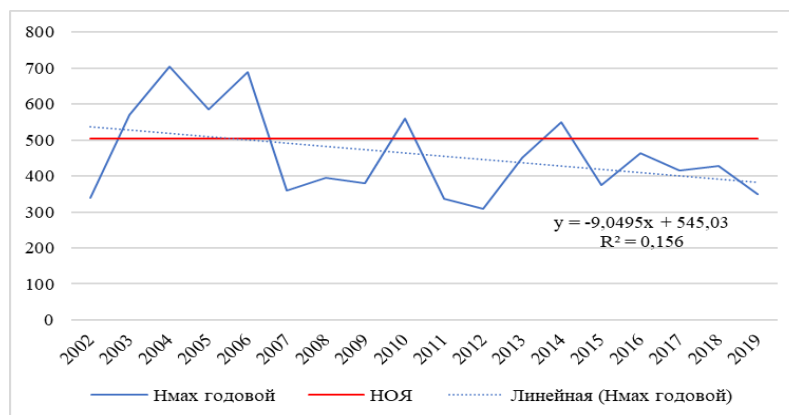


Рис. 19. Динамика максимальных годовых уровней воды ($H_{\max \text{ годовой}}$) и их соотношение с уровнем наступления ОГЯ ($H_{\text{оя}}$), гидропост Артыбаш (оз. Телецкое)

На р. Бия в районе с. Турочак за анализируемый период наблюдался один подъём уровня воды, превышающий критический – в 2014 г. В последние годы наблюдается тенденция к снижению уровней воды и соответственно уменьшению вероятности возникновения ОГЯ (рис. 20).

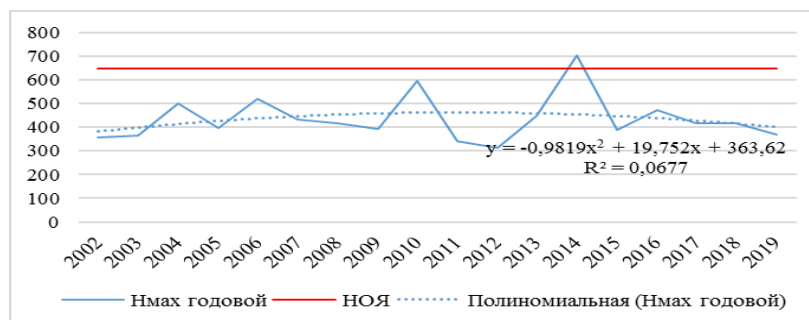


Рис. 20. Динамика максимальных годовых уровней воды ($H_{\max \text{ годовой}}$) и их соотношение с уровнем наступления ОГЯ ($H_{\text{оя}}$), гидропост Турочак (р. Бия)

На р. Кокса близ с. Усть-Кокса максимум 2014 г. не достиг критического уровня, последнее такое повышение было зафиксировано в 2004 г. Видимо с этим связана тенденция к увеличению максимальных годовых уровней воды в последние годы (рис. 21).

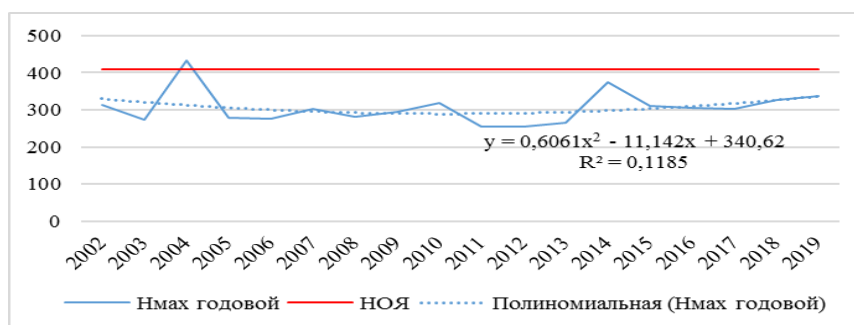


Рис. 21. Динамика максимальных годовых уровней воды ($H_{\max \text{ годовой}}$) и их соотношение с уровнем наступления ОГЯ ($H_{\text{оя}}$), гидропост Усть-Кокса (р. Кокса)

Вероятность повторения паводка, аналогичного (1928, 1969, 2014 гг.) оценивается (на гидропостах):

- для р. Бия как 1 раз в 52-200 лет (расчетная обеспеченность 3,4-0,6%);
- для р. Катунь – 1 раз в 20 лет (обеспеченность 5,2 %);
- р. Чарыш – 1 раз в 96 лет (1 %).

Риск паводковых наводнений может усилиться в текущих условиях глобальных климатических изменений. Существуют прогнозы [2] о повышении вероятности опасных наводнений при высоких половодьях и паводках, а также опасности активизации русловых деформаций и сопряженных с ними негативных гидрогенных процессов.

В частности, особую роль играет режим увлажнения (обилие осадков в сезон, аномально высокие суточные осадки и т.д.), способный активировать опасные явления, обусловленные деятельностью водных потоков. К примеру, ЧС федерального значения на территории Республики Алтай в 2014 г. обусловлена аномально большими дождевыми осадками в пик половодья на основных реках.

Суточными максимумами осадков были вызваны такие опасные явления, как русловые деформации в береговой зоне горных рек, селевые явления в высокогорье. В частности, прорыв плотины и разгрузка озера Маашей в июле 2012 г. обусловлена интенсивными дождями в горах Юго-Восточного Алтая 12-15 июля. Крупный сель по р. Курайка в 2012 и в 2013 гг. также вызван аномальными дождевыми паводками.

Низкая межень – понижение уровня воды ниже проектных отметок водозаборных сооружений и навигационных уровней на судоходных реках в конкретных пунктах в течение не менее 10 дней. Низкие уровни воды на реках региона наступают в летне-осенний периоды, минимальные значения достигаются в зимний сезон.

В эти периоды реки получают питание преимущественно за счет грунтовых вод и атмосферных осадков. Дополнительным фактором снижения уровней воды может также быть повышение температуры воздуха, влияющее на испарение с водной поверхности.

За период 1991-2021 гг. критические уровни понижения воды наблюдались только на р. Бия (гидропост Турочак) (16 случаев). Падение уровня воды составляло в разные годы от 9 до 100 см.

В целом во временном ряду режима увлажнения можно выделить периоды с обильным (1999, 2009, 2016 гг.) и недостаточным количеством осадков относительно нормы (1998, 2003, 2011, 2017) (рис. 11). Как правило, в эти годы наблюдается активизация опасных явлений, обусловленных деятельностью водных потоков.

К примеру, ряд опасных явлений обусловлен дождевыми паводками, нередко вызываемыми аномально высокими суточными осадками. К примеру, ЧС федерального значения на территории Республики Алтай в 2014 г. обусловлена аномально большими дождевыми осадками в пик половодья на основных реках.

Суточными максимумами осадков были вызваны такие опасные явления, как русловые деформации в береговой зоне горных рек, селевые явления в высокогорье. В частности, прорыв плотины и разгрузка озера Маашей в июле 2012 г. обусловлена интенсивными дождями в горах Юго-Восточного Алтая 12-15 июля. Крупный сель по р. Курайка в 2012 г. и в 2013 г. также вызван аномальными дождевыми паводками.

Подводя итог оценки динамики изменения климатических характеристик и опасных явлений на территории Республике Алтай в период 1960-2021 гг. можно сделать следующие основные выводы:

- изменение солнечной радиации на территории региона минимальное на уровне ее естественной изменчивости;
- в целом среднегодовая температуры воздуха на территории региона относительно базовой климатической нормы повысилась на 1,0°C;
- по сезонам года наиболее интенсивно на 1,1°C повысилась средняя температура зимнего и весеннего периодов;
- в пространственном отношении максимальное повышение температуры воздуха на 1,4°C характерно для Юго-Восточного Алтая (Кош-Агач), минимальное на 0,7°C для Северо-Западной части региона (Чемал, Усть-Кан);
- годовое количество осадков на территории региона изменилось несущественно в пределах 8%, но произошло более существенное их перераспределение в течение года;
- сумма осенних осадков повысилась в среднем на 13%, максимум ГМС Кош-Агач – 34%, ГМС Чемал – 21%, исключение составляет ГМС Улаган – снизилось на 10%, что, вероятнее всего, связано с "изолированностью" территории Восточного Алтая от влагонесущих циклонов;
- тенденции изменения суммы зимних осадков сменяются с отрицательных на положительные при движении из центра региона к его границам: ГМС Шебалино – (-25%), ГМС Кош-Агач – (+21%), ГМС Усть-Кан – (+6%) и ГМС Турочак – (+2,8%).
- изменения режима осадков на территории региона связаны с повышением температуры воздуха, о чём свидетельствуют обратные корреляционные связи между этими показателями, а также особенностями местных циркуляций изменяющихся с учётом особенностей рельефа на фоне более глобальных процессов перестройки атмосферных циркуляций;
- для ветрового режима котловин характерна тенденция снижения скорости ветра во все сезоны года, в высокогорье и в долинах рек скорость ветра снижается в холодный период и увеличивается в тёплый период;
- ветровые явления (очень сильные и ураганные ветра, а также сильные метели) на территории региона характеризуются наибольшей повторяемостью среди ОЯ, но проявлены локально в пределах высокогорья, на остальной территории повторяемость не более 1 случая в год;
- максимальное количество случаев ОМЯ (без учёта ветровых явлений) в год отмечались на метеостанциях Яйлю – 40, Турочак – 27, Кызыл-Озёк и Кош-Агач по 23 случая;
- наиболее частыми опасными явлениями (без учёта ветровых явлений) в северных районах были очень сильные дожди и ливни, на юго-востоке (Кош-Агачский район) морозы ниже -41°C;
- за период 1998-2020 гг. отмечено два периода с высокой частотой возникновения опасных метеорологических явлений с 1998 г. по 2008 г. (11 лет) и с 2013 г. по 2020 г. (8 лет), которые разделены коротким 4-х летним периодом с низкой частотой ОМЯ, это, вероятнее всего, свидетельствует о наличии цикличности периодов роста и снижения активности опасных явлений, однако для подтверждения необходима более длительная динамика наблюдений;

– во временном ряду режима увлажнения можно выделить периоды с обильным (1999, 2009, 2016 гг.) и недостаточным количеством осадков относительно нормы (1998, 2003, 2011, 2017), которые, как правило, совпадали с активизацией опасных явлений связанных с водным режимом. В частности, из-за обильных дождей, с аномально высоким суточным количеством осадков, выпавших на фоне пика половодья по основным рекам в 2014 г. в Республике Алтай случилось ЧС федерального значения;

– предварительно можно говорить, что изменения в режимах основных климатических параметров приводят к изменению (пока несущественному) гидрологического режима на реках Республики Алтай.

5. Изменения объектов окружающей среды на территории Республики Алтай, обусловленные изменениями климатических характеристик. Динамика и прогноз состояния

5.1. Деградация многолетнемерзлых пород, засоление почв, опустынивание

Многолетнемерзлые породы (ММП). В связи с потеплением серьезную опасность может представлять деградация многолетнемерзлых грунтов, которые также называют многолетней мерзлотой.

Климатообусловленные изменения многолетнемерзлых пород могут проявляться в увеличении их температуры, мощности сезонно-талого слоя и изменения (снижения) несущей способности, что оказывает негативное воздействие на устойчивость сооружений и может приводить к их разрушению. Проблема еще более обостряется на застроенных территориях криолитозоны, где инженерно-техническое воздействие приводит к изменению условий тепло- и массообмена, физических, тепловых и механических свойств мерзлых грунтов, что приводит к активизации опасных криогенных процессов и развитию массовых деформаций зданий и сооружений.

К геокриологическим процессам относятся экзогенные геологические процессы, обусловленные сезонным или многолетним промерзанием и оттаиванием грунтов и подземных вод, приводящие к изменениям в геологической среде. К таким процессам относятся криогенное пучение, криогенное растрескивание, термокарст, термоэрозийные процессы, криогенное оползание, наледообразование.

В России около 65% территории расположено в зоне распространения многолетнемерзлых пород. На территории РА они распространены достаточно широко, основной закономерностью развития многолетнемерзлых толщ является высотная поясность [25].

Пояс I – высокогорные области (выше отметок 2200 м) сплошного распространения ММП, для которых характерны среднегодовые температуры пород (на глубине 1 м) ниже $-0,4^{\circ}\text{C}$ и малый диапазон их изменения ($4,2^{\circ}\text{C}$).

Пояс II – среднегорные области (от 2200 до 1500 м) с ландшафтами межгорно-котловинных и среднегорных типов, с прерывистым, чаще островным, распространением многолетнемерзлых пород. Среднегодовая температура пород на глубине 1 м варьирует от $+4,0$ до $-1,1^{\circ}\text{C}$, а диапазон изменения среднегодовой температуры составляет $5,1^{\circ}\text{C}$. Эти области являются переходными от многолетнего к сезонному промерзанию горных пород.

Пояс III – области низких гор (ниже абсолютных высот 1500 м) с отсутствием многолетнемерзлых пород, а в некоторых случаях (ниже 0.5 м) и сезонномерзлого слоя. Среднегодовая температура пород (на глубине 1 м) здесь почти повсеместно более $+2,0^{\circ}\text{C}$.

Характер распространения ММП по площади в целом подчиняется природной зональности. В южной части республики, при низких температурах воздуха, ММП имеют преимущественно сплошное (90–100% площади) распространение (рис 22). Сквозные и несквозные талики развиваются только под крупными водоемами или в местах усиленной циркуляции подземных вод. По мере продвижения на север площадь таликов увеличивается, распространение ММП становится прерывистым (мерзлые участки занимают 50–90% площади), еще дальше к северу доля таликов становится преобладающей, а распространение мерзлых пород приобретает островной (10–50%) и сезонный характер ($< 10\%$).

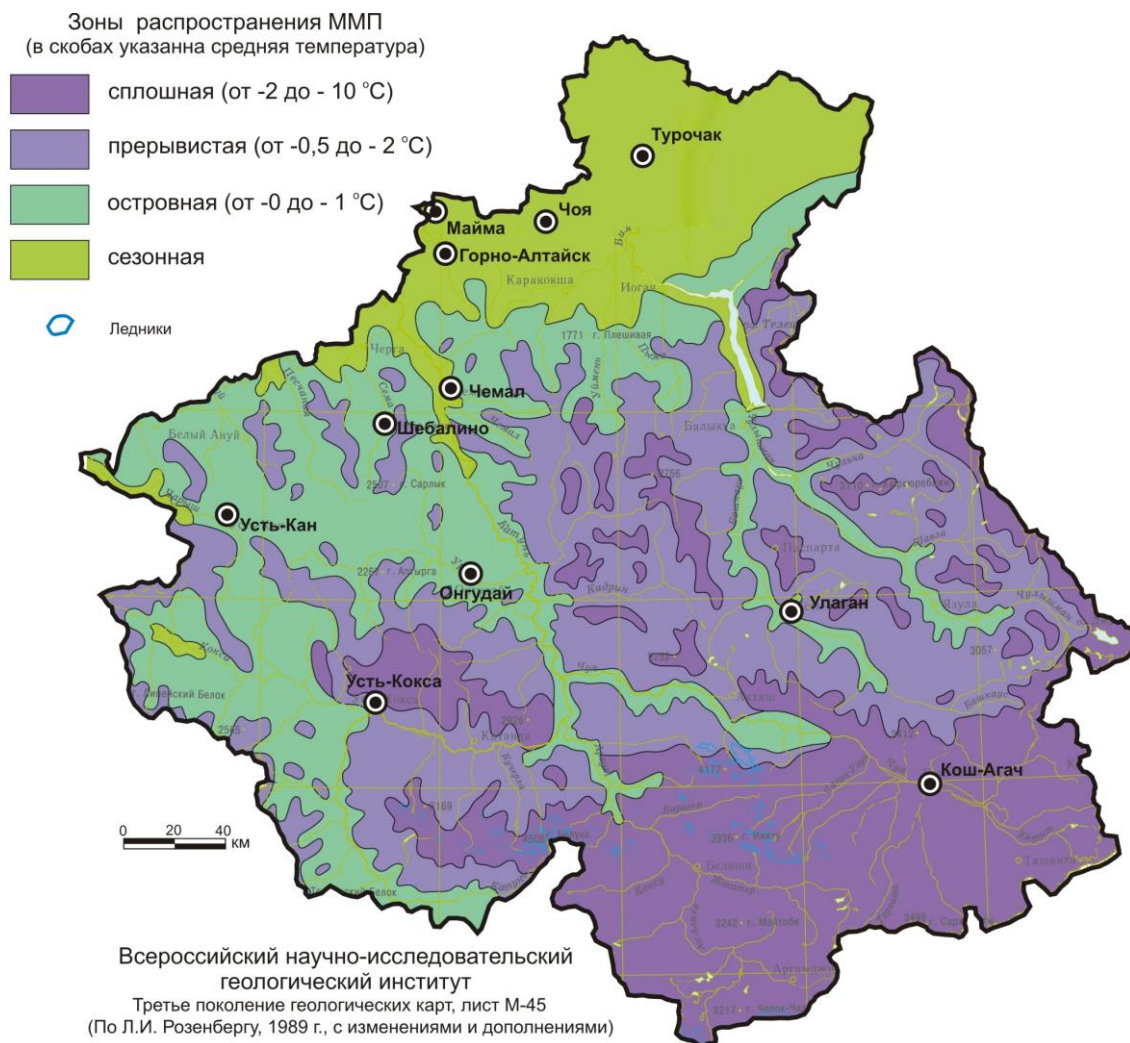


Рис. 22. Схема распространения многолетнемерзлых пород Республики Алтай

Мощность криолитозоны в целом коррелируется с длительностью промерзания пород и связывается с приуроченностью местности к тому или иному высотному геокриологическому поясу. В поясе островного распространения многолетнемерзлых пород их мощность варьирует от 6 до 90 м, прерывистого распространения – 50-160 м, сплошного распространения – 80-600 м [101].

Значительная область распространения ММП проявлена в Кош-Агачском районе, где большая часть населенных пунктов расположена в пределах Чуйской высокогорной впадины с абсолютными отметками поверхности 1750-1900 м. Большая продолжительность и суровые температурные условия зимнего периода года, практически полное отсутствие снежного покрова вследствие крайне сухого климата, угнетенная растительность, полупустынные ландшафты и каменистые почвы Чуйской впадины, значительная мощность делювиальных, коллювиальных, пролювиальных, флювиогляциальных, озерных и аллювиальных отложений – все это характеризует ее как территорию с предпосылками устойчивого сохранения и развития многолетней мерзлоты.

В настоящее время, опираясь на современные данные о ММП в регионе, принято считать, что Кош-Агачский район, куда территориально входит Чуйская впадина, представляет собой зону островной и сплошной многолетней мерзлоты с окнами талых пород,

приуроченных к низким пойменным равнинам рек, днищам современных озер, к заболоченным, часто замкнутым понижениям рельефа.

Максимальные значения многолетней мерзлоты зафиксированы в с. Кош-Агач (66 м), в его окрестностях (75 м), в с. Тобелер (45 м), близ с. Чаган-Узун (60 м). В Курайской впадине максимальная мощность многолетней мерзлоты составляет 22 м. Верхняя ее граница залегает на глубине 3-12 м, в зависимости от литологического состава и обводненности пород деятельного слоя. Максимальная глубина сезонного протаивания характерна для скальных пород (до 12 м), минимальная – для крупнообломочных грунтов (1-4 м).

Об особенностях грунтов в пределах 0-20 м можно судить по данным изыскательских скважин, пробуренных в с. Кош-Агач в конце семидесятых годов прошлого века. Геологический разрез представлен двумя толщами:

1. Зона сезонного промерзания и оттаивания. В естественном состоянии это сезонноталые, талые и сезонномерзлые грунты, представленные преимущественно гравийными отложениями с песчаным, либо суглинистым заполнителем, с многочисленными прослоями и линзами суглинков, супесей, песков. Влажность пород зависит от естественного состояния пород: для сезонноталых и талых грунтов характерны текучепластичные и текучие насыщенные водой состояния грунта, для сезонномерзлых – маловлажные и твердомерзлые состояния. Глубина зоны сезонного промерзания и оттаивания колеблется от 2,5 м до 5,6 м. Температура талых грунтов по данным геотермических измерений колеблется от $-6,6^{\circ}\text{C}$ в январе до $+0,2^{\circ}\text{C}$ в мае. Температура грунтов в зоне неслившейся мерзлоты колеблется от 0° до $+0,2^{\circ}\text{C}$.

2. Зона многолетнемерзлых грунтов. В естественном состоянии это многолетнемерзлые твердомерзлые преимущественно песчаные отложения с массивной, либо слоистой криотекстурой, с линзами и прослоями супесей и суглинков. Верхняя граница многолетней мерзлоты вскрыта скважинами на глубине 3,7-6,5 м. Нижняя граница многолетнемерзлых пород скважинами глубиной до 20 м, как правило, не вскрывается. В редких случаях по геологическим данным она фиксируется на глубине 8,4-10,5 м, геофизическими методами на отдельных участках нижняя граница мерзлоты отбивается на глубине 13-18 м. Температура на глубине 10 м (условно принятой подошве слоя годовых колебаний температур) колеблется в интервале от $-0,2^{\circ}$ до $-1,8^{\circ}\text{C}$. На участках развития многолетнемерзлых суглинков, супесей и пылеватых песков наблюдается устойчивый температурный режим $-0,5^{\circ}$ - $1,8^{\circ}\text{C}$, весьма благоприятный для строительства. Напротив, в средне-, крупнозернистых и гравийных песках температурный режим близок к 0°C ($0,2^{\circ}\text{C}$), что говорит о неустойчивом характере температуры.

Для зон распространения многолетнемерзлых пород характерно широкое распространение надмерзлотных подземных вод. В пределах Чуйской впадины надмерзлотные воды представлены водами деятельного слоя и водоносными горизонтами несплошных подрусовых и прирусовых таликов. Воды деятельного слоя распространены спорадически и приурочены к слою сезонного оттаивания, который существует с апреля (начало оттаивания) по октябрь (начало промерзания). Водоупорным основанием для этих вод является верхняя поверхность многолетнемерзлых пород, либо местные водоупоры (линзы и прослои суглинистых осадков). Для вод характерно чередование в годовом разрезе напорного и безнапорного режима фильтрации, что обуславливается криогенным промерзанием пород деятельного слоя сверху вниз вплоть до полного сливания с многолетней мерзлотой в зим-

ний период года. Уровень надмерзлотных вод в зависимости от времени года имеет значительные отклонения – от 0 до 3,5 м. Максимальный уровень вод наблюдается в начальный период промерзания (сентябрь, октябрь) и весной (апрель, май), минимальный – летом (июль). В период наибольшего промерзания (декабрь, январь, февраль) воды деятельного слоя нередко отсутствуют в скважинах, либо имеют минимальный уровень, как и летом.

Температурные параметры в годовом цикле, в весеннее и летнее времена года показывают стойкие тенденции к повышению средних температур относительно средних многолетних значений. При этом отмечаются стойкие тенденции к росту этих отклонений в многолетнем плане. Наиболее контрастные отклонения зафиксированы в весеннее и летнее время в период 2015-2021 гг. (+1,3°C) относительно многолетних норм. Рост средних температур весеннего периода 2015-2022 гг. относительно показателей 2001-2007 гг. составил +0,8°C, рост средних температур летнего периода +0,4°C соответственно.

Очевидно, что температурный режим отражается на процессах, развивающихся в подошве деятельного слоя и в кровле многолетней мерзлоты. Глубины промерзания грунтов во временном разрезе 2001-2022 гг. заметно снизились. Максимальные глубины промерзания в период 2001-2014 гг. составляли 268-290 см, в период 2015-2022 гг. – 230 см, средние глубины промерзания – 255,7 см и 211 см соответственно. Даты полного оттаивания по мере снижения глубины промерзания также сместились со 2-3 декады июля к 3 декаде июня в последние годы.

Тенденции в температурном режиме высокогорной территории провоцируют более интенсивное прогревание пород зоны аэрации и увеличивают временной период безморозного состояния пород зоны аэрации. Это способствует усилению деградации многолетнемерзлых пород.

Опасные криогенные процессы. К опасным криогенным процессам относятся криогенное пучение, криогенное растрескивание, термокарст, термоэрозионные процессы, криогенное оползание, наледообразование. Распространенность опасных криогенных процессов определяется, в основном, регионально-геологическими и климатическими условиями территории. При этом в районах с интенсивной хозяйственной деятельностью (крупных населенных пунктов) активность и состав этих ЭГП может существенно измениться под воздействием техногенных факторов.

Термокарст – процесс неравномерного проседания почв и подстилающих горных пород вследствие вытаявания подземного льда. Происходит осадка и уплотнение оттаивающих сильнольдистых пород, иногда содержащих мономинеральные залежи льда, под действием давления оттаявшего слоя, когда внутригрунтовая влага отжимается на поверхность или дренируется водоносным горизонтом. Осадка пород происходит при их размокании в условиях избыточного увлажнения или путем вытеснения воды и просадки блоков, прослоев пород в трещины и полости, прежде заполненные льдом.

Массивы подземных льдов и термокарст в Республике Алтай в основном приурочены к высокогорью, к горному обрамлению и днищам Чуйской и Курайской впадин, а также к надпойменным террасам местных водотоков и фрагментам озерно-аллювиальных равнин. Картировочными признаками термокарстовых процессов служат многочисленные замкнутые западины изометричной формы, нередко с концентрическими трещинами отседания. А результатом развития термокарстовых процессов являются термокарстовые озера, в изобилии наблюдающиеся в днище Чуйской впадины.

Нестабильность состояния многолетней мерзлоты в условиях увеличения годовой температуры воздуха, в первую очередь, сказывается на распространении озер, имеющих термокарстовое происхождение. Дешифрирование аэрофото- и космоснимков территории Кош-Агачского района за полувековой промежуток доказывает, что наряду с усыханием и исчезновением ряда термокарстовых озер, в целом прослеживается тенденция расширения акваторий более старых и появление новых водоемов. В целом суммарная площадь озер увеличилась на 30-50% [7].

На селитебной территории Кош-Агачского района проявления термокарста зачастую тесно связаны с процессами криогенного подтопления и криогенного пучения грунтов. В таких населенных пунктах, как Кош-Агач, Тобелер, Мухор-Тархата, Бельтир фиксируются случаи подтопления надмерзлотными водами, что приводит к образованию наледей, а при "сухом" варианте мерзлоты – к образованию термокарстовых просадок поверхности, либо к криогенному пучению грунтов. Криогенное подтопление связано непосредственно с активизацией миграционных процессов надмерзлотных вод деятельного слоя в зимний период года. Надмерзлотные воды в процессе зимнего промерзания деятельного слоя приобретают местный криогенный напор и по ослабленным таликовым зонам, возникшим искусственным путем, разгружаются на дневную поверхность в виде наледей.

При "сухом" варианте многолетней мерзлоты криогенные процессы нередко вызывают термокарстовые просадки поверхности под жилыми зданиями, либо пучение грунтов, вызывающее деформации зданий и сооружений. Возведение жилых домов без учета особенностей строительства в условиях многолетней мерзлоты является теплофизическим фактором, меняющим термический режим грунтов. Просадки поверхности вызывают образование трещин и щелей в стенах, крен стеновых перекрытий, иногда происходит полное разрушение домов. Наибольшее развитие криогенные процессы, вызывающие просадки и пучение грунтов, получили в полях развития преимущественно глинистых пород, обладающих высокой степенью льдистости. К таковым относятся суглинки, супеси, крупнообломочные отложения с суглинистым заполнителем [22].

Борьба с термокарстом, криогенным подтоплением и криогенным пучением грунтов подразумевает комплекс мероприятий, направленный на предохранение многолетнемерзлых пород и подземных льдов от протаивания при строительстве и эксплуатации сооружений. В комплекс защитных мероприятий входит предпостроечное оттаивание мерзлых льдистых оснований, дренаж территорий, устранение термического воздействия на грунты в пределах построек.

Наледеобразование. В пространственном отношении развитие и активизация наледей на территории Республики Алтай приурочено, в основном, к среднегорной и высокогорной территории Центрального и Юго-Восточного Алтая, административно связанной с Усть-Канским, Онгудайским, Усть-Коксинским, Улаганским, Кош-Агачским районами. Значительно реже наледные процессы развиваются в низкогорных районах республики. Как показывают ретроспективные данные, наледные процессы занимают второе место по степени негативного воздействия на населенные пункты и хозяйственные объекты после процессов береговой эрозии и паводкового подтопления. Около 20% населенных пунктов республики испытывают периодически негативное воздействие наледных процессов, которые зачастую вызывают чрезвычайные ситуации локального масштаба, вызывающие нарушение жизнедеятельности людей [20].

В орографическом отношении наибольшее число наледей (75%) характерно для среднегорной зоны республики в орографическом интервале высот 800-2000 м. Значительно реже наледи развиваются в 2000-2500 м. Как правило, распространение наледей ограничивается в орографическом отношении верхней границей леса.

Рост наледей начинается в ноябре-декабре. Наиболее интенсивное развитие наледей связано с условиями их питания и происходит во второй половине зимы. Период максимальной активизации, зафиксированный на территории республики – январь-март. Процесс деградации наледи начинается в апреле и заканчивается в мае-июне.

Подавляющее число наледей имеет гидрогенный генезис и приурочено к долинам малых рек с длиной водотока не более 50 км, редко 50-100 км. Ряд наледей образованы на участках выхода подземных вод, в том числе на участках развития криогенно-напорных источников сезонного характера и имеют типичный геогенный генезис.

Для борьбы с наледями обычно применяются следующие меры: общий дренаж территории, заградительные сооружения и подъём насыпей, утепление, углубление, спрямление и расчистка русла водотоков.

Склоновые криогенные процессы (криогенное оползание). Криогенный оползень – сползание массы грунта по криогенному водоупору вниз по склону под действием различных факторов (температура горных пород и воздуха, влажность, литологический состав, льдистость, снежный покров, растительность, крутизна, экспозиция). Специфика криогенного оползания, в отличие от склоновых процессов за пределами криогенной области, заключается в наличии криогенного водоупора в подошве сезонно-талого слоя, а также сильнольдистых пород и залежеобразующих льдов ниже его. Криогенные оползни являются опасными геокриологическими процессами и могут нанести значительный ущерб населенным пунктам, транспортным объектам и хозяйственной инфраструктуре.

Основными материалами для оперативного определения криогенных оползаний являются аэрофото- и космоснимки. Анализ материалов дистанционного зондирования показывает, что охват территории республики за последние годы был неравномерным, в основном исследованы районы Чуйской и Курайской впадин.

Базой для прогноза развития криогенных форм рельефа, связанных с залежеобразующими льдами, может служить карта распространения таких льдов. Однако на данный момент для территории РА, в частности для Кош-Агачского района таких данных нет.

С 1998 года на территории Республики Алтай осуществляется государственный мониторинг опасных экзогенных геологических процессов (ЭГП). В последние годы мониторинговые исследования ЭГП производит Горно-Алтайское отделение Филиала "Сибирский региональный центр ГМСН" ФБГУ "Гидроспецгеология" (до 2018 г. мониторинговые работы проводил Территориальный центр ГМСН "Алтайгеомониторинг" АО "Алтай-Гео"). Одна из задач государственного мониторинга ЭГП – оценка региональной активности и динамики опасных ЭГП, а также прогноз их развития.

Горно-Алтайским отделением филиала "СРЦ ГМСН" в пределах Кош-Агачского района в настоящее время ведутся мониторинговые наблюдения на 4 пунктах наблюдений, в пределах которых зафиксировано более 100 современных криогенных оползней,

образованных в последние 25 лет. Подавляющее большинство криогенных оползней относится к покровным структурам с глубиной захвата пород 1-3 м, лотком транзитного оползания в которых служит поверхность сезонного промерзания – оттаивания, либо кровля многолетнемерзлых пород. Об этом говорят многочисленные выходы многолетнемерзлых пород в подошве уступов и на дне трещин растяжения – сдвига. В крайне редких случаях стенки отрыва современных криогенных оползней достигают высоты 5-15 м, в ступенеобразных уступах, в которых вскрываются многолетнемерзлые породы и линзы льда на глубине 1,5-3 м от дневной поверхности. Вскрытые оползневыми процессами линзы многолетнемерзлых пород испытывают ускоренный процесс деградации, что выражается в активном отступании надоползневого уступа и расширении оползня вверх по склону. Скорости отступления таких уступов достигают 10-25 м/год.

С точки зрения оценки климатического риска, проявляющегося через активизацию оползневых процессов, наиболее опасными представляются оползни, развивающиеся на территории Кош-Агачского района. Для отражения многолетних тенденций оползнеобразования в высокогорной зоне Республики Алтай во временном разрезе период наблюдений 2001-2022 гг. условно разбит на 3 равных этапа: 2001-2007 гг., 2008-2014 гг., 2015-2022 гг. Первый этап поделен на два коротких отрезка, включающих в себя время, охватывающее форшоковый и активный афтершоковый процессы Чуйского землетрясения (2001-2004 гг.) и период относительного затишья сейсмической деятельности (2005-2007 гг.). Характерные параметры оползней и параметры основных режимобразующих факторов по этапам отражены в таблице 16.

Табл. 16. Тенденции в развитии оползневых процессов на территории РА в 2001-2022 гг.

Критерии оценки	2001-2007 гг.		2008-2014 гг.	2015-2022 гг.
	2001-2004	2005-2007		
Параметры оползней				
Число образовавшихся оползней в период	58	6	10	28
Диапазон площадей оползней, м ²	100-24200	250-1700	1280-5500	200-41000
Диапазон глубины захвата пород, м	2-7	1-3	1-6	2-15
Максимальная длина оползней по смещению, м	200	80	180	575
Максимальная энергия рельефа, м	125	15	45	175
Категория опасности максимального по размерам оползня по СП 115.13330.2016	опасные	умеренно опасные	умеренно опасные	весьма опасные
Режимобразующие факторы				
Средняя годовая температура в период, град.	-3,6		-4,1	-3,3
Средняя весенняя температура в период, град.	+4,0		+4,2	+4,8
Средняя летняя температура в период, град.	+14,0		+14,1	+14,4
Диапазон глубин промерзания на 01.01. в период, см	216-268		219-290	190-230
Средняя глубина промерзания на 01.01 в период, см	н.д.		255,7	211,0
Сейсмическая активность, кол-во событий в период	442	49	134	278
Число событий магнитудой более 5 в период	14	–	4	4
Число событий магнитудой более 4 в период	70	5	15	34

Примечание: Средние многолетние температуры за период 2001-2022 гг.: -4,3°C – годовая, +3,5°C – за весенний период, +13,1°C – за летний период

Начиная с 2015-2017 гг. в горном обрамлении западной части Чуйской впадины наблюдается активизация оползневых процессов, выраженная в образовании новых криогенных оползней с высокими ступенеобразными стенками отрыва, большой глубиной захвата пород и, как правило, с элементами не только скольжения, но и течения разжиженных рыхлых пород. Данный факт говорит о процессах деградации многолетнемерзлых пород на границе их слияния с деятельным слоем.

Последний этап активизации характеризуется качественно иными параметрами оползневых структур, что отражается и в оценке их уровня опасности. Площади максимальных по размерам оползней на последнем этапе активизации составили 35-41 тыс. м², глубина захвата – 15 м.

Если в периоды затишья развивались умеренно опасные оползни, в период Чуйского землетрясения – опасные оползни, то последний период 2015-2021 гг. характеризуется образованием весьма опасных оползней, развитие которых приходится на 2017-2022 гг.

Криогенное пучение – это увеличение объема влажного грунта вследствие его промерзания. Больше всего морозному пучению подвержены глинистые грунты, песчаные грунты подвержены пучению гораздо меньше, каменные и скальные – практически не подвержены. Неглубокое залегание ММП и связанные с ними воды слоя сезонного протаивания способствуют широкому развитию процессов пучения грунтов. В результате этого процесса образуются бугры пучения и самые различные формы бугристого микрорельефа. Одной из форм пучения является выпучивание каменного материала.

В юго-восточной части Республики Алтай бугры пучения являются распространенным явлением. Отмечаются бугры двух генераций: однолетние и многолетние, наиболее широко развитые в заболоченных верховьях речных долин и суглинистых заторфованных отложениях, а также на заболоченных и замшелых участках террас и водоразделов. Сезонные бугры пучения высотой 0,5–0,8 м и диаметром 1–2 м приурочены, в основном, к участкам избыточного увлажнения – тыловым швам террас, русловым участкам ручьев и рек, водораздельным седловинам, заболоченным склонам и др. Ядрами бугров являются многочисленные линзы и прослойки льда. Многолетние бугры пучения единичны, обычно достигают высоты 5 м и диаметра 15–25 м, приурочены к местам разгрузки трещинно-жилых и других подземных вод [24]. Наиболее крупные поля бугров пучения находятся в центральной части Чуйской впадины, в районе с. Тобелер.

Значимыми факторами, определяющими величину степени пучинистости при промерзании грунтов, являются глубина и скорость промерзания. Они зависят от значений отрицательной температуры наружного воздуха в зимний период, от продолжительности зимнего периода, от толщины и плотности снегового покрова, теплопроводности грунта, интенсивности воздействия солнечной радиации, от смен холодной погоды на оттепели.

На территории РА в зависимости от погодных условий процессы вспучивания проявлены по-разному, наиболее значимо морозное пучение в условиях длительных низких температур и отсутствия снежного покрова проявлено в Кош-Агачском районе.

Действие криогенного пучения грунтов приводит к выпучиванию фундаментов, ухудшает условия эксплуатации и укорачивает сроки службы зданий и сооружений, вызывает их повреждения и деформации. Это приводит к большим затратам на ремонт повреждений и неудобствам в эксплуатации (перекошенные и заклинивающие двери и воро-

та, лопнувшие стекла в окнах, трещины в стенах и фундаментах и др.).

Основными методами борьбы с криогенным пучением в населенных пунктах являются: замена грунта на непучинистый, снижение влажности грунта (искусственное снижение уровня грунтовых вод, дренаж), подъем участка строительства за счет отсыпки грунтом (вертикальная планировка), утепление грунта вблизи фундаментов отапливаемых сооружений и др.

Территория Республики Алтай в инженерно-геокриологическом отношении изучена довольно слабо. На территории Чуйской впадины геокриологические особенности целенаправленно никогда не изучались. Краткая характеристика особенностей многолетней мерзлоты в пределах котловины приводится в ряде гидрогеологических, геологических и инженерно-геологических отчетов. В прикладном аспекте многолетнемерзлые грунты изучались в рамках инженерно-геологических обследований, проводимых проектными организациями в разные периоды для обоснования проектов под строительство инженерно-хозяйственных объектов. Именно в этих работах отмечаются негативные явления, сопровождающие строительство и эксплуатацию объектов, вызванные активизацией экзогенных геологических процессов геокриологического ряда.

В разное время проблемами многолетней мерзлоты в регионе занимались Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН и ТГУ. В настоящее время работы по изучению особенностей ММП проводятся Институтом мерзлотоведения СО РАН. Им были начаты работы по созданию системы мерзлотно-геотермического мониторинга в Центральном Алтае. Совместно с сотрудниками Института водных и экологических проблем СО РАН, Алтайского государственного университета, Горно-Алтайского государственного университета, Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН проводятся геокриологические исследования в Центральном и Южном Алтае.

Термодинамические параметры существования ММП определяются, прежде всего, климатическими условиями, а также особенностями теплообмена горных пород в зависимости от высоты и широты местности. Сотрудниками Института мерзлотоведения СО РАН в 2014-2015 гг. организована наблюдательная сеть геотермического мониторинга, состоящая из скважин глубиной до 1 м и одной скважины глубиной 5 м. На глубине до 1 м температура грунта варьировалась от $+1^{\circ}\text{C}$ до $-3,9^{\circ}\text{C}$ [25].

Температура многолетнемерзлых пород на глубине 10 м колеблется в интервале от $-0,2^{\circ}$ до $-1,8^{\circ}\text{C}$. На участках развития многолетнемерзлых суглинков, супесей и пылеватых песков наблюдается устойчивый температурный режим состоящий $-0,5$ – $(-1,8^{\circ}\text{C})$.

Исследование температуры на разных глубинах показывает, что вслед за современным повышением температуры воздуха происходит переформирование термического режима почвогрунтов. Учеными обнаружено, что в период с 1961 г. по настоящее время на территории Западной Сибири происходит повышение температуры почвогрунтов с темпом $0,05$ – $0,08^{\circ}\text{C}/\text{год}$, что привело к переходу среднегодовой температуры почвы на глубине 160 см через 0°C в сторону положительной температуры [100].

Мониторинг термоскважин ИМКЭС СО РАН на территории Юго-Восточного Алтая за период 2009-2019 гг. показал, что на глубине до 3 м произошло потепление на $0,3$ – $0,4^{\circ}\text{C}$, на глубине 3,5-4 м на $0,8$ – $0,9^{\circ}\text{C}$ и устойчивое увеличение мощности слоя сезонного оттаивания [44].

В настоящее время имеется большое количество геокриологических моделей, от

упрощенных полуэмпирических, позволяющих рассчитывать лишь некоторые интегральные характеристики многолетней мерзлоты, такие как средняя годовая и сезонная температура и глубина сезонного протаивания, промерзания, до сложных динамических моделей тепло и влагообмена почвы и атмосферы. На их основе разработаны программные комплексы (Frost 3D, Борей 3D и др.), которые позволяют получать научно-обоснованные прогнозы тепловых режимов многолетнемерзлых грунтов при различных условиях.

Исходя из изменений основных параметров многолетней мерзлоты в условиях будущего климата, можно сделать вывод: увеличение температуры воздуха будет способствовать повышению температуры многолетнемерзлых почвогрунтов и более глубокому сезонному протаиванию. На периферийных участках по достижении критической глубины протаивания произойдет отрыв мерзлых толщ от поверхности, многолетняя мерзлота перейдет в реликтовую форму, над ней образуется талый слой, толщина которого со временем будет увеличиваться, и над этим слоем возникнет слой сезонного промерзания. В результате произойдет сокращение площади распространения приповерхностной многолетней мерзлоты.

Данные наблюдений последних лет указывают на то, что реальная картина может заметно отличаться от описанной выше за счет влияния снежного покрова, растительности, гидрологических, почвенных и многих других факторов [3]. Большинство прогнозов состояния многолетней мерзлоты не учитывают изменения этих факторов, в результате чего полученные оценки могут отличаться от действительности. Поэтому однозначные выводы об изменениях многолетнемерзлых пород на большой период сделать сложно.

Для минимизации процессов воздействия многолетнемерзлых грунтов на хозяйственные объекты необходимо проводить инженерные изыскания для строительства с замерами температуры в скважинах и обязательным теплотехническим расчетом.

Также в текущих условиях в пределах МО "Кош-Агачского район" крайне важно вести регулярный мерзлотно-геотермический мониторинг на нескольких площадках для выявления потенциально опасных природных процессов, по итогу которых выработать рекомендации для уменьшения негативного воздействия опасных геокриологических процессов на инженерно-хозяйственные объекты. А также необходимо проводить информирование населения о возможных угрозах.

Опустынивание, засоленность почв. Деграция земельных ресурсов, приводящих к снижению или полной потере биологической и экономической продуктивности пахотных земель или пастбищ является значимой для региона проблемой. Зачастую это связано с опустыниванием земель и обусловлено многими факторами, основными из них являются почвенно-климатические условия региона и антропогенная деятельность человека.

В Республике Алтай признаки опустынивания проявляются на территории Кош-Агачского, Улаганского, Онгудайского и Усть-Канского районов [104].

Признанным очагом опустынивания Юго-Восточного Алтая является Чуйская котловина. Это обусловлено особенностями климата – повышенная солнечная радиация, разнообразие погодных условий по временам года (чрезвычайно холодная и малоснежная зима, прохладное и сухое лето), резкие колебания суточных температур.

На территориях с низким уровнем осадков и высокой испаряемостью длительные засухи становятся одним из факторов их аридизации – комплекса процессов в приповерхностных слоях, ведущего к увеличению сухости климата и последующей деграции зе-

мель. Таким образом, аридизация представляет собой естественный обратимый процесс расширения пустынных территорий вблизи существующих пустынь и является начальной стадией опустынивания. Чаще всего аридизацию отождествляют с климатической составляющей опустынивания.

На устойчивую тенденцию наращивания темпов процессов деградации Чуйской котловины указывают индикаторы опустынивания – учащающиеся весенние пыльные бури.

В последние годы пыльные бури становятся мощнее, что, вероятно, связано, во-первых, с естественными причинами – снижением влажности почвы за счет уменьшения количества осадков в зимнее и весеннее время и увеличением испаряемости почвенной влаги, вследствие наблюдаемых тенденций повышения температуры воздуха. Во-вторых, с антропогенными причинами, в частности с прекращением орошения колхозных полей дождевальными установками, поскольку орошение способствовало увеличению влажности, как почвы, так и воздуха [105].

Пыльные бури представляют опасность сами по себе, но не меньшая опасность заключается и в том, что они, перенося с собой солончаковую пыль с солями, способствуют дальнейшему усилению опустынивания, засоляя почву.

В Чуйской котловине горные светло-каштановые, каштановые, темно-каштановые, часть лугово-каштановых, горно-лугово-черноземовидных, горно-луговых и других почв засолены легкорастворимыми солями, Механический состав почв Чуйской котловины различен, и в зависимости от места расположения может быть среднесуглинистым, легкосуглинистым и супесчаным, значительно реже встречаются песчаные, тяжелосуглинистые и глинистые почвы. Общая площадь засоленных почв в среднем составляет не менее 10-15% всей территории Чуйской котловины [105].

Переотложение солей происходит с помощью воды, соли смываются на нижерасположенные участки рельефа и интенсивно накапливаются в местах испарения капиллярной влаги. Большинство растений не выдерживают засоления и выпадают из травостоя, галофиты, напротив, успешно развиваются на засоленных почвах и со временем начинают доминировать. В местах с предельно высоким содержанием солей растительность полностью погибает.

Процессы засоления относятся к естественным факторам опустынивания. Распространение и степень засоления автоморфных почв пустынь определяются, в первую очередь, наличием соленосных пород, унаследованных от прошлых эпох развития ландшафтов, не связанных напрямую с современной аридностью. Данный факт позволяет утверждать, что глобальное потепление климата не будет способствовать активному соле-накоплению в автоморфных почвах аридных регионов, за исключением районов, подверженных эоловому соленакоплению [57].

Важным индикатором опустынивания Чуйской котловины является уменьшение количества растений на единицу площади и смена видового состава растительности, что, прежде всего, связано с хозяйственной деятельностью человека.

Для Чуйской котловины можно выделить следующие основные виды антропогенных факторов, связанных с опустыниванием:

- скотоводческий (перевыпас мелкого рогатого скота);
- земледельческий (неправильно орошение с использованием удобрений);
- лесохозяйственный (вырубка древесно-кустарниковой растительности).

В экологических условиях Чуйской котловины главенствующим фактором опустынивания экосистем является перевыпас скота. Большое количество мелкого рогатого скота, появившегося в советское время в хозяйствах Кош-Агачского района, спровоцировало негативные процессы деградации пастбищ.

Для сохранения видового состава и продуктивности аридных пастбищ экологические нормы выпаса мелкого рогатого скота за сезон не могут превышать 5-6 га на 1 голову. С учетом общей площади Чуйской степи в 160 тыс. га здесь целесообразно выпасать не более 30 тыс. голов [108]. В конце 80-х годов поголовье скота на территории Кош-Агачского района достигало 67 тыс., а в 1991 г. – 63 тыс. усл. гол. В постсоветский период происходило снижение общего поголовья скота до начала 2000-х годов. Так, например, в 1998 г. поголовье скота составляло 41 тыс., а в 2001 г. – 34 тыс. усл. гол. Затем количество скота в хозяйствах начало расти, в 2005 г. оно составило 42 тыс., в 2010 г. – 53 тыс., в 2020 г. – более 64 тыс. усл. гол., что в 2 раза превышает допустимые показатели.

В Кош-Агачском районе традиционно животноводство является отгонным, зимовка проходит на открытых пастбищах с небольшой подкормкой в зимний период. Максимальный вред растительному и почвенному покрову котловины наносится в весеннее и осеннее время, когда отары коз и овец спускаются с зимних и летних высокогорных пастбищ. И без того разреженный растительный покров опустыненных степей на перегруженных пастбищах становится и вовсе ничтожным. Скот, поедая под корень растения, своими копытами повреждают корневую систему, вызывая массовую гибель растений, копыта разбивают поверхность почвы, делая ее рыхлой, легко выдуваемой ветром.

В последнее время, несмотря на ослабление аридизации климата, в некоторых районах в результате чрезмерных антропогенных нагрузок продолжилась деградация природных пастбищ. Это вызвало негативные изменения в составе растительности, деградацию и снижение продуктивности природных пастбищ, а на отдельных территориях привело к полной потере их значения как источника кормов, эрозии почв, другим неблагоприятным изменениям окружающей среды. В то же время в районах регулируемого выпаса при снижении, а в ряде случаев и в отсутствии выпаса скота на фоне увеличения влажности климата наблюдалось полное восстановление коренной растительности.

Таким образом, климатические факторы являются предпосылками, определяющими предрасположенность территории к опустыниванию, а антропогенные факторы выступают определяющими. Продолжающийся перевыпас скота, на фоне изменений климата последних десятилетий, способствует усилению опустынивания сухостепных ландшафтов и деградации почв.

Для защиты почв от пастбищной эрозии могут быть предложены следующие меры: организация загонной системы использования пастбищ, биологическая мелиорация, применение удобрений. Однако главным фактором снижения антропогенного опустынивания будет понижение чрезмерной пастбищной нагрузки за счет уменьшения выпаса скота.

5.2. Характеристика пожароопасности территории Республики Алтай

Усиление экстремальных гидрометеорологических явлений может иметь отрицательные последствия, в том числе касающиеся лесных территорий. Высокие положительные температуры, особенно на фоне недостатка влаги, вызывают ожог коры, опал шейки

корня, наносят вред древесным растениям в любом возрасте. Велика опасность комплекса таких явлений, как ураганы, сильные ветры, подтопления, которые могут привести к повреждению лесных насаждений. Кроме того, установившаяся на длительное время сухая и жаркая погода способствует возникновению лесных пожаров.

Согласно статистическим данным к наиболее распространенным причинам возникновения пожаров можно отнести следующие:

- 1) антропогенные причины, к которым относят сельскохозяйственные палы, а также неосторожное обращение с огнем населения (незатушенные костры, окурки и т.п.);
- 2) природные причины, к которым в основном относят грозу;
- 3) неустановленные причины.

По данным Главного управления МЧС России по РА, на основе многолетних наблюдений на территории региона возможно возникновение до 100 природных (лесных, торфяных, ландшафтных) пожаров ежегодно, общей площадью до 1000 га лесной территории и до 150 га не лесной территории. С учетом того, что 47% территории РА занимают леса, наиболее частыми пожарами, возникающими по природным причинам, являются лесные.

Согласно классификации фактической горимости лесов леса Республика Алтай относятся к категории низкой горимости [74].

Информация о лесных пожарах на территории Республики Алтай за последние двенадцать лет по данным Министерства природных ресурсов, экологии и туризма РА, в состав которой в настоящее время входит Авиалесоохрана, представлена в таблице 17.

Табл. 17. Информация о лесных пожарах в период 2010-2021 гг.
на территории Республики Алтай

2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Количество лесных пожаров (шт)											
36	202	185	23	71	94	10	77	51	35	38	34
Общая площадь лесных пожаров (га)											
298,10	5416,6	6779,6	270,66	880,7	2330,2	34,05	1100,8	594,1	145,4	1607,8	129,3

По изученным данным (табл. 17), количество пожаров варьируется от 10 до 202. В среднем этот показатель равен 70 пожаров. Основной пик пожаров приходится на 2011-2012 годы. Минимальная площадь лесных пожаров составляла 34 га, максимальная – 6779 га, средняя площадь лесных пожаров составила 1632 га.

В последние годы наибольшее количество возгораний происходит на лесных участках Онгудайского, Турочакского и Усть-Коксинского районов, где в основном преобладали низовые пожары.

По данным формы 7-ОИП, на землях лесного фонда в 2021 г. зафиксировано 34 возгорания, из них 16 возгораний вследствие нарушений правил пожарной безопасности в лесах, от сухих гроз 18 возгораний.

За последние 10 лет от лесных пожаров погибло 2,8 тыс. га лесных насаждений – 47% от общей площади, всех погибших лесов. Динамика гибели лесных насаждений от пожаров носит циклический характер. Среднемноголетний показатель гибели древостоев от лесных пожаров за последние 19 лет (2003-2021 гг.) составляет 367,5 га.

По данным ФБУ "Рослесозащита" по состоянию на 01.01.2022 г, на территории республики лесные насаждения, ослабленные пожарами различной давности, присутствуют на территории восьми лесничеств на общей площади 4846,91 га (табл. 18).

Табл. 18. Площадь повреждённых и погибших лесных участков на 01.01.2022 г.

Причины повреждения лесных участков	Площадь, га	В том числе по степени усыхания, га		
		4,1-10%	10,1-40%	более 40%
Лесные пожары	4846,91	287,29	1981,74	2577,88
Погодные условия и почвенно-климатические факторы	1706,89	1088,10	550,65	68,14
Повреждение насекомыми	4470,92	1394,50	2979,10	97,32
Болезни леса	7796,70	3436,70	4280,40	79,60
Антропогенные факторы	139,00	29,00	110,00	0,00
Непатогенные факторы	411,10	276,10	135,00	0,00
ИТОГО	19371,52	6511,69	10036,89	2822,94

Наибольшую площадь насаждений с нарушенной и утраченной устойчивостью в результате воздействия пожаров занимают лиственничные и кедровые, которые составляют соответственно 43,4% и 45,2% от общей площади насаждений, расстроженных лесными пожарами. Незначительную долю занимают насаждения березы, сосны, ели, пихты и осины – от 5,7% до 0,2%, соответственно. Наибольшие площади насаждений, ослабленных лесными пожарами в Онгудайском (2714,20 га) и Улаганском (991,90 га) лесничествах.

В условиях сложного горного рельефа, последствия пожара определяются его видом, интенсивностью и типом насаждения, а также высотной поясностью, ориентированностью хребтов по отношению к направлениям воздушных течений, экспозицией склона, глубиной залегания материнских пород. Именно локальные климатические режимы определяют устойчивость насаждений к пожарам, а также длительность послепожарных процессов. По этой причине встречаются участки, где относительно слабое воздействие огня приводит к сильному усыханию древостоев, вплоть до полной их гибели.

В последующие годы ожидается дальнейшее усыхание насаждений, пройденных пожарами, особенно верховыми и устойчивыми низовыми высокой и средней интенсивности. Больше всего пострадают насаждения кедра, где степень усыхания более 40%, что рано или поздно приведет к их гибели. Время усыхания напрямую зависит от погодных условий. Также известно, что кедровые насаждения, пройденные пожарами, под воздействием сильных ветров вываливаются. Особенно это характерно на северных склонах, где наблюдается близкое залегание материнских пород и неглубокий почвенный слой. Лиственничные насаждения более пожароустойчивы, но после пожаров их устойчивость к вредителям и болезням резко снижается.

Для РА характерна пространственная и временная неоднородность климатических и погодных условий, которые в совокупности с протяженностью региона, а также особенностями орографии определяют появление и вариации пожароопасных периодов.

По данным Рослесозащиты "Центр защиты леса Алтайского края" в регионе выражены три периода возникновения лесных пожаров. Первый приходится, как правило, на апрель и продолжается до середины мая, в это время происходит до 50% всех лесных пожаров. Ущерб от них невелик, в связи с тем, что пожары происходят вблизи населенных пунктов и дорог, ликвидируются, как правило, в день возникновения, с минимумом затрат. Все пожары низовые и возникают по вине местного населения в результате неосторожного обращения с огнем или умышленного поджога. Наиболее ярко этот пик реализуется на территории Майминского, Чемальского и Шебалинского лесничеств и значительно реже в Онгудайском, Усть-Канском и Усть-Коксинском лесничествах.

Второй период возникновения лесных пожаров приходится на конец мая-июнь. Большинство пожаров возникает вдали от населенных пунктов и дорог, как правило, в труднодоступной местности. Ущерб от них огромен, так как страдают в основном кедровые леса. Большинство пожаров, возникающих от гроз, приходится на этот период. Тушение таких пожаров, как правило, занимает более 1 дня. Наиболее горимыми в этот период являются леса Онгудайского, Усть-Канского, Усть-Коксинского и Улаганского лесничества. Реже горят леса Чемальского, Шебалинского и Кош-Агачского лесничества.

Третий период приходится на сентябрь-октябрь. При затяжной сухой осени данный пик может реализоваться на территории любого лесничества.

По данным обзора санитарного состояния лесов за 2021 год за последние годы все три пика лесных пожаров реализовались в 1997, 2003 и в 2017 годах, два пика в 1996-1999, 2001-2002, 2012-2014, 2016, 2020 годы. Во все остальные годы пожары ограничивались только одним пиком (весенним или летним). Средняя продолжительность пожароопасного сезона на территории Республики Алтай составляет 218 дней.

Потенциальная природная пожарная опасность и фактическая горимость лесов определяются многими факторами: породным составом лесных насаждений, их возрастной структурой, состоянием насаждений, типом условий местопроизрастания, и др.

Средний класс природной пожарной опасности лесов республики составляет 3,6, в том числе, класс опасности лесного фонда – 3,7. Поскольку категории земель лесного фонда характеризуются определенной временной динамикой под воздействием хозяйственной деятельности (вырубка леса, лесовосстановление), природных стихийных влияний (ветровал, снеголом, пожары), то оценка по классам пожарной опасности в целом для региона носит условный характер.

Распределение площади лесного фонда на территории Республики Алтай по классам природной пожарной опасности представлено в таблице 19.

Табл. 19. Распределение площади лесов по классам природной пожарной опасности (га)

Наименование лесничества	Классы пожарной опасности					Итого	Средний класс
	1	2	3	4	5		
Леса, расположенные на землях лесного фонда							
Кош-Агачское	33699	4331	49361	128803	77759	293953	3,8
Майминское	3676	835	10927	63603	3390	82431	3,8
Онгудайское	19480	89490	408770	125756	246396	889892	3,4
Турочакское	26532	32692	386024	442320	78479	966047	3,5
Улаганское	45839	85000	653400	93700	61217	939156	4,0
Усть-Канское	22848	5881	139258	142074	86230	396291	3,7
Усть-Коксинское	12411	9523	208945	222967	136582	590428	3,8
Чемальское	6380	3720	73441	108034	38947	230522	3,7
Чойское	3855	19303	144746	237728	19086	424718	3,6
Шебалинское	7569	3922	71137	133244	15539	231411	3,6
Итого	182289	254697	2146009	1698229	763625	5044849	3,7
Леса, расположенные на землях особо охраняемых природных территорий							
Алтайский заповедник	1120	65678	467390	59633	264571	858392	3,6
Катунский заповедник	41	11	18569	56748	76295	151664	4,7
Итого	1161	65689	485959	116381	340866	1010056	3,7
Горно-Алтайское городское	93	40	309	3669	333	4444	3,9
Всего по лесам Республики Алтай	183543	320426	2632277	1818279	1104824	6059349	3,6

Оценка потенциальной опасности лесных пожаров при изменении климата в период до 2050 г проводилась ГГО им А.И. Воейкова на основе физико-математического моделирования. Полученный обобщенный мультимодельный прогноз, основанный на анализе метеорологических характеристик климатической системы позволил оценить изменения среднего числа дней с пожароопасными для леса метеорологическими условиями [13].

Для возникновения лесного пожара необходимым условием является длительная жаркая и сухая погода. Поэтому, за основу предложен метод расчета числа пожароопасных дней за теплое полугодие, исходя из значений средней месячной температуры, месячной суммы осадков и относительной влажности с помощью уравнения линейной регрессии. Кроме того, учитывались сведения о уже произошедших лесных пожарах.

Метеорологическая опасность возгорания леса определялась по индексу В.Г. Нестерова и подразделялась по классам горимости леса. Значение индекса более 1000 (средняя горимость) являлась критерием, при котором обычно возникают лесные пожары, при наличии других необходимых условий для возгорания (наличие горючего лесного материала и источника огня).

Общий результат сравнивался с климатическими нормами 1981-2000 гг. и выводился осреднением результатов расчетов по 31 модели общей циркуляции атмосферы, которые участвуют в проекте сравнения глобальных климатических моделей СМIP5 с использованием экстремального сценария RCP 8.5 при повышении средней глобальной температуры на 2°C (рис. 23).

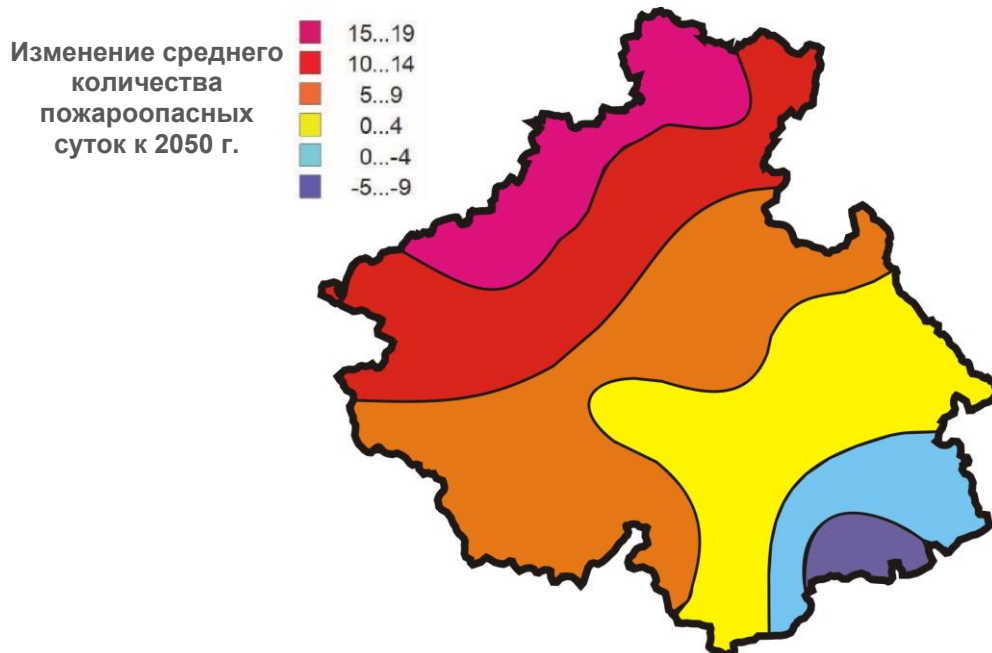


Рис. 23. Перспективная оценка изменения среднего количества пожароопасных суток на период до 2050 г. по сравнению с нормой 1981-2000 гг. [13]

По полученным прогнозным данным до 2050 года будет наблюдаться увеличение числа пожароопасных суток в теплый период май-сентябрь для низкогорной части республики до 15-19 суток. На среднегорной территории возможно увеличение до 5-14 суток, в районе высокогорья, в основном, количество суток останется прежнем, а на юго-востоке уменьшится до 5-9 суток.

Таким образом, по полученным данным по пожароопасности территории РА можно сделать следующие выводы:

- в ближайшей перспективе в регионе ожидается повышение горимости лесов, что будет определяться перераспределением осадков, ростом средних значений температуры в течение вегетационного периода, возрастанием засушливости и частоты засух;
- до 2030-х рост числа пожароопасных дней в регионе маловероятен. К середине века на западе региона возможен рост пожароопасных дней на 10-15, на востоке 0-5 дней;
- наибольшей пожароопасностью в республике характеризуются Онгудайский и Турочакский районы;
- наиболее высокий уровень горимости будет происходить в средне- и низкогорных лиственнично-сосновых и кедровых лесах.

5.3. Изменение экосистем

Климатические факторы оказывают прямое влияние на состояние и функционирование компонентов экосистем, на географическое распределение биоты и ее сезонные изменения, видовой состав экосистем, биоразнообразие и продуктивность.

Некоторые последствия изменения климата для природных экосистем суши установлены уже сейчас, другие наметились в виде тенденции. Наблюдающиеся изменения в экосистемах напрямую связаны с лимитирующими климатическими факторами, к которым относятся: температура и влажность воздуха, поток активной радиации, климатозависимые параметры почвы (влажность, наличие доступных биогенных веществ).

По оценкам специалистов [55] в конце XX века на территории России произошел ряд заметных изменений в параметрах и функционировании сухопутных экосистем, которые принято связывать с изменением климата. Удлинился вегетационный период, изменились сроки фенологических событий у растений – распускание листьев, цветение, пожелтение листьев. В некоторых районах страны наблюдается заметное изменение высотных границ растительных зон, в горных экосистемах произошел подъем верхней границы леса.

В Республике Алтай тенденции смещения границ леса можно отследить на примере Северо-Чуйского хребта (станция Актру). Считалось, что до 1950-х годов она никогда не перемещалась выше 2150-2200 м над уровнем моря. Результаты полевых исследований, изучение дендрохронологических данных, аэрофото- и космоснимков показали, что с 1965 по 1996 год деревья переместились вверх примерно до отметки 2200 метров над уровнем моря. С 1996 по 2006 год отмечен резкий скачок – молодые деревья появились уже на отметке 2250 метров. Некоторые деревья в период с 1994 по 2002 год достигли поднялись в горы примерно до отметки 2300 метров. Предполагается, что непрерывное расширение границы леса вверх будет происходить за счет луговых и кустарниковых видов и радикально изменит высокогорную экосистему и вызовет заметные изменения состава и исчезновение отдельных видов альпийской и, частично, субальпийской биоты [112].

Предполагается, что в 2020-2030 гг. заметных сдвигов не будет, изменения коснутся внутренней структуры сообществ, причем в первую очередь они проявятся в составе подрастающих деревьев и кустарников и в составе трав.

Прогноз возможных изменений растительного покрова Республике Алтай представлен коллективом авторов в работе "Изменение климата и биоразнообразия Российской части Алтае-Саянского региона". Изучение проводилось на основе биоклиматической модели горных лесов и прогнозного изменения климата, полученного с помощью модели общей циркуляции атмосферы Хадли центра (HadCM3).

Как показал анализ прогнозных данных при потеплении климата к 2050 г. будет происходить исчезновение тундры, сокращение субальпийских и подгольцовых лесов. Постепенно будет происходить смещение ареалов основных лесобразующих пород – сокращение ареалов темнохвойных лесов из пихты и кедра и увеличение доли сложных по составу лесов. За счет увеличения доли светлохвойных и лиственных пород, леса будут уходить из низкогорий из-за недостатка увлажнения в среднегорье. Прогнозируемая аридизация климата будет способствовать расширению лесостепей и степей [31].

Все виды растительности приспособлены к существованию и развитию в определенных условиях. По мере увеличения изменений термических и влажностных параметров среды растения будут испытывать все нарастающий стресс. Помимо этого, в последнее время есть риск увеличения численности вредителей растений. Одним из примеров может быть периодически наблюдающееся взрывообразное развитие сибирского коконопряда (*Dendrolimus sibiricus* Tschetw.) и непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* L.) – одних из самых опасных вредителей леса. Вспышки развития этих видов происходят после засушливых вегетационных периодов, и особенно им способствуют следующие за засухами малоснежные зимы с сильными морозами, весенние и осенние пожары, когда численность энтомофагов значительно снижается вследствие вымерзания и выгорания.

По оценкам ученых [55,2] на конец XXI века из-за климатических изменений могут произойти следующие изменения состояния растений, включенных в Красную книгу РА:

– Астрагал роскошный (*Astragalus luxurians* Bunge), в настоящее время имеющий статус исчезающих растений, может полностью исчезнуть;

– Виды растений, которые в настоящее время имеют статус уязвимых, могут перейти в статус исчезающих: лук мелкоголовый (*Allium tythocephalum* Schult. et Schult. f.), астрагал аксайский *Astragalus aksaicus* Schischk, карагана гривастая (*Caragana jubata* (Pallas) Poir), Дендрантема выемчатолистная (*Dendranthema sinuatum* (Ledeb.) Tzvel.), мертензия Палласа (*Mertensia pallasii* G.Don.), маралий корень (*Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Pjin.), Родиола розовая (*Rhodiola rosea* L.);

– Виды растений, в настоящее время имеющие статус редких, которым грозит вымирание или переход в статус исчезающих:– борец двухцветковый (*Aconitum biflorum* Fisch, ex DC), борец Паско (*Aconitum pascoi* Worosch), лук алтайский (*Allium altaicum* Pallas), лук мелкоголовый (*Allium tythocephalum* Schult, et Schult, f.), арника Ильина (*Arnica Iljinii* (Maquire) Iljin.), астрагал ложноюжный (*Astragalus pseudoaustralis* Fisch, et Mey.), астрагал чуйский (*Astragalus tschuensis* Bunge), живокость укокская (*Delphinium ukokense* Serg), копеечник чайный (красный корень) (*Hedysarum theinum* Krasnob), лапчатка Крылова (*Potentilla Kryloviana* Th.Wolf.), родиола морозная (*Rhodiola algida* (Ledeb.)Fisch, et C.A. Mey), родиола четырехнадрезная (*Rhodiola quadrifida* (Pallas) Fisch, et Mey), родиола ярко-красная (*Rhodiola coccinea* (Royle) Boriss), горькуша ледниковая (*Saussurea glacialis* Herd), звездчатка Мартянова (*Stellaria martjanovii* Kryl.).

В отличие от растений, угрозы для животных, связанные напрямую с изменением климата, не могут быть выделены в столь явном виде. Это связано со многими причинами, в числе которых более высокая по сравнению с растениями способность к миграциям, а также в целом более высокий адаптивный потенциал. В основном, климатические изменения оказывают косвенное влияние на популяции видов птиц и млекопитающих посредством изменения их местообитаний.

По данным заповедников, прилет большинства видов воробьиных птиц за последние десятилетия происходит раньше, а прилет скворцов стал, напротив, немного задерживаться. Для птиц наблюдается достаточно мозаичная картина фенологических изменений.

Для крупных млекопитающих основным фактором регулирования численности и распространения является хозяйственная деятельность. Изменение климата также оказывает влияние на распределение и численность копытных, в частности – увеличение частоты экстремальных явлений. Известны примеры массовой гибели копытных из-за резких колебаний температуры в зимний период, когда на снегу образуется ледяная корка, не позволяющая животным добывать корм.

Ожидаемые в середине XXI века изменения климата неблагоприятны для животных. В краткосрочной перспективе, в условиях существенного потепления весенне-зимних месяцев возможна череда многоснежных зим и сильных паводков и наводнений. Это может привести к большим сезонным миграциям животных [83].

Сохранение в регионе популяций снежного барса (ирбиса) и алтайского горного барана (аргали), занесенных в Красные Международного союза охраны природы, РФ и РА является важной задачей, так как они находятся под угрозой исчезновения. Считается, что состояние популяций этих видов отражает общее здоровье экосистемы, таким образом, их можно назвать видами – индикаторами.

Республика Алтай является местом обитания крупнейших в России группировок аргали и нескольких группировок снежного барса. Основным фактором, который в наибольшей степени влияет на численность этих краснокнижных животных, является браконьерство. Климатические факторы имеют второстепенное значение, из которых основным является высота снежного покрова.

К середине XXI века прогнозируется повышение температуры, в целом уменьшение количества осадков. Однако, на эти тренды будет накладываться большая межгодовая изменчивость, рост числа как мало-, так и многоснежных зим, что может отрицательно сказаться на популяции снежного барса и аргали.

По прогнозам специалистов [56], популяция снежного барса будет испытывать растущий пресс сильных снегопадов, причем их влияние будет сильнее в западной части ареала его обитания в регионе. Поэтому создание и расширение охраняемых территорий для сохранения группировки ирбиса, в т.ч., в долине р. Аргут имеет особое значение.

Выживание аргали в условиях многоснежной зимы зависит от площади бесснежных и малоснежных участков на южных склонах гор и выдувах. Особенно четко это видно в самом северном очаге обитания – на Чулышманском нагорье и хребте Чихачева, где глубина снежного покрова высокая и горные бараны скапливаются на немногочисленных участках бесснежных склонов. В этом очаге обитания высокий снеговой покров является важнейшей причиной перекочевок аргали на территорию Монголии в зимний период.

Снижение количества осадков и засуха, резко уменьшая продуктивность пастбищ, оказывают негативное влияние на группировки аргали. Отсутствие удовлетворительного питания отражается на интенсивности и продолжительности лактационного периода, что замедляет рост и развитие ягнят и вызывает их повышенную гибель. Повторяющиеся в течение нескольких лет засухи оказывают сильное влияние на плодовитость самок.

Обильные снегопады, резкие оттепели в ближайшие годы будут наиболее неблагоприятными последствиями изменения климата. Однако главный ущерб, намного больший,

чем изменения климата, будет продолжать наносить браконьерство. Наиболее действенными мерами для сохранения краснокнижных животных будет введение определенных ограничений на охоту и более строгие меры против браконьерства.

Таким образом, что климатические изменения будут оказывать значимое влияние на экосистемы. Среди основных климатогенных эффектов можно выделить: изменение продолжительности вегетационного периода, сдвиги ареалов животных и смещение границ лесной растительности в меридиональном направлении и по высоте в горах.

Растительный покров и животный мир – это наиболее яркие индикаторы происходящих деформаций экосистем, в том числе обусловленных климатическими изменениями. Необходим контроль динамики этих элементов экосистем. Для этого предлагается разработать комплексный геоэкологический мониторинг, который должен быть ориентирован на проработку главных аспектов развития горных территорий, включая проблемы биоразнообразия, деградации многолетнемерзлых пород и опустынивания.

6. Прогнозные (сценарные) оценки изменений климатических характеристик на территории Республики Алтай до середины XXI века

6.1. Обзор прогнозных климатических моделей оценки изменений климата на территории Республики Алтай

Климат Земли, который складывается из взаимодействия атмосферы, гидросферы, криосферы, деятельного слоя суши и биосферы, не может оставаться в состоянии равновесия. Эта система динамична и постоянно меняется, даже когда отсутствуют изменения во внешних воздействиях. Ее изменчивость определена нелинейными взаимодействиями между перечисленными компонентами, имеющими разное время релаксации к внешним воздействиям. К примеру, время, в течение которого тропосфера может вернуться в равновесное состояние, составляет от нескольких дней до нескольких недель, в стратосфере для этого необходимо несколько месяцев.

Время реакции океана на внешние воздействия, обусловленное значительной теплоёмкостью может составлять от нескольких (верхний перемешанный слой) до тысячи лет (глобальная термохалинная циркуляция). Реакция на внешнее воздействие основной части криосферы, представленной ледяными щитами Гренландии и Антарктиды, также может измеряться сотнями и тысячами лет. Воздействие обратных связей и нелинейность внутренних взаимодействий, присущих климатической системе, чрезвычайно усложняет её реакцию на внешнее воздействие.

Одной из главных задач изучения климатической системы Земли является прогноз её эволюции. Климатическая система, как сложная нелинейная система, имеет ограниченную предсказуемость. Под предсказуемостью обычно понимают временные пределы, в которых состояния системы в будущем могут быть предсказаны на основании имеющейся информации (современные и прошлые состояния). С точки зрения предсказуемости, различия между климатом и погодой (т.е. между осредненным и не осредненным состоянием климатической системы) значительны.

Атмосфера – устойчивый и быстро меняющийся компонент климатической системы. Поэтому прогноз её эволюции от заданного начального состояния (прогноз погоды), как правило, не может превышать двух недель. Поскольку другие компоненты климатической системы меняются медленно, их предсказуемость может быть существенно больше, но также ограниченной во времени [72].

Точных данных о климате в будущем, а уж тем более оценки последствий его изменений быть не может. Сравнительно удовлетворительный прогноз погоды возможен на небольшое время, на срок до 5-7 дней. Долгосрочные предсказания существенно менее надёжны даже в пределах одного года.

На изменение климата оказывают влияние не только естественные процессы, но и антропогенные факторы. Продолжительность таких факторов предсказать практически невозможно, как и реакцию климатической системы на эти факторы. Антропогенные факторы – дополнительная эмиссия парниковых газов, напрямую зависящая от развития технологий и состояния мировой экономики. Эти процессы ещё менее предсказуемые, чем естественные, регулируемые в основном орбитальными и солярными показателями.

Поэтому информация о климате будущего может быть получена лишь при определённых предположениях о том, как будут протекать базовые климатические и социально-

экономические процессы, то есть в рамках некоторых сценариев. Информация о гидрометеорологических показателях в конкретный момент времени в отдалённом будущем в рамках заданного сценария, не может быть сколько-нибудь надёжной в прогностическом смысле, из-за известной стохастичности динамики климатической системы Земли. То же можно сказать и о социально-экономических процессах. В данном случае можно получить лишь перспективные оценки вероятностных распределений параметров климата в рамках заданного сценария.

В силу нелинейности (в подавляющем большинстве случаев) в зависимости изменения климата – эффект для оценки последствий изменений климата в будущем нужна именно такая достаточно детальная информация. Например, необходимы данные о возможных распределениях экстремальных значений метеорологических величин, о длительности периода экстремально высоких и низких значений, и значениях в эти периоды, о характеристиках годового хода среднесуточной температуры и т.д. Информации лишь о средних значениях недостаточно [55].

Наличие совершенной модели не позволяет дать точный прогноз изменения климатической системы (например, на ближайшее десятилетие) из-за невозможности точно определить начальное состояние. Оценка будущих изменений климата возможна лишь в виде некоторого вероятностного распределения. Поэтому задача предсказания климата сводится к определению вероятностных функций распределения разных характеристик климатической системы в будущем, а не прогноз её эволюции во времени.

Визуализация взаимосвязей и иерархичности климатических моделей, используемых, в настоящее время, в исследованиях изменения погодно-климатических факторов представлена на рисунке 24.

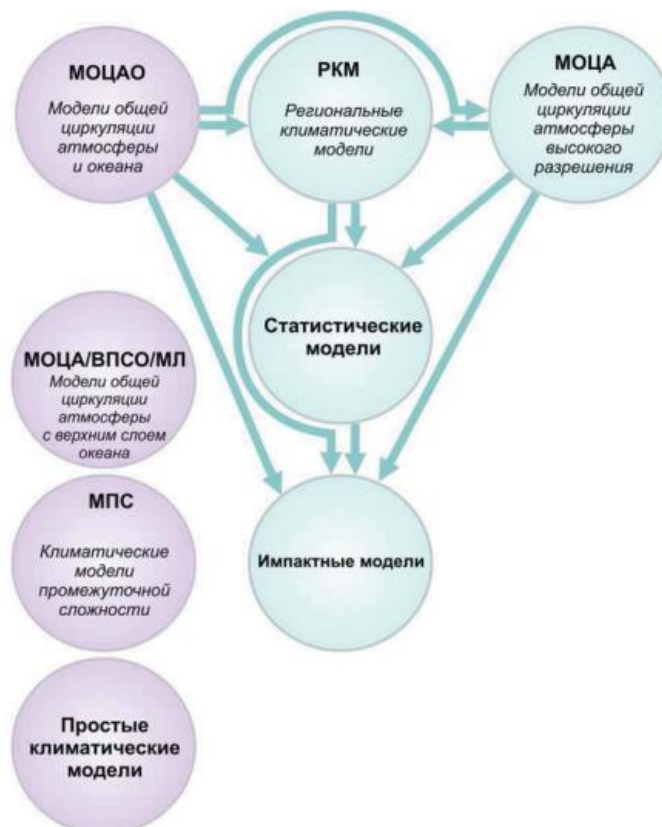


Рис. 24. Иерархия современных климатических моделей [34]

Для учёта неопределённостей, связанных с глобальным социально-экономическим развитием в будущем, Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) организовала разработку разных сценариев и оценку соответствующих траекторий эмиссий климатически активных веществ, прежде всего парниковых газов.

В 2000 году был выпущен Специальный доклад по сценариям и эмиссии (SRES), где предложены четыре основные сюжетные линии, в которых будущий мир качественно описывался по-разному.

В данном Паспорте использованы результаты расчетов будущих изменений климата на территории России с помощью глобальных климатических моделей (табл. 20).

Табл. 20. Характеристика моделей для прогноза изменения климатических характеристик на территории Республики Алтай

Название	Характеристика	Сценарий	Прогнозный период	Базовый период
CMIP3	Ансамбль из 16 глобальных моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) нового поколения	SRES A1B – уменьшение региональных различий в доходах на душу населения, усиление культурных и социальных взаимодействий, создание новых возможностей. Предполагает сбалансированное использование всех видов топлива. SRES A2 – достаточно неоднородный мир. Темпы рождаемости сближаются очень медленно, что приводит к продолжению роста рождаемости населения планеты. Экономическое развитие в основном регионально ориентированным.	2011-2030 гг. и 2041-2060 гг.	Осредненные за 20 лет по отношению к базовому климатическому периоду 1980-1999 гг.
CMIP5	Ансамбль, принявших участие в 5-й фазе международного проекта сравнения объединенных моделей	RCP4.5 – сценарий группы RCP антропогенного воздействия на климатическую систему, при котором предполагаемое радиационное воздействие к 2100 году станет 4,5 Вт/м ² . RCP8.5 – предполагаемое радиационное воздействие к 2100 году станет 8,5 Вт/м ² .	2011-2030 гг. и 2041-2060 гг.	Базовый климатический период 1981-2000 гг.
Региональная климатическая модель	Ансамблевые расчеты, с высоким пространственным разрешением (25 км) Используются данные CMIP5	RCP4.5 – сценарий группы RCP антропогенного воздействия на климатическую систему, при котором предполагаемое радиационное воздействие к 2100 году станет 4,5 Вт/м ² . RCP8.5 – предполагаемое радиационное воздействие к 2100 году станет 8,5 Вт/м ² .	2030-2039 гг.	Базовый климатический период 1990-1999 гг.

Авторами [43, 2] приведены данные ансамблевых расчетов по региональной климатической модели ГГО им. А.И. Воейкова с горизонтальным разрешением 25 км. Для расчета использован сценарий RCP8.5. Все будущие изменения оценивались для периодов 2030-2039 гг. по отношению к базовому периоду (1990-1999 гг.).

Предположения о климате будущего, приведенные в климатическом паспорте можно разделить на две основные группы:

– исследовательские предложения, то есть применяемые экспертом для оценки последствий в каком-либо конкретном случае. К примеру, увеличение средней температуры на несколько градусов;

– предложение об изменении климата, полученное в рамках заданного сценария мирового социально-экономического развития, которому соответствует определённые глобальные антропогенные эмиссии парниковых газов в атмосферу.

6.2. Прогнозные оценки изменения климатических характеристик на территории Республики Алтай

Тенденции колебания климата, неоднородно проявленные для глобального уровня, еще более ярко выражены на региональном уровне. За последние 30 лет на территории Республики Алтай изменились основные климатические характеристики. В целом, среднегодовая температура воздуха на территории региона относительно базовой климатической нормы повысилась на 1,0°C. Динамика изменения осадков за этот период неоднородна во времени и в пространстве. В целом по региону наблюдается тенденция снижения среднегодовых и среднесезонных сумм осадков.

Участились опасные гидрометеорологические явления, которые также связывают с изменением климата и антропогенным воздействием. Антропогенное воздействие – основной негативный фактор на уязвимые горные системы.

В разделе проанализированы имеющиеся данные по моделям и сценариям, изложенным ранее. Рассмотрены основные климатические характеристики: температура приземного воздуха, суммарные осадки (жидкие и твердые), годовой сток (разность осадков и испарения) и другие климатические характеристики. Еще раз отметим, что все прогнозные оценки строятся на моделях и предположениях, зачастую не учитывающих всех особенностей развития климатической системы земли. Поэтому они не могут быть точными для исследования климата будущего. Но эти данные могут дать основные ориентиры в отслеживании изменений климата региона.

6.2.1. Прогноз изменения термического режима

По данным исследований среднегодовая температура воздуха в Республики Алтай с середины XIX в. увеличилась на 2,8 °С. В мировом масштабе данный показатель является одним из максимальных. Прогнозируют, что в будущем рост температуры будет продолжаться до 2-3°C [54].

По данным анализа работ ГГО и других авторов (рис. 25) среднесуточная температура за год для всего региона продолжит увеличиваться: до 1,5-2°C (2011-2039 г.), до 2-3,4°C (2041-2060 г.) (прил. 3: рис.1). То есть, по данным авторов уже в ближайшее десятилетие температура будет выше данного показателя конца XX в. Для сравнительного анализа данных для ГГО взяты сценарии RCP8.5 (CMIP5) и A2 (CMIP3).

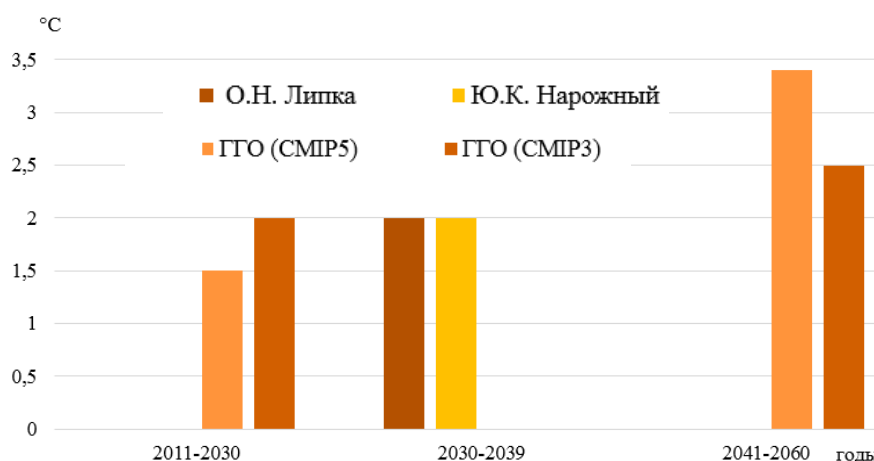


Рис. 25. Прогнозные изменения среднегодовых значений температуры (°C) до 2060 г.

Предполагается, что зима будет мягче современной. Температура будет подниматься в течение всех сезонов, однако зимой возможны сильные морозы, но не долгие, так как волны холода будут уменьшаться в продолжительности (в днях) и в количестве (табл. 21).

Табл. 21. Прогнозы изменения температуры по различным сценариям до середины XXI в. на территории Республики Алтай

Позиции	Сценарии			
	О.О. Липка	СМIP3	СМIP5	Региональная модель
Изменение температуры в годовом цикле	До +2°C в 2030-2039 гг.	<i>A1B</i> . До +0,5-1°C в 2011-2031 гг., до +2,5°C в 2041-2060 гг. <i>A2</i> . До +1-1,5°C в 2011-2031 гг., до +1,5-2°C в 2041-2060 гг.	<i>RCP4.5</i> . +1,4°C, в 2011-2030 гг., +2,7°C, в 2041-2060 гг. <i>RCP8.5</i> . +1,5°C в 2011-2030 гг., +3,4°C, в 2041-2060 гг.	<i>RCP4.5</i> +1-2°C на севере и на юго-западе, на остальной территории до +2-3°C в 2030-2039 гг. <i>RCP8.5</i> . +1-2°C на севере, северо-востоке и на юго-западе, на остальной территории до +3-4°C в 2030-2039 гг.
Изменение температуры в зимний период	Зима мягче – до +1,5 °C в 2030-2039 гг.	<i>A1B</i> . До +0,5-1°C в 2011-2031 гг., до +2,5°C в 2041-2060 гг. <i>A2</i> . До +1-1,5°C в 2011-2031 гг., до +1,5-2°C в 2041-2060 гг.	<i>RCP4.5</i> . +1,2°C в 2011-2030 гг., +2,4°C в 2041-2060 гг. <i>RCP8.5</i> . +1,5°C в 2011-2030 гг. и +3,0°C в 2041-2060 гг.	<i>RCP4.5</i> +1-2°C на севере, на остальной территории до +2-3°C в 2030-2039 гг. <i>RCP8.5</i> . +1-2°C на севере и на юго-западе, на остальной территории до +3-4°C в 2030-2039 гг.
Изменение температуры в летний период	Лето более жаркое, без заморозков и сухое, до +1,5°C в 2030-2039 гг.	<i>A1B</i> . До +1,5-2°C в 2011-2031 гг., до +2,3°C в 2041-2060 гг. <i>A2</i> . До +1-1,5°C в 2011-2031 гг., до +2,5°C в 2041-2060 гг.	<i>RCP4.5</i> +1,3°C в 2011-2030 гг., +2,4°C в 2041-2060 гг. <i>RCP8.5</i> +1,4°C в 2011-2030 гг., +3,2°C в 2041-2060 гг.	<i>RCP4.5</i> +0-2°C на севере и частично в центральной части, на остальной территории до +2-3°C в 2030-2039 гг. <i>RCP8.5</i> . +1-2°C на севере, на остальной территории до +2-3°C в 2030-2039 гг.
Суточные максимумы температуры	Возрастают суммы аномально высоких температур в течение всего года, за исключением зимнего периода. Уменьшение волн холода, увеличение волн жары (длительность на 2-4 дня до середины XXI в.	–	–	–

При этом [88], максимальная температура у поверхности в регионе увеличится до +1,9°C в 2011-2031 гг. и до +2,6°C в 2041-2060 гг. Минимальная температура на поверхности будет расти быстрее и увеличится до +2,1°C в 2011-2031 гг. и до +2,8°C в 2041-2060 гг. По данным [2] абсолютные максимальные и минимальные температуры на метеостанциях Кара-Тюрек и Кош-Агач повысятся на более 1°C. Абсолютная максимальная температура на метеостанции Кара-Тюрек будет повышаться в течение всего года, а наибольшие превышения ожидаются в осенний сезон. Для метеостанции Кош-Агач абсолютные минимальные и максимальные температуры будут расти в основном в весенне-летний и летне-

осенний периоды (рис. 26).

Предположительно, что зимой температура будет уменьшаться, примерно на 20%, в марте и апреле >20%, а в остальные месяцы – останется прежней [35]. По другим данным [88, 89, 90] зимняя температура будет вносить больший вклад в рост годовых температур.

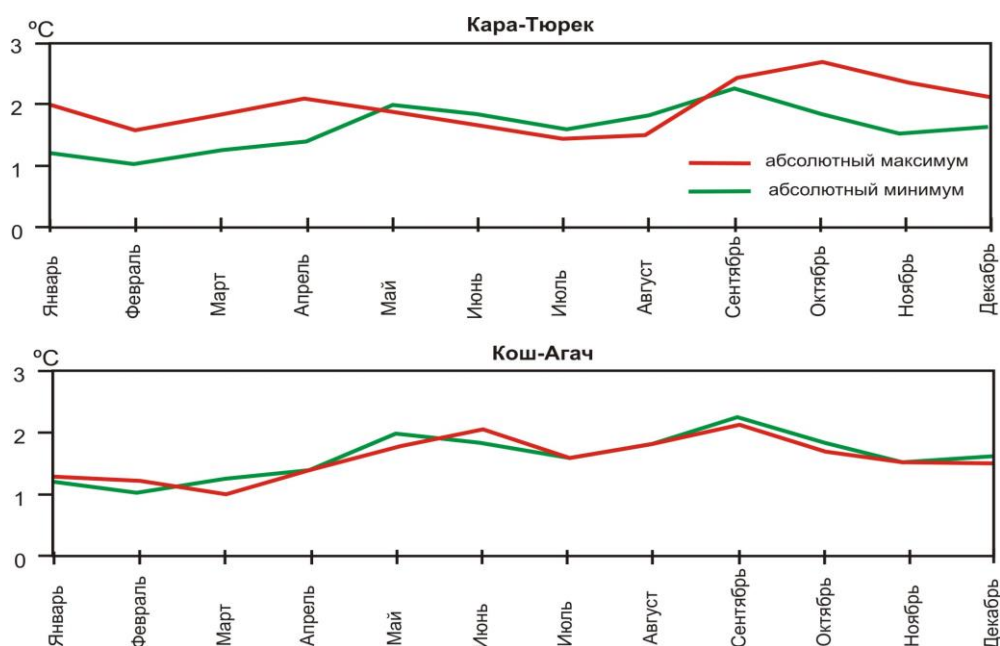


Рис. 26. Прогноз изменения абсолютных минимальной и максимальной температур на метеостанциях Кара-Тюрек и Кош-Агач в период 2030-2039 гг.

Лето предполагается более жарким и сухим, без заморозков. В течение всего года, за исключением зимнего периода, предполагается рост сумм аномально высоких температур. Это будет происходить в основном за счет увеличения количества волн жары (на 1–3 дня в начале века, на 2-4 дня в середине века).

Информационную базу исследования составляют метеорологические данные Росгидромета Горно-Алтайского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал ФГБУ "Западно-Сибирское УГМС". Информация представлена за периоды 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг.

Для прогноза среднегодовой температуры до 2050 года были использованы гидрометеорологические данные 9 метеостанций региона. Прогнозные данные получены с использованием линейной линии тренда. При построении учитывалась величина достоверности аппроксимации, которая колеблется от 30 до 60%. Необходимо отметить, что полученный линейный тренд нельзя рассматривать как достоверные точные данные.

Исходя из представленных показателей (рис. 27) к 2050 году значения среднегодовой температуры на всех метеостанциях региона будут увеличиваться.

Наибольшая средняя скорость потепления в целом за год наблюдается на метеостанциях (прил. 3: рис.2), находящихся на севере и северо-востоке республики в низкогорном районе (Яйлю, Кызыл-Озек, Чемал, Турочак) – 0,25-0,35°C/10 лет. Для метеостанций среднегорных районов (Шебалино, Онгудай, Усть-Кан, Усть-Кокса), находящихся в центральной и юго-западной частях республики рост средней годовой температуры составляет 0,20-0,30°C /10 лет, для высокогорных районов (Кош-Агач) – 0, 35°C/10 лет.

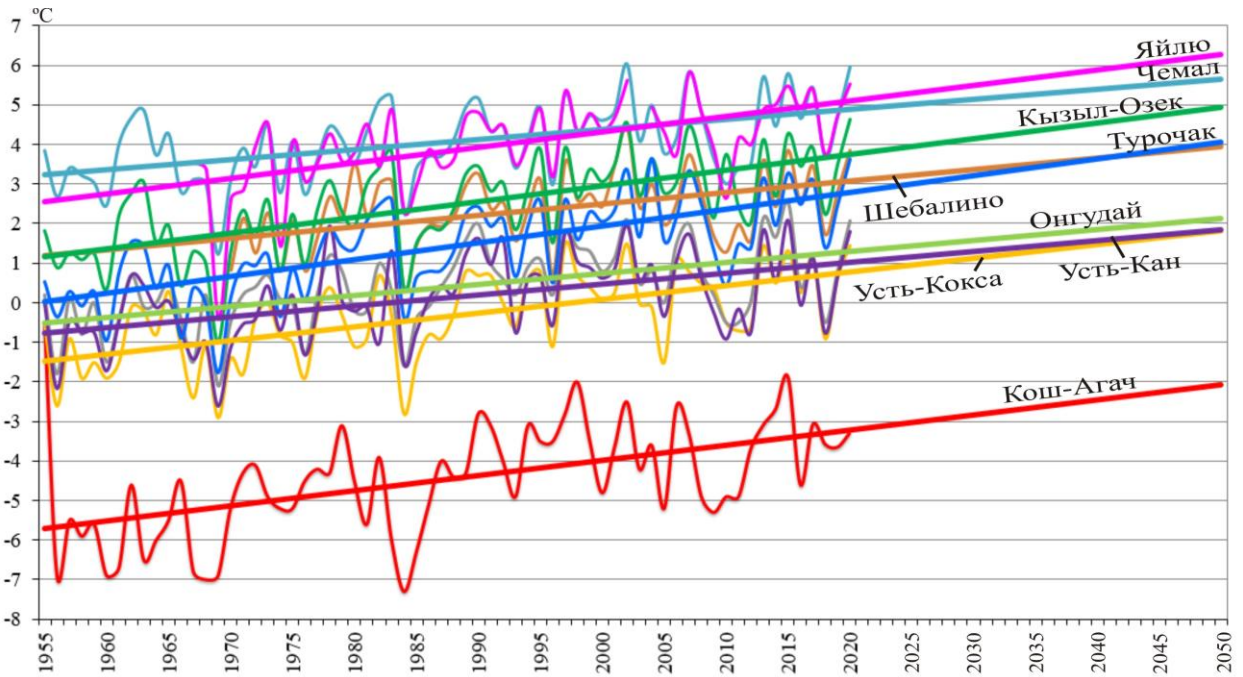


Рис. 27. Прогноз среднегодовой температуры (°C) в Республике Алтай до 2050 года

В годовом ходе наибольшие изменения отмечаются в зимний сезон (0,35-0,50°C/10 лет). Причем для среднегорного района рост средней температуры за зиму несколько ниже, чем для низкогорья и высокогорья (рис. 28). Наибольшая скорость повышения температуры воздуха зимой наблюдается в высокогорной области республики и составляет 0,50°C/10 лет на метеостанции Кош-Агач. Здесь зафиксировано максимальное значение тренда абсолютной температуры воздуха – 1,5°C. На севере и северо-востоке региона в низкогорных областях температура зимой предположительно повысится на 0,4°C/10 лет.

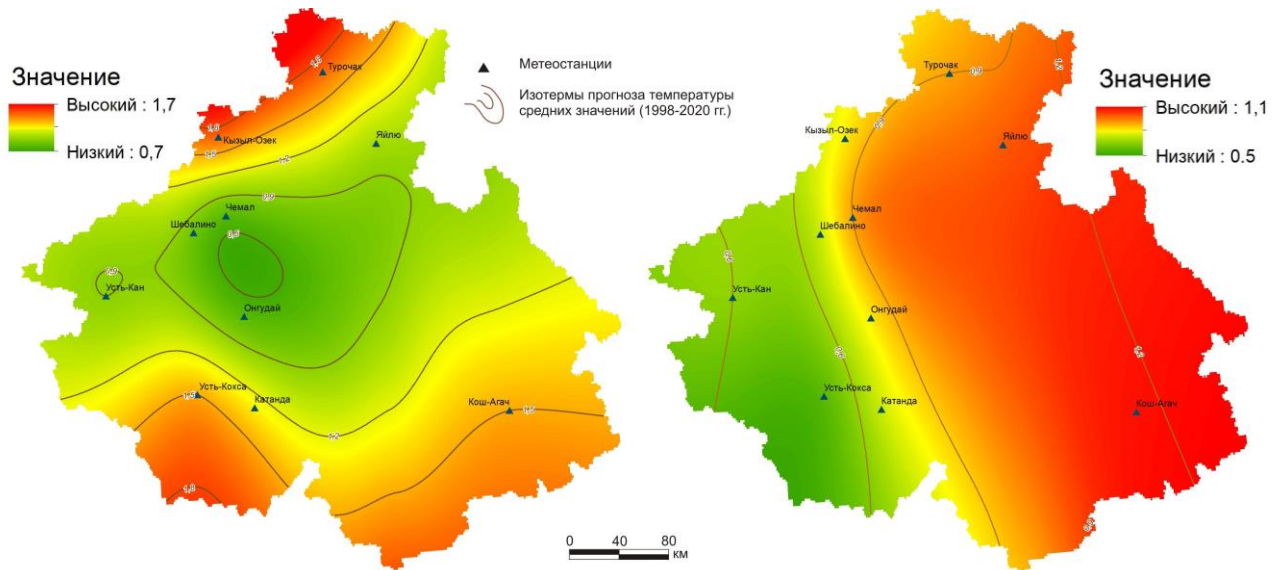


Рис. 28. Прогноз изменения средних зимней (слева) и летней (справа) температур к 2050 г.

В летний сезон тенденции увеличения температуры менее выражены. Тем не менее, коэффициент линейного тренда средней температуры за лето составит 0,20°C/10 лет – в

среднегорных районах, $0,30^{\circ}\text{C}/10$ лет – в низкогорье и $0,35^{\circ}\text{C}/10$ лет – в высокогорье.

На основании представленных прогнозных данных об изменении температурного режима к середине 21 века можно сделать следующие выводы:

- тенденция увеличения температуры характерна для всей территории Республики Алтай. По проанализированным прогнозным данным среднегодовая температура за год для всего региона продолжит увеличиваться. По полученным прогнозным данным тренд увеличения температуры проявлен для всех сезонов года, наибольший рост наблюдается в низкогорном районе республики (на севере и северо-востоке).

- градиент повышения зимних температур вносит наибольший вклад в увеличение годовых температур воздуха, при этом рост летних температур происходит медленнее.

- по данным прогнозов к середине XXI века в республике сохранятся наблюдаемые тенденции к увеличению как средних, так и сумм аномально высоких температур.

- на всей территории региона, вероятно, будут возрастать риски, связанные с экстремальными температурами воздуха, прежде всего, длительные периоды жаркой погоды (волны жары), повышенная пожароопасность и т.д.

6.2.2. Прогноз изменения режима увлажнения и снежного покрова

По предположениям [35] изменение осадков будет иметь разнонаправленный характер по сезонам года. Большинство моделей прогнозируют увеличение осадков зимой по всей территории до 20% (2030-2039 гг.). Весной и осенью также произойдет увеличение осадков. Летом на большей территории количество осадков не изменится или уменьшится. Сложный характер распределения осадков в горах накладывает на эту местность такую же сложную вероятность изменений (табл. 22). Некоторые источники указывают, на сокращение осадков в горах. Однако другие считают, что в высокогорных районах они увеличатся до 10% (2030-2039 гг.). При этом ожидается уменьшение максимальной высоты снежного покрова за год до 15 см к середине XXI века (прил. 3: рис.3).

Также будет изменяться продолжительность залегания снежного покрова. Она будет сокращаться на всей территории региона и достигнет показателя до 10-15 дней к середине XXI века. Однако высоко в горах снег будет продолжать лежать почти столько же, как и сейчас, максимум на 5-10 дней меньше к концу века.

Ожидается, что максимально возможное количество осадков (экстремальные осадки) за сутки будет расти для большинства метеостанций во все сезоны. В частности, в тех районах, где месячные суммы осадков небольшие (до 20 мм) они могут выпадать за один день. Поэтому опасность лавин зимой, а наводнений и селей летом очень высока. Возможный ущерб от таких опасных явлений будет зависеть от сезона года, особенностей ландшафта, геоморфологии и многих других факторов конкретной местности.

Необходимо отметить, что разность осадков и испарения у поверхности (годовой сток) тоже является важным климатическим показателем для прогноза. По анализу результатов модели (ГГО СМIP5, сценарий RCP8.5) годовой сток равен нулю. Однако предполагается, что зимой разность осадков и испарения будет увеличиваться (рис. 29) до $+0,2$ мм/сут. (2011-2030 гг.) до $+0,3$ мм/сут. (2041-2060 гг.). Летом прогнозируются отрицательные величины годового стока до $-0,1$ мм/сут. (2011-2030 гг.) до $-0,2$ мм/сут. (2041-2060 гг.). Сухое и жаркое лето, возможно, будет отрицательно влиять на вегетационный период растений. По данным прогноза (ГГО СМIP3, сценарий A2) разность между осад-

ками и испарением увеличится до 5% к 2060 г.

Табл. 22. Прогнозы изменения осадков по различным сценариям до середины XXI в. на территории Республики Алтай

Позиции	Сценарии			
	О.О. Липка	СМIP3	СМIP5	Региональная модель
Изменение осадков в годовом цикле	На большей части территории до +10% к 2030-2039 гг.	A1B. До +5% в 2011-2031 гг., до +10% в 2041-2060 гг. A2. До +5% в 2011-2031 гг., до +10% в 2041-2060 гг.	RCP4.5. До +0,2 мм/сут в 2011-2030 гг., до +0,2 мм/сут в 2041-2060 гг. RCP8.5. До +0,1 мм/сут в 2011-2030 гг., до +0,1 мм/сут в 2041-2060 гг.	RCP4.5 +0,2-0,5 мм/сут на севере и юго-западе, на остальной территории до +0,1 мм/сут в 2030-2039 гг. RCP8.5. +0,2-0,5 мм/сут на севере и юго-западе, на остальной территории до +0,1 мм/сут в 2030-2039 гг.
Изменение осадков в зимний период	Увеличение повсеместно до +20% 2030-2039 гг.	A1B. До +10% в 2011-2031 гг., и до +15% в 2041-2060 гг. A2. До +10% в 2011-2031 гг., и до +15% в 2041-2060 гг.	RCP4.5. До +0,2 мм/сут в 2011-2030 гг. и в 2041-2060 гг. RCP8.5. До +0,2 мм/сут в 2011-2030 гг. и до +0,3 мм/сут в 2041-2060 гг.	RCP4.5 +0,2-0,5 мм/сут на севере и юго-западе, на остальной территории до +0,1 мм/сут в 2030-2039 гг. RCP8.5. +0,2-0,6 мм/сут на севере и юго-западе, на остальной территории до +0,1 мм/сут в 2030-2039 гг.
Изменение осадков в летний период	На большей территории без изменений, в высокогорье до +10% 2030-2039 гг.	A1B. До +5% к 2060 гг. A2. До +5% к 2060 гг.	RCP4.5 Без изменений. RCP8.5 До -0,1 мм/сут к 2060 г.	RCP4.5 от +0,2 до -0,1 мм/сут на севере, -0,1 мм/сут в центральной части и юго-западе, на остальной территории до +0,1-0,2 мм/сут в 2030-2039 гг. RCP8.5. от +0,2-0,5 мм/сут на севере, -0,1 мм/сут в центральной части и юго-западе, на остальной территории до +0,1-0,2 мм/сут в 2030-2039 гг.
Снежный покров	Уменьшение максимальной высоты за год до 15 см. Продолжительность залегания снежного покрова сокращается на всей территории до 10-15 дней. Высоко в горах снег будет продолжать лежать почти столько же, как и сейчас.	–	RCP4.5 До +0,2 мм/сут к 2060 г. Весной и осенью до -0,1 мм/сут к 2060 гг. RCP8.5 Зимой до +0,2 мм/сут к 2060 г. Весной и осенью до -0,1 мм/сут к 2060 гг.	–
Суточные максимумы осадков	Ожидается, что максимально возможное количество осадков за сутки будет расти для большинства метеостанций во все сезоны.	–	–	–
Опасные явления	Растет максимально возможное количество осадков за сутки. Риск лавин, наводнений и селей возрастет.	–	–	–

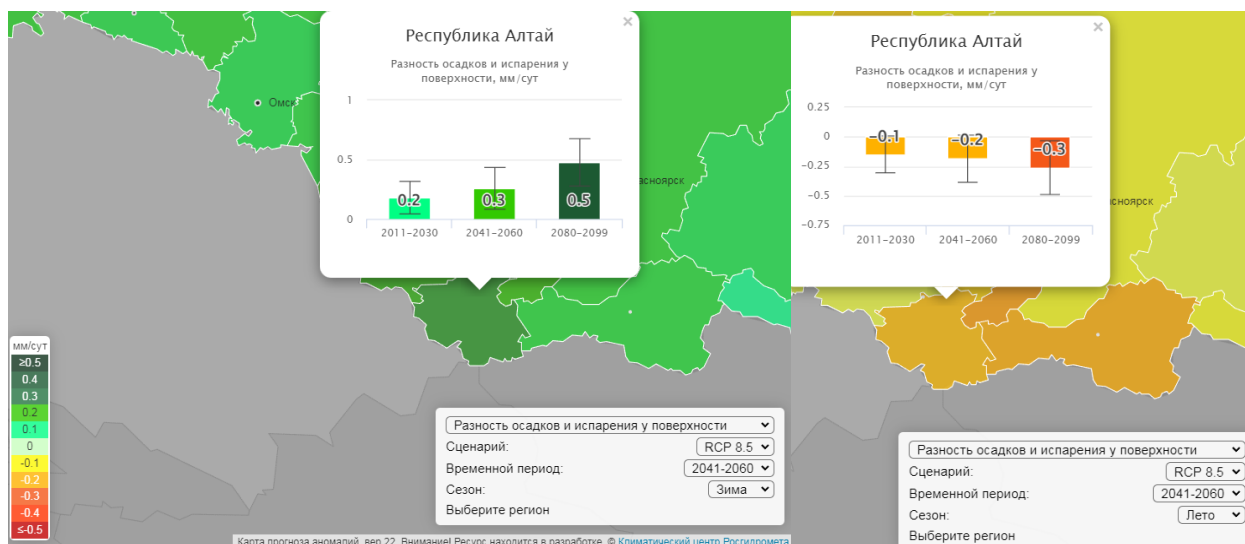


Рис. 29. Прогноз годового стока, мм/сут в зимнее (слева) и летнее (справа) время за периоды 2011-2030 гг., 2041-2060 гг. 2090-2099 гг. (ГГО СМIP5, RCP8.5)

Для прогноза среднегодовых осадков использованы гидрометеорологические данные 12 метеостанций региона. Прогнозные данные были получены с использованием линейной линии тренда. При построении учитывалась величина достоверности аппроксимации, которая колеблется от 30 до 60%. Необходимо отметить, что полученный линейный тренд нельзя рассматривать как достоверные точные данные.

Согласно представленным прогнозным данным (прил. 3: табл. 1,2) изменение осадков к 2050 году на метеостанциях региона имеют разнонаправленные тенденции. Так, среднее количество дней с осадками уменьшится в низкогорном (Турочак – на 4 дня, Кызыл-Озек – на 6 дней) и высокогорном районах (Кош-Агач – на 12, Кара-Тюрек – на 7 дней). Относительно этого прослеживается связь с увеличением среднесуточных и среднегодовых осадков к 2039 и 2050 гг. (табл. 23).

Прогнозируется повсеместное увеличение среднесуточных осадков (рис. 30), в среднем на 13,3% по региону. К 2050 году среднесуточные осадки в низкогорных районах в среднем увеличатся на 2%, в среднегорных сократятся – на 12% и в высокогорных районах на 50%.

При анализе прогнозного градиента показателей среднегодовых осадков также были выявлены разнонаправленные тренды. Так, для метеостанций Чемал (низкогорье) Шебадино, Онгудай, Усть-Кокса, Катанда (среднегорье) были выявлены отрицательные тренды. Среднегодовые осадки здесь уменьшаются на 2-8% к 2050 году. При этом для высокогорных метеостанций характерен высокий положительный рост количества осадков – от 11 до 82% в 2050 году и на 3,6-27,3%/10 лет, соответственно. В низкогорном районе республики скорость изменения осадков в среднем увеличивается на 1,5%/10 лет (диапазон от 0 до 3,3%/10 лет). В среднегорном районе региона эта величина варьируется от -2,6%/10 лет до 2,3%/10 лет, при среднем значении -1%/10 лет.

В среднем по республике среднегодовые осадки к 2050 году увеличатся на 9%. В низкогорном районе они в среднем вырастут на 1%, в среднегорном – уменьшаться на 3%, а в высокогорье – вырастут на 40 %.

Среди полученных прогнозных данных по осадкам (табл. 23) были выявлены тесные

корреляционные связи между собой.

Табл. 23. Прогноз изменения выпадения осадков в Республике Алтай к 2050 г.

Метеостанции	Число дней с осадками не менее 0,0 мм					Среднесуточные осадки					Среднегодовые осадки				
	1		2		3	1		2		3	1		2		3
	дней	дней	%	дней	%	мм	мм	%	мм	%	мм	мм	%	мм	%
Низкогорье															
Турочак	197	<i>193</i>	98	<i>190</i>	96	3,9	4,07	104	4,16	107	778	784	101	790	102
Кызыл-Озек	182	<i>175</i>	96	<i>171</i>	94	4,1	4,51	110	4,75	116	740	791	107	814	110
Яйлю	209	218	104	223	107	4,2	<i>4,04</i>	96	<i>3,95</i>	94	880	881	100	882	100
Чемал	166	167	101	168	101	3,2	<i>3,05</i>	95	<i>2,96</i>	93	530	<i>510</i>	96	497	94
Среднегорье															
Шебалино	176	191	109	200	114	3,1	<i>2,80</i>	90	<i>2,63</i>	85	554	536	97	526	95
Усть-Кан	133	140	105	144	109	2,8	<i>2,76</i>	99	<i>2,73</i>	98	369	387	105	394	107
Онгудай	147	154	105	158	107	2,6	<i>2,41</i>	93	<i>2,30</i>	88	391	371	95	363	93
Усть-Кокса	140	154	110	163	116	3,4	<i>3,04</i>	89	<i>2,84</i>	84	472	469	99	462	98
Катанда	151	171	113	183	121	3,0	<i>2,53</i>	84	<i>2,26</i>	75	448	433	97	413	92
Высокогорье															
Кош-Агач	78	72	93	69	88	1,6	2,11	132	2,40	150	129	152	118	165	128
Кара-Тюрек	191	<i>183</i>	96	<i>178</i>	93	3,0	4,80	160	5,85	195	571	876	153	1039	182
Ак-Кем	186	190	102	193	104	3,1	3,20	103	3,27	105	571	609	107	631	111

Примечание: 1 – 1998-2020 гг., 2 – 2039 г. 3 – 2050 г.; выделены: *курсивом* – снижение, **жирным** – повышение

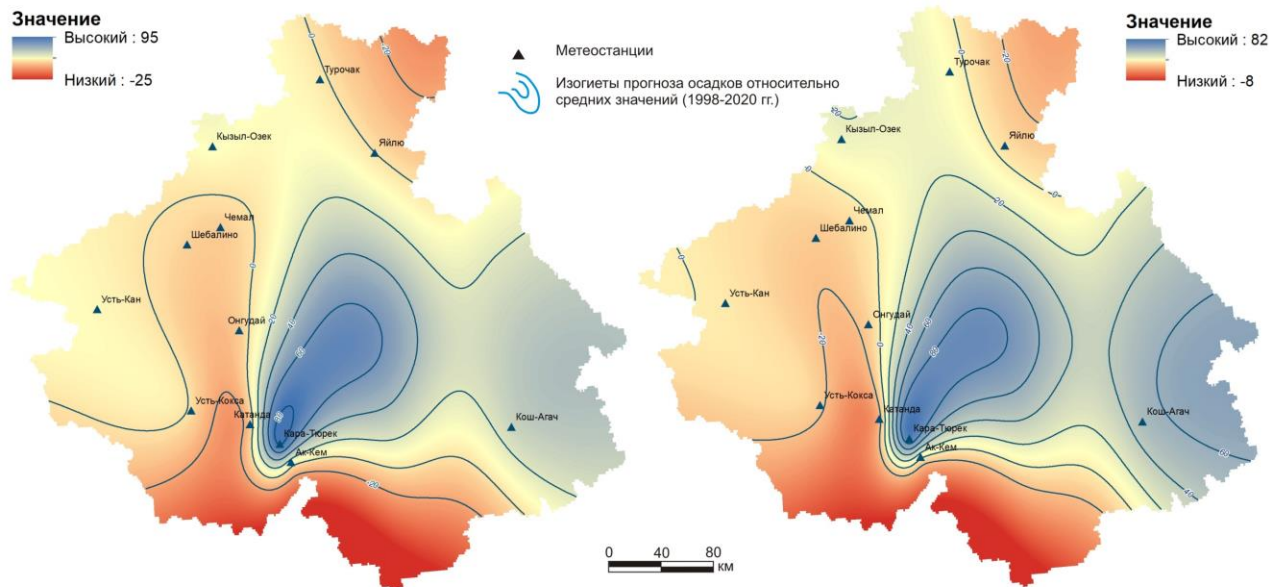


Рис. 30. Прогноз среднесуточных (слева) и среднегодовых осадков (справа) в Республике Алтай до 2050 года (%)

На основании представленных прогнозных данных об изменении режима увлажнения можно сделать следующие выводы:

- изменение осадков на территории региона имеет разнонаправленные тенденции. По проанализированным прогнозным данным среднегодовое количество осадков за год для всего региона продолжит увеличиваться. По полученным прогнозным данным проявлен тренд уменьшения среднегодовых значений осадков в среднегорье и низкогорье и увеличения значений для высокогорных метеостанций;
- годовой сток по проанализированным прогнозным данным будет стремиться к нулевому показателю, однако в разные сезоны он будет меняться от увеличения зимой и до

уменьшения летом.

– на всей территории региона, вероятно, будут возрастать риски, связанные с экстремальными осадками, прежде всего, это характерно для низкогорных и высокогорных районов региона. Это может привести к поднятию уровня грунтовых вод, создавая риски подтопления и затопления территорий. Кроме того, более сильные осадки создают опасность просадочных явлений, особенно в зонах, где развиты карстовые процессы.

6.2.3. Прогноз изменения других климатических характеристик

Ориентируясь на прогнозы, по которым среднесуточная температура будет расти, предполагаемое количество осадков не сможет компенсировать ее повышение в котловинах. Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова в период 2030-2039 гг. уменьшится на 0,1 пункт [2]. Климат будет становиться засушливее, вследствие чего увеличатся засушливые периоды.

Благодаря тому, что количество дней с температурой больше 0°C на протяжении всех сезонов (особенно весной и летом) на всей территории региона увеличится, ожидаются более ранние сроки наступления (до 10 дней) и более поздние сроки (на от 5 до 10 дней) окончания вегетационного сезона [2]. В среднем эти изменения в вегетационном периоде будут достигать 10-20 дней. Соответственно, температурные условия для растительности становятся более благоприятными на всей территории и на любой высоте. Лимитирующим фактором остаются осадки (засухи), температурные экстремумы (волны жары), редко – сильный ветер.

Во все сезоны на протяжении XXI века на территории республики ожидается уменьшение средней скорости ветра. Зимой, весной и летом скорость ветра на территории региона будет уменьшаться на 0,1 м/с, осенью – до 0,2 м/с [2]. Однако контрастность условий высокогорий будет способствовать поддержанию большого количества сильных ветров, в том числе ураганной силы.

Опасные гидрометеорологические явления в будущем будут наносить больший экономический ущерб. К примеру, сильные осадки (месячные нормы) могут спровоцировать наводнения, сели, лавины (в горах). А переход температуры через 0°C в весенний или осенний сезоны при совпадении с дождем и мокрым снегом может вызвать риск образования ледяной корки.

В целом прогнозные данные Республики Алтай (ГГО СМIP5, RCP8.5) сопряжены с ситуацией в Сибирском федеральном округе (СФО). По данным прогноза годовая температура у поверхности в СФО практически однородная, за исключением северных территорий (Красноярский край). Здесь температура выше соседних субъектов на 1°C.

Годовые суммарные осадки в Российской Федерации уменьшаются повсеместно, особенно на юге страны. Данные по осадкам также сопряжены с остальными соседними субъектами СФО. Однако на севере СФО и на Дальнем Востоке прогнозируется увеличение осадков в среднем на 0,4 мм/сут.

Таким образом, представленный прогноз указывает на важную составляющую климатического фактора в дальнейшем социально-экономическом развитии. Этот фактор должен обязательно учитываться в долгосрочных стратегиях развития региона и страны.

6.3. Прогноз изменения опасных явлений

Изменение климатических характеристик влияет на возможности возникновения опасных гидрометеорологических явлений на территории Республики Алтай. В соответствии с прогнозными данными об изменении климатических характеристик был проведен анализ последствий изменения климата в регионе (табл. 24).

Табл. 24. Прогноз опасных явлений на основе прогноза метеорологических факторов на территории Республики Алтай

Критерий	Климатические факторы	Опасные явления
Температура	Рост: год: 0,20-0,35°C/10 лет; зима: 0,35-0,5°C/10 лет; лето: 0,2-0,35°C/10 лет.	Рост: сильная жара; гололедные явления; пожароопасность; усиление ветров; криогенные оползни; термокарст; криогенное пучение; подтопление криогенно-напорными водами. Снижение: сильные морозы; наледообразование.
Осадки	Снижение: Турочак (8,3 мм/10 лет), Улаган (1,6 мм/10 лет); рост: среднегорье: до 5-13,3 мм/10 лет; Кош-Агач – до 3,3 м/ 10 лет.	Рост: среднегорье и высокогорье: число аномальных половодий, дождевых паводков; затопление и подтопление территорий; усиление русловой, овражной и плоскостной эрозии; разрушительные сели, оползнеобразование. Снижение: низкогорье: сильные дожди; половодье, дождевые паводки; речная эрозия.
Снежный покров	Сокращение продолжительности залегания снежного покрова на 10-15 дней; уменьшение высоты снежного покрова до 15 см. В горах сокращение продолжительности снежного покрова на 5-10 дней.	Рост: лавины в горных территориях. Снижение: аномально высокий снежный покров; метели. Высокогорные и межгорные впадины: замедление процессов деградации ММП из-за отсутствия снежного покрова.
Среднесуточный максимум	Низкогорье: рост на 7-16%; среднегорье снижение на 2-25%; высокогорье: значительный рост на 50-95%, на Ак-Кеме близко к норме	Рост: селявые явления на горных реках в высокогорье; дождевые паводки; оползнеобразование в бортах долин; затопление территорий. Снижение: в среднегорных районах эрозионные сели; дождевые паводки.
Число дней с осадками	Низкогорье: снижение на 4-6%; среднегорье: рост на 7-21%; высокогорье: снижение на 7-12%, на Ак-Кеме близко к норме	Рост: среднесуточные максимумы в низкогорье и высокогорье. Снижение: среднесуточные максимумы в среднегорье.
Температура ММП	Смещение дат промерзания – оттаивания на 1-2 декаду, сокращение периода мерзлого состояния грунтов на 1-3 декады. Снижение глубины промерзания в 1,5-2 раза, вплоть до полного исчезновения сезонно мерзлых грунтов	Рост: деградация ММП; криогенные оползни, термокарст, криогенное пучение. Снижение: наледообразование; подтопление криогенно-напорными водами.

В результате существенного изменения климатических характеристик в целом для низкогорья будет характерно снижение континентальности климата и смена растительных сообществ. Из негативных последствий следует отметить увеличение риска высоких паводков на малых реках в весенний период, а также риска активизации оползневых процессов в весенне-летний период. В курортном низкогорье (Чемал, Яйлю) эти риски будут

значительно ниже, но прогнозируется рост пожароопасности в Чемальском районе.

В районах Западного Алтая возможен значительный риск высоких паводков на малых и средних реках. Тогда, как в среднегорной зоне Центрального Алтая такой риск будет незначителен. Риск аномальных половодий в бассейне р. Катунь в результате увеличения зимних осадков компенсируется умеренным снижением весенних осадков, стойкими тенденциями к повышению весенних температур и смещением дат наступления весны на более раннее время.

Из положительных последствий изменения климата следует отметить, что в целом по среднегорью ожидается увеличение водного питания почв и улучшение свойств пастбищ, увеличение растительного разнообразия. В то же время повсеместно на территории Центрального Алтая будет возрастать риск пожаров в летне-осенний период.

В Улаганском районе будет наблюдаться стабильное снижение режима увлажнения в течение всего годового цикла. В целом это ведет к снижению рисков высоких паводков, как на малых реках, так и на р. Бия. Но при этом будет возрастать засушливость района, что отразится на ухудшении свойств почв и пастбищ и губительно скажется на лесных угодьях района. Весь период будет значительно увеличиваться риск лесных пожаров.

В высокогорной зоне, на территории Кош-Агачского района ожидается снижение континентальности климата, увеличение питания почв в долинах рек и межгорных впадинах, улучшение свойств высокогорных пастбищ.

В результате стойкого роста среднегодовых температур усилится деградация многолетнемерзлых пород и активизация криогенных процессов, в том числе увеличатся масштабы и площадное распространение криогенных оползней, явлений термокарста и криогенного пучения. Возможно заболачивание широких пойменных пространств р. Чуя, сокращение площади сенокосных угодий в поймах.

С ростом среднегодовых осадков на территории Кош-Агачского района будет увеличиваться риск высоких паводков на горных реках, а, значит, повышаться риск разрушительных селей, эрозионных процессов в горах. Это может приводить к разрушению автодорог, стоянок. Высокий снежный покров будет ухудшать условия для высокогорного скотоводства, снижать возможности питания животных.

Необходимо отметить, что в целом по Республике Алтай следует ожидать значительные последствия изменения климата на территории предгорных и низкогорных территорий, соответствующих Майминскому, Чойскому и Турочакскому районам, а также в юго-восточной части республики, соответствующей территории Улаганского и Кош-Агачского районов. Незначительные изменения будут характерны для внутренней среднегорной части республики. Это можно объяснить тем, что предгорные и низкогорные пространства и юго-восточная часть республики являются буферными зонами, которые защищают центральную (внутреннюю) часть Республики Алтай от влияния арктического циклона и монгольского антициклона.

7. Оценка климатических рисков для населения и хозяйственных объектов территории Республики Алтай

По определению Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), погодно-климатический риск – это сочетание вероятности опасного гидрометеорологического или климатического явления и наступления его последствий. Риск определяется как произведение вероятности конкретной опасности на вероятность уязвимости реципиента риска и может выражаться в долях единицы, процентах или денежных единицах. Однако в реальности под термином "погодно-климатический риск" понимаются самые разные понятия (например, вероятность опасного гидрометеорологического или климатического явления на данной территории, вероятность для реципиента оказаться подверженным данному явлению или понести от него тот или иной ущерб и т. д.) [38,39].

Риск существует, если на данной территории наблюдаются опасные или неблагоприятные метеорологические и климатические явления и существует некий объект (реципиент риска), находящийся под их вероятным воздействием и уязвимый к ним. В качестве реципиента риска может выступать население, территории, отрасли экономики, технические объекты и процессы, экосистемы.

В связи с указанными реципиентами риска, выделяют три направления оценки риска: определение социального риска; оценка влияния климатических факторов на экономические процессы: энергетику, строительство, транспорт и т. п.; исследование погодно-климатических рисков для сельского хозяйства и экосистем. Методы оценки рисков, применяемые в указанных направлениях исследований, могут использоваться как совместно, так и независимо друг от друга.

7.1. Оценка подверженности территории Республики Алтай воздействию опасных явлений и других погодно-климатических факторов

Оценка риска проявления опасных метеорологических и гидрологических явлений (ОМЯ и ОГЯ) на территории Республики Алтай включила следующие этапы:

- определение повторяемости ОЯ на территории Республики Алтай;
- оценка социально-экономического риска от ОЯ;
- построение картографических материалов, характеризующих степень проявления ОЯ на территории Республики Алтай.

Для расчета повторяемости опасных природных явлений применялись формулы, рекомендованные и используемые ФГБУ "ГГО" [38].

Существует две формулы для определения повторяемости лет с ОЯ – для случаев, когда явление наблюдается только один раз в году (1) и когда оно наблюдалось несколько раз в году (2):

$$p = n / N, \quad (1) \qquad p = N' / N, \quad (2)$$

где p – повторяемость лет с явлением; n – число ОЯ или НПЯ на данной территории за весь период наблюдений; N – число лет наблюдений; N' – число лет с опасным явлением.

В таблице 25 представлена оценка повторяемости опасных метеорологических явлений, рассчитанная по формулам (1) и (2) за 23-х летний период.

Табл. 25. Повторяемость основных групп ОМЯ за период 1998-2020 гг.

Метеостанции	очень сильный ветер	ураганный ветер	шквал	сильная метель	очень сильный дождь	продолжительный сильный дождь	сильный ливень	крупный град	сильные гололедно-изморозевые отложения	очень сильный снег	сильный мороз	сильная жара
Турочак	0,13	0,0	0,13	0,0	0,52	0,04	0,04	0,04	0,17	0,04	0,0	0,04
Кызыл-Озек	0,13	0,0	0,0	0,0	0,60	0,09	0,0	0,0	0,04	0,13	0,0	0,0
Яйлю	0,0	0,0	0,0	0,0	1,34	0,13	0,09	0,09	0,0	0,09	0,0	0,0
Усть-Кан	0,04	0,0	0,04	0,0	0,21	0,0	0,04	0,04	0,04	0,09	0,0	0,0
Онгудай	0,13	0,0	0,04	0,0	0,09	0,0	0,0	0,04	0,04	0,04	0,04	0,0
Усть-Кокса	0,04	0,0	0,04	0,0	0,04	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,09	0,0
Катанда	0,04	0,0	0,0	0,0	0,04	0,0	0,0	0,0	0,0	0,04	0,26	0,0
Чемал	0,0	0,0	0,0	0,0	0,30	0,0	0,0	0,09	0,04	0,04	0,0	0,09
Шебалино	0,04	0,0	0,0	0,0	0,57	0,0	0,0	0,0	0,13	0,09	0,0	0,0
Кош-Агач	0,39	0,0	0,0	0,0	0,04	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,57	0,0
Кара-Тюрек	4,35	1,52	0,0	1,22	0,04	0,0	0,0	0,0	0,0	0,13	0,0	0,0
Ак-Кем	4,44	0,57	0,13	0,09	0,09	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,04	0,0

Суммарная повторяемость ОМЯ на территории Республики Алтай представлена на рисунке ниже (рис. 31). В связи с неравномерным распределением сети метеостанций на территории Республики Алтай карта была построена в ArcGis 10.4.1 с использованием метода интерполяции обратно взвешенных расстояний (ОВР).

Кроме того, ввиду существенных отличий метеостанций Кара-Тюрек и Ак-Кем по характеру ОМЯ они не учитывались в пространственном анализе и в расчётах экономических рисков. С социально-экономической позиции высокогорные станции находятся в труднодоступных местах вне мест проживания и объектов социально-экономической инфраструктуры и поэтому фиксируемые здесь ОМЯ не оказывают воздействия на них.

В целом в высокогорье помимо очень сильных ветров (в среднем 9 раз в год), ураганных ветров (в среднем 2 случая) и сильных метелей (1 случай в год), примерно раз в 8 лет повторяются шквалы и очень сильные по интенсивности осадки. Крайне редко здесь фиксируются сильные морозы до -40°C и ниже в течение 3 суток и более (раз в 25 лет).

Без учёта высокогорных станций (Кара-Тюрек в среднем 7,3 случаев в год, Ак-Кем – 5,4) наиболее высокая суммарная повторяемость опасных метеоявлений характерна для северной части Республики Алтай – Яйлю (1,7 случаев в год), Турочак (1,2) и Кызыл-Озёк (1,0), а также для Юго-Восточного Алтая (Кош-Агач – 1,1). По другим метеостанциям показатель суммарной повторяемости в среднем менее 1 случая в год (0,2-0,8) (рис. 31).

По видам явлений наиболее часто повторяющимися (без высокогорья) на территории региона являются очень сильный дождь (до 4 раз в год), сильный мороз и очень сильный ветер повторяются ежегодно. Примерно раз в 2 года наблюдается образование сильных гололедно-изморозевых отложений и очень сильный снег, с периодичностью в 3 года повторяется крупный град, продолжительный сильный дождь и шквалы ветра примерно раз в 4 года, сильный ливень – 6 лет. К самым редким явлениям в Республике Алтай относится сильная жара, в период 1998-2020 г. имевшая показатель повторяемости 8 лет.

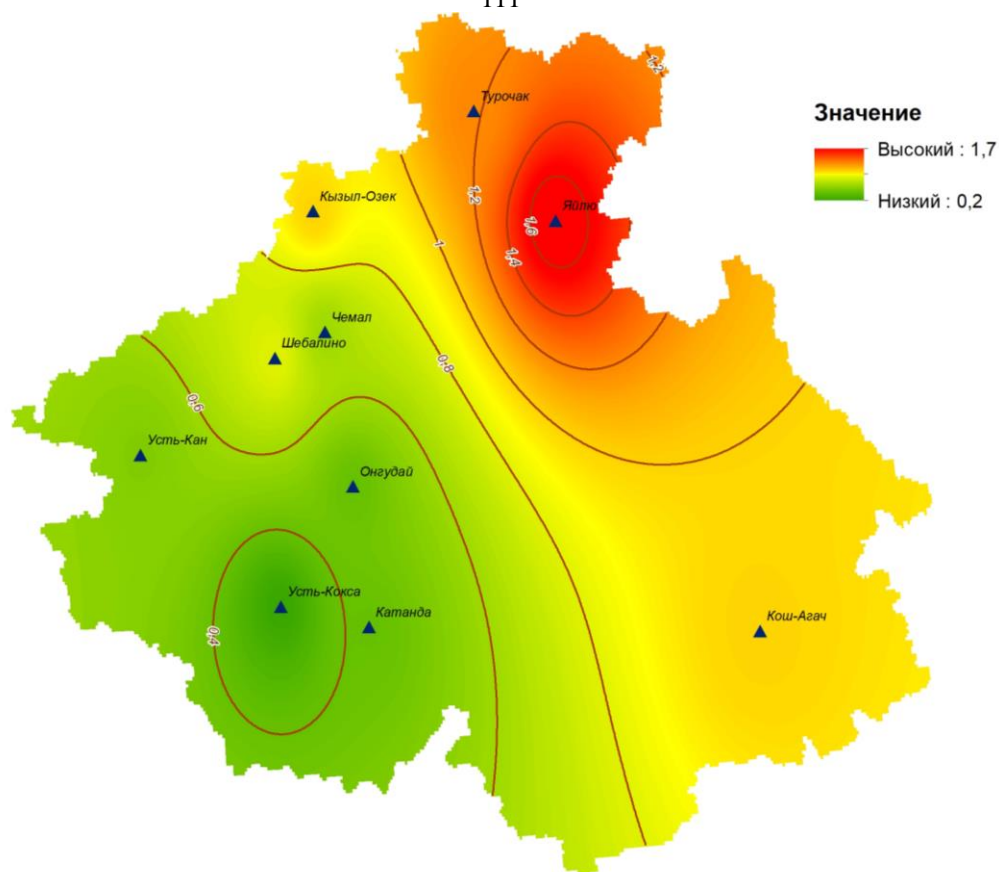


Рис. 31. Суммарная повторяемость всех видов ОМЯ на территории Республики Алтай за период 1998-2020 гг.

Для оценки влияния опасных гидрологических явлений (ОГЯ) на безопасность населения и хозяйственную сферу использовались основные подходы, применяемые в методике комплексной оценки Антонова М.М. [4]. В частности, использовались следующие данные об ОГЯ и социально-экономических условиях:

- повторяемость ОГЯ за период 1991-2021 гг.;
- количество затороопасных участков;
- количество участков автомобильных дорог, находящихся в зоне воздействия подтопления;
- количество мостов, находящихся в зоне воздействия паводка;
- количество населения, попадающего в зону воздействия паводка;
- наличие ГТС.

Для усреднения и сопоставления показателей, они выражались в долях единицы. За единицу принимались максимальные значения соответствующих показателей на территории республики. Опасность проявления ОГЯ по муниципальным образованиям представлена на рисунке 32.

Анализ ранжированной оценки опасности негативного проявления ОГЯ показывает, что максимальные социальные и экономические ущербы потенциально характерны для территории Турочакского, Майминского и Шебалинского районов. Это обусловлено высоким наличием объектов жизнеобеспечения и количества населения в зоне воздействия ОГЯ. Вероятность возникновения опасных явлений, связанных с затопляемостью территорий данных районов повышается в связи с большим количеством затороопасных участков (до 10 ед. в Шебалинском районе). Для Турочакского района характерно наиболее

частая повторяемость ОГЯ. Так, за период 1991-2021 гг. опасные гидрологические явления (паводки, половодья, низкая межень) наблюдались здесь ежегодно. На долю явлений, связанных с маловодьем, приходится 44% от общего количества ОГЯ.

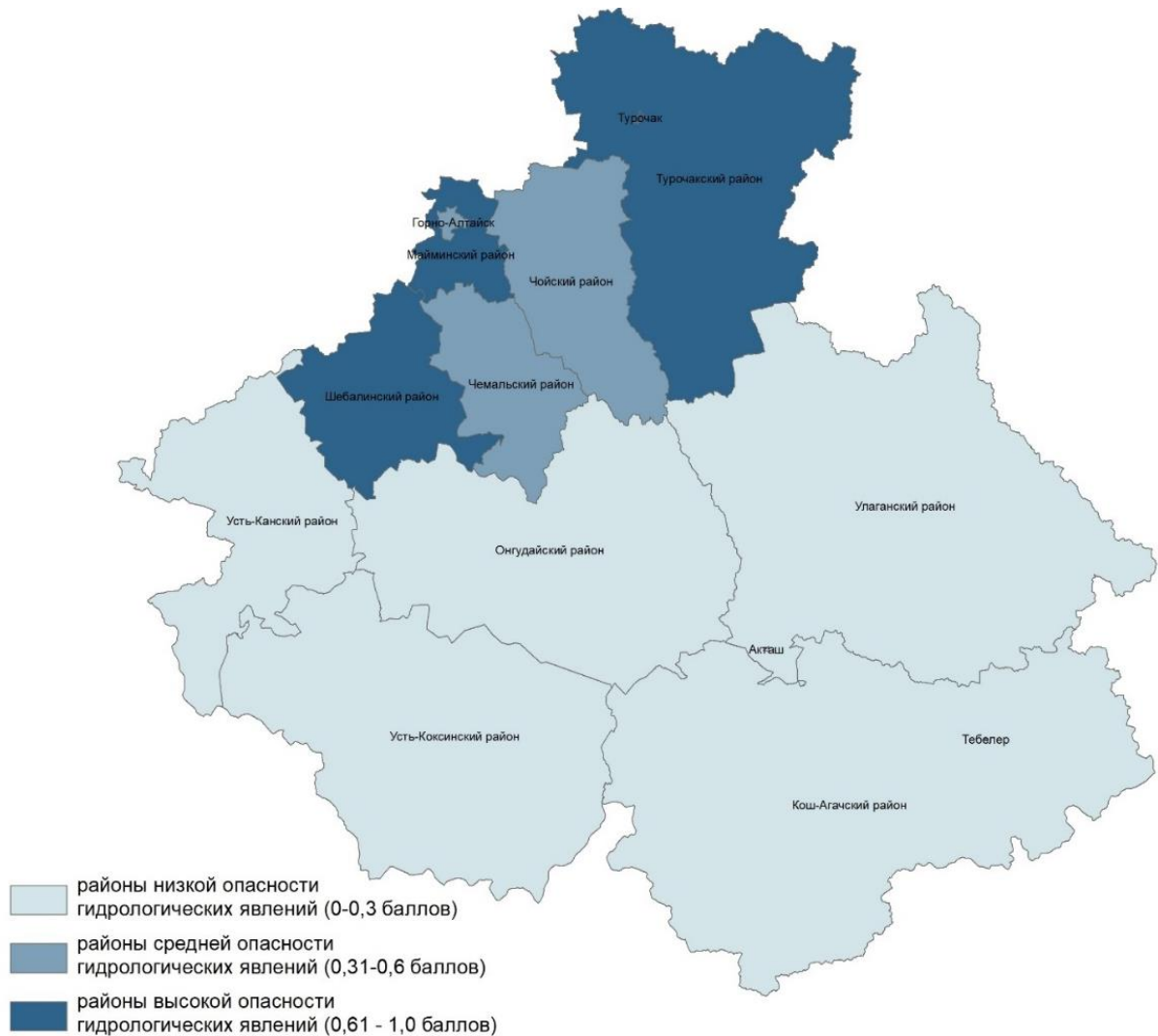


Рис. 32. Районирование территории Республики Алтай по степени опасности гидрологических явлений

Наименьшему риску ущерба от наводнений и других ОЯ гидрологического характера подвержены Кош-Агачский, Улаганский, Усть-Канский, Онгудайский и Усть-Коксинский районы. Причина в отсутствии в зоне затоплений и подтоплений густонаселенных участков, а также небольшое количество объектов экономики находящихся в зоне подтопления (1-2 ед.) и низкая степень ежегодной повторяемости опасных гидрометеорологических явлений.

К районам умеренной опасности от гидрологических явлений относятся Чемальский, Чойский районы и г. Горно-Алтайск. Для последних двух муниципальных образований повышение риска возникновения ущерба от ОГЯ связано с наличием на их территории большого количества участков автомобильных дорог (до 10 ед.) и мостов (до 6 ед.) в зоне воздействия паводка. Для Чемальского района также характерен риск возникновения катастрофического затопления вследствие аварии на ГТС. В связи с этим при оценке опас-

ности ОГЯ был учтен данный факт.

Помимо оценки подверженности районов РА рискам, связанным с ОГЯ также проведена комплексная оценка по числу случаев для всех отмеченных ОЯ в среднем за год за период 1998-2020 гг. (рис.33).

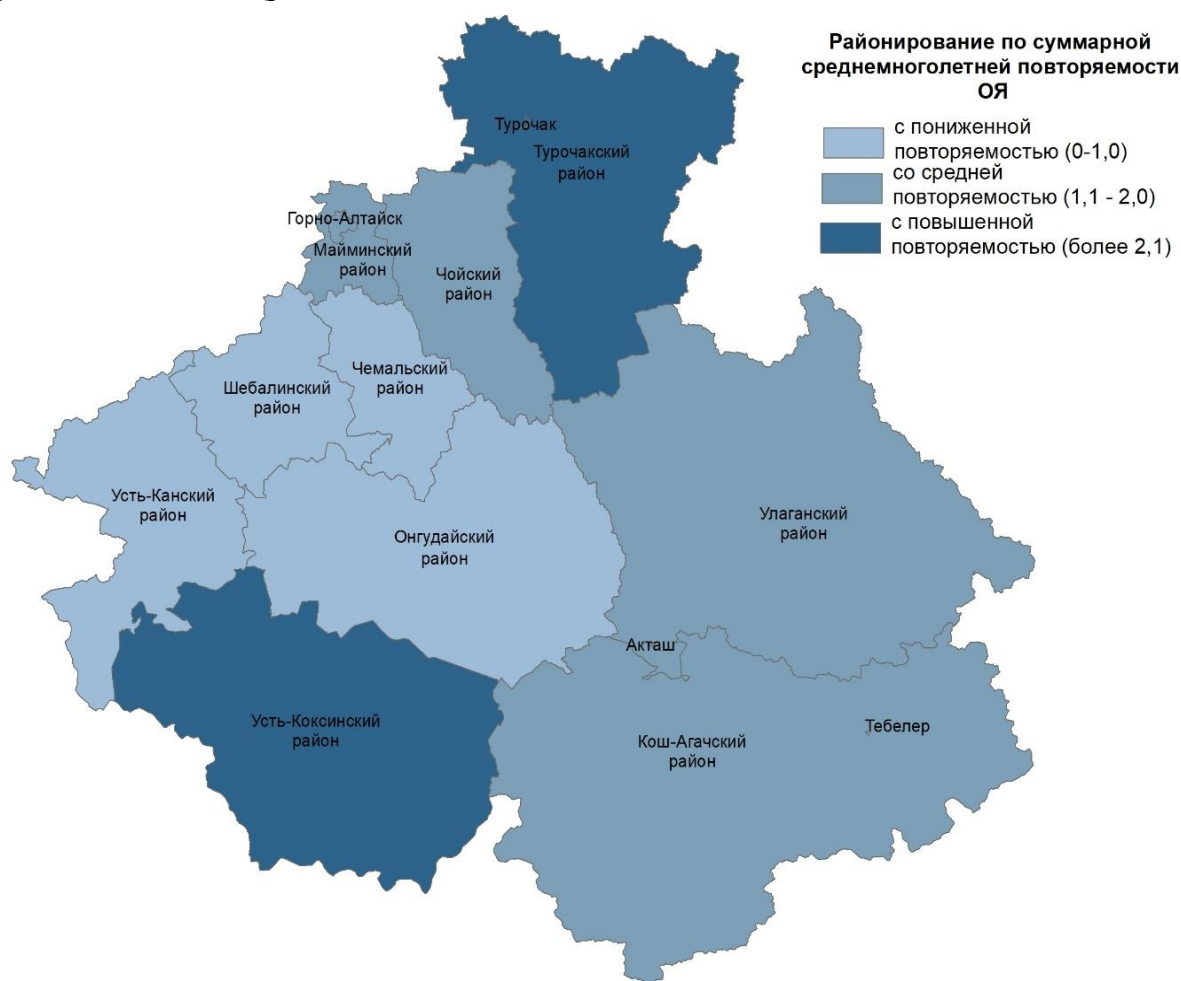


Рис. 33. Районирование территории Республики Алтай по распределению суммарной многолетней повторяемости ОЯ за период 1998-2020 гг.

Все муниципальные образования Республики Алтай можно объединить в три района. С пониженной повторяемостью ОЯ (Онгудайский, Шебалинский, Чемальский и Усть-Канский районы). Преобладающее значение имеют здесь ОМЯ в виде очень сильных дождей (48%). На гололедно-изморозевые отложения, крупный град, снег и ветер приходится по 11%. Среди ОГЯ в первых трех районах основная доля приходится на паводковые ситуации (80%), в Усть-Канском районе половодья составляют 100%.

Районы со средней повторяемостью ОЯ также характеризуются доминирующей долей в их структуре очень сильного дождя (51%) и сильного мороза (39%). На долю ветра приходится 17%. Это Кош-Агачский, Улаганский, Чойский, Майминский районы и город Горно-Алтайск. Опасные гидрологические ситуации здесь проявляются в основном в виде паводка (50%) и половодья (40%).

К районам с повышенной повторяемостью ОЯ отнесены территории двух муниципальных образований – Турочакский и Усть-Коксинский. В Турочакском районе возникают практически все виды ОЯ. При этом основная доля приходится на очень сильные дожди (64%) низкую межень (44%) и паводки (34%).

Высокая повторяемость ОЯ в Усть-Коксинском районе связана с распространением сильных ветров (ураганы, шквалы, метели) в высокогорной части района (97%). Однако важно отметить, что для высокогорных территорий риски от опасных ветровых явлений минимальны из-за отсутствия хозяйственной деятельности. В структуре опасных гидрологических явлений 67% приходится на паводки и 33 % на половодье.

В приложении 2, в таблице 8 приведена доля опасных погодных и гидрологических явлений в их общей структуре и значения их повторяемости в разрезе муниципальных образований РА.

Таким образом, о распространенности опасных явлений на территории Республики Алтай в период 1998-2020 гг. можно сделать следующие выводы:

- на заселённой и инфраструктурно освоенной территории региона (долины и котловины) наибольшее количество ОЯ фиксируется в северных низкогорных районах (ГМС Яйлю, Турочак, Кызыл-Озёк) и в высокогорной Чуйской котловине (ГМС Кош-Агач);

- труднодоступное высокогорье характеризуется самыми большими показателями количества и повторяемости ОМЯ;

- по повторяемости на большей части региона опасные явления убывают в ряду: сильный дождь (4 раза в год), сильный мороз и очень сильный ветер (1 раз в год), сильные гололедно-изморозевые отложения и очень сильный снег (1 раз в 3 года), крупный град, продолжительный сильный дождь и шквалы ветра (раз в 4 года), сильный ливень (раз в 6 лет), сильная жара (раз в 8 лет);

- районирование территории Республики Алтай по распределению суммарной многолетней повторяемости ОЯ за период 1998-2020 гг. выявило три района – с пониженной повторяемостью ОЯ (Онгудайский, Шебалинский, Чемальский и Усть-Канский районы), преобладают очень сильные дожди и паводки; со средней повторяемостью ОЯ (Кош-Агачский, Улаганский, Чойский, Майминский районы и город Горно-Алтайск) также доминируют очень сильные дожди, паводки и половодья; районы с повышенной повторяемостью ОЯ (Турочакский и Усть-Коксинский), в первом районе есть все виды явлений, во-втором – высокогорья с очень сильными ветрами вносят основной вклад.

7.2. Оценка социально-экономического ущерба и рисков от опасных явлений

Социально-экономический ущерб от гидрометеорологических явлений тесно связан как с интенсивностью опасного явления, так и с физико-географическими и социально-экономическими особенностями района, охваченного ОЯ. По данным ВНИИГМИ-МЦД за период 1991-2021 гг. на территории Республики Алтай был зарегистрирован ущерб от 306 опасных и неблагоприятных явлений погоды. Таким образом, ущерб нанесли только около 42% ранее отмеченных ОЯ. Очевидно, это объясняется тем, что некоторые опасные явления происходили на территориях, где отсутствует интенсивная человеческая деятельность.

На рис. 34 представлено количество разных видов явлений, нанесших экономический ущерб в муниципальных образованиях республики за 1991-2021 гг. Как видно из графика, ущерб, чаще всего, обусловлен воздействием сильного ветра, комплексных неблагоприятных явлений, метелью, интенсивных и длительных осадков. Наиболее значительные ущербы связаны именно с экстремальными осадками.

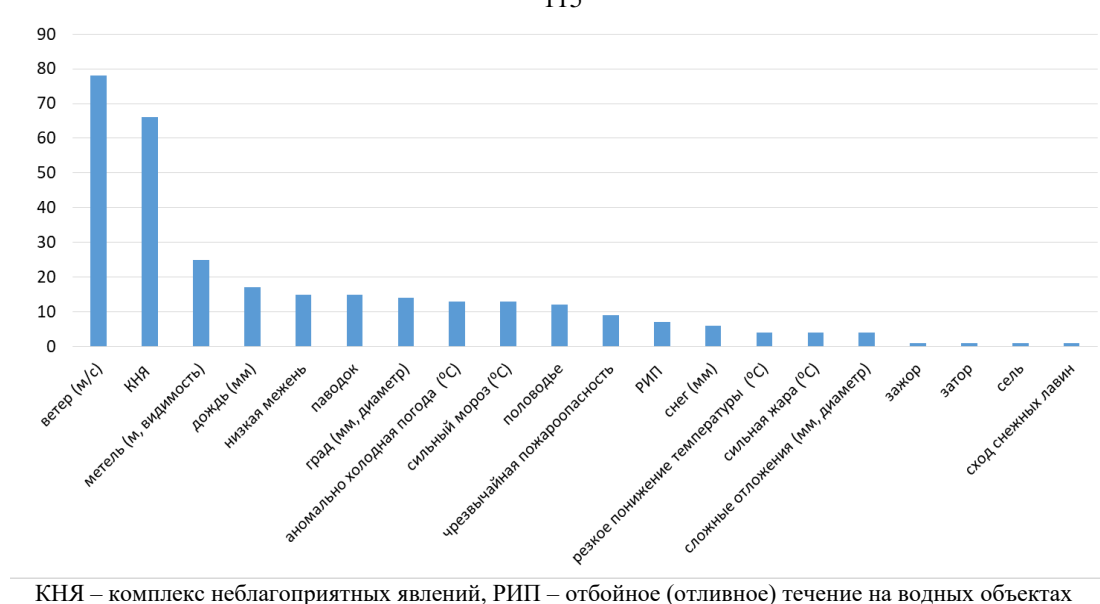


Рис. 34. Суммарное количество ОЯ, нанесших ущерб на территории Республики Алтай за период 1991-2021 гг.

Опасные гидрометеорологические явления могут влиять на экономику и экологическую обстановку Республики Алтай следующим образом:

1. Сильный ветер может привести к значительным разрушениям жизнеобеспечивающей инфраструктуры в силу ее значительной концентрации в крупных населенных пунктах, перехлестыванию проводов ЛЭП и к нарушению электроснабжения.

2. Сильные ливни и продолжительные осадки могут привести к размыву местных грунтовых дорог, сельскохозяйственных угодий, опасных скотомогильников, захоронений ядовитых отходов производства. Из-за размыва сельхозугодий, обработанных химикатами, может повыситься концентрация вредных химикатов в водных объектах, что создает риск ухудшения экологической ситуации.

3. Дождевые паводки на реках и бурное весеннее половодье приводит к затоплению прибрежных территорий (часто с необходимостью эвакуации населения), подмыву мостов, разрушению береговых гидротехнических сооружений.

4. Сильные морозы создают дополнительную нагрузку на энергосистему и коммунальное хозяйство области, т.к. увеличивается число аварий, нарушается электро-, водо- и газоснабжение населения, приостанавливаются или сокращаются работы на открытом воздухе, растет число обморожений.

5. Сильные гололедно-изморозевые отложения могут привести к обрыву проводов и поломке опор ЛЭП и нарушению энергоснабжения, к авариям на автотрассах.

6. Сильные грозы могут привести к возгоранию ЛЭП, отключению трансформаторных подстанций, нарушению энергоснабжения, стать причиной пожаров и даже гибели людей.

7. Сильные метели вызывают значительное ухудшение видимости и заносы на дорогах, что нарушает работу всех видов транспорта, приводит к росту аварий. Обильные снегопады создают угрозы для автотранспорта, городского хозяйства, повышают риски разрушения крыш и перекрытий жилых объектов и объектов промышленного производства.

За рассматриваемый период максимальный ущерб составил более 36,12 млн. рублей

и был вызван сильными и продолжительными дождями (68,4 мм) и крупным градом (диаметр 20 мм) на территории города Горно-Алтайска, н.п. Майма, Подгорное, Алферово, Дубровка, Рыбалка Майминского района и н.п. Киска Чойского района в 2014 году. В результате ОЯ пострадали 75 социально-значимых объектов, 97 многоквартирных домов, 8028 частных домовладений, в которых проживает 21763 человека.

В этот год также был отмечен сильный дождевой паводок на реках Чулышман, Урсул, Майма, Куюм, Эдиган, Элекманар, Саракокша, Сема, Бия, Катунь и на Телецком озере, в результате которого ущерб был нанесен 7500 жилым домам, в которых проживали более 47 тысяч человек, из которых более 8 тысяч детей, повреждено 503 км автомобильных дорог и 235 мостов, 20 линий электропередач протяженностью 9,3 км, 89 опор ЛЭП в 98 населенных пунктах Республики Алтай.

Следующий по величине ущерб (25,180 млн. рублей) был обусловлен гидродинамической аварией на ГТС - противопаводковой дамбе на реке Каракокша в с. Каракокша в 2016 году.

В 2021 году в результате паводка на территории города Горно-Алтайска и Чойского района в зону затопления попало 142 приусадебных участка, 35 жилых домов городской местности, 4 населенных пункта (Чоя, Гусевка, Советское, Ишинск), пострадало 686 человек. Ущерб от ОЯ составил 9,11 млн. рублей.

В 1-ом полугодии 2022 года в результате выпадения обильных дождевых осадков в с. Купчегень Онгудайского района пострадало 33 домовладения, мостовой переезд через реку Большой Ильгумень, стадион "Чедирген", детский пришкольный интернат МБОУ "Купчегеньская СОШ", здание Купчегеньской сельской администрации, детский сад "Солнышко", участки автодороги по улицам: Центральная, Партизанская, Нагорная, За-речная и Жилмассив. Материальный ущерб составил более 11млн. рублей.

Косвенный экономический ущерб от гидрометеорологических явлений по разным данным может превышать прямой примерно в 3-5 раз.

В целом, считается, что, чем более развита экономика и больше населения проживает на ней, тем больший ущерб возникает при прохождении через нее ОЯ.

При этом в большинстве работ, направленных на оценку погодно-климатических рисков для различных его реципиентов (население, территории, отрасли экономики, технические объекты и процессы, экосистемы), оценка экономического ущерба от ОЯ выражается через долю ВРП, приходящуюся на жителей охваченного ОЯ района.

В соответствии с международными нормами предполагается, что во время опасного гидрометеорологического явления экономическая деятельность невозможна в полном объеме и ВРП не производится.

Экономический ущерб рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{э}} = A \times p \times Y, \quad (3)$$

где A – доля ВРП (руб.), приходящаяся на одного жителя данной административной территории.

При наличии соответствующей информации целесообразно также принимать во внимание среднюю заработную плату или стоимость доли основных производственных фондов, приходящихся на одного жителя данной административной области [39].

При таком подходе может быть ориентировочно определена нижняя граница воз-

можного ущерба от данных ОЯ в исследуемом районе. Однако реальные ущербы обычно превышают оценки, полученные на основе ВРП. При наличии данных о величине ущербов, они должны включаться в расчет экономического риска.

Уязвимость (Y) – это предрасположенность системы понести ущерб, обусловленный неблагоприятными погодными и климатическими воздействиями.

Понятие уязвимости охватывает разнообразные концепции, включая чувствительность или восприимчивость к ущербу и отсутствие способности справляться с проблемой и адаптироваться. Главными факторами, определяющими уязвимость территорий, являются существующие экологические и социальные условия, а также состояние инфраструктуры. При таком подходе характеристика подверженности объекта включается в величину уязвимости.

Зачастую уязвимость определяется следующим образом:

$$Y = (s/S) \cdot m \cdot t_{cp} \cdot K \quad (4)$$

где Y – уязвимость территории от конкретного ОЯ, s – средняя площадь воздействия данного явления (км^2), S – площадь административной территории (км^2), m – численность населения административной территории (чел), t_{cp} – время действия ОЯ (сутки), K – коэффициент агрессивности данного ОЯ (отн. ед.).

Коэффициент агрессивности установлен по силовому воздействию ОЯ на условную поверхность. За единицу коэффициента агрессивности принято воздействие сильного ветра со скоростью более 25 м/с, создающее давление 38 $\text{кг}/\text{м}^2$. Средние значения силового воздействия других опасных явлений рассчитываются по отношению к воздействию сильного ветра и представляются в виде безразмерных коэффициентов [39].

Так как информация о ВРП в разрезе муниципальных образований Республики Алтай отсутствует, для расчета экономического риска от воздействия ОЯ использовались данные об объеме производства сельского хозяйства, объеме отгруженных товаров собственного производства, выполнения работ и услуг собственными силами, объеме инвестиций и средней зарплате (данные анализировались на 2021 год).

При расчете уязвимости территории от конкретного ОЯ учитывалась повторяемость только тех ОЯ, для которых имеются коэффициенты агрессивности (т.е. ОЯ, имеющих разрушительный характер).

При оценке уязвимости от ОЯ в Усть-Коксинском районе не включались данные об ОЯ метеостанций, расположенных на высокогорье (Ак-Кем, Кара-Тюрек), так как на этих территориях отсутствуют населенные пункты и соответственно объекты жизнеобеспечения.

Нормировка исходных данных при расчете экономического риска проводилась с помощью линейной нормировки по "минимуму" (5):

$$X_{\text{норм}} = (X_{\text{исх}} - X_{\text{мин}})/(X_{\text{мах}} - X_{\text{мин}}) \quad (5)$$

Экономический риск от ОЯ для муниципальных образований РА, рассчитывался по формулам 3-5. Пространственное распределение наиболее высоких рисков по территории региона соответствует сочетанию повышенной повторяемости экстремальных явлений и высокой плотности населения, а также развитости инфраструктуры (рис. 35).

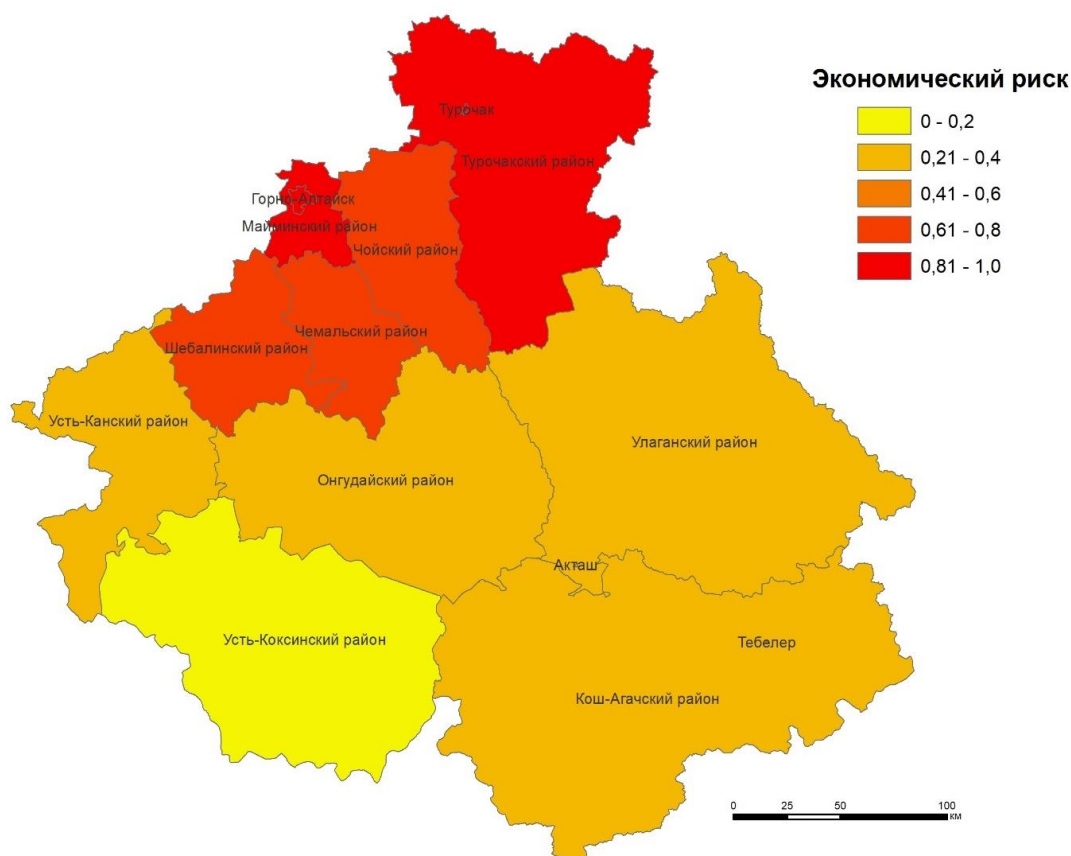


Рис. 35. Экономический риск от ОЯ для муниципальных образований Республики Алтай, выраженный в долях единицы

Значимость составляющих повышающих уровни рисков различна, например, в г. Горно-Алтайск и Майминском районе основную роль играет высокая плотность населения на единицу площади, подвергающейся опасному явлению. В Турочакском районе высокая величина экономического риска объясняется, прежде всего, высокой повторяемостью ОЯ (сильного ветра, очень сильных дождей, крупного града, гололедных явлений). Для Усть-Коксинского района характерен наиболее низкий экономический риск, благодаря малой частоте проявления ОЯ, наносящих ущерб населению и социально-экономической инфраструктуре.

Социальный риск определяется на основе сопоставления повторяемости ОЯ и социальной уязвимости населения. Её оценка производилась на основе применения "Мирового индекса риска" в соответствии с подходами, представленными в работе [38]. Этот индекс отражает важность социальных и экономических факторов, а также эффективность действий государственной власти, которые в конечном итоге могут превратить (или не превратить) природный катаклизм в социально-экономическую катастрофу. Индекс определяется на основе сопоставления вероятностей стихийных бедствий и социальной уязвимости общества к различным типам стихийных бедствий по формуле 6, в расчет составляющих риска вошли показатели, представленные в таблице 26.

$$R_{m.u.} = роя (0,33B + 0,33P + 0,33ПА), \quad (6)$$

где $R_{m.u.}$ – "Мировой индекс риска"; $роя$ – суммарная повторяемость опасных явлений; B – восприимчивость (вероятность понести ущерб); P – реагирование (способность минимизировать негативные последствия); $ПА$ – потенциал адаптации (долгосрочные стратегии экономических и социальных изменений).

Табл. 26. Составляющие показателя уязвимости населения муниципальных образований Республики Алтай от опасных явлений

Составляющие показателя	Социально-экономический показатель риска	Долевой вклад, %
Восприимчивость общества к ОЯ	Доля нетрудоспособного населения	33,3
	Доля населения с доходами ниже прожиточного минимума	33,3
	Доля населения, живущего в ветхом и аварийном жилье	33,3
Реагирование (способность общества минимизировать негативные последствия) на ОЯ	Рейтинг эффективности органов местного самоуправления в Республике Алтай (комплексная оценка мониторинга социально-экономического развития муниципальных образований)	25
	Численность организаций гражданской обороны	25
	Число врачей и больничных коек на 1 тысячу населения	45
	Расходы на социальную поддержку населения	10
Потенциал адаптации общества к ОЯ (долгосрочные стратегии)	Объем инвестиций в основной капитал за исключением бюджетных средств, по кругу предприятий, не относящихся к субъектам малого предпринимательства	100

Социально-экономические данные для муниципальных районов были взяты на сайте Федеральной службы государственной статистики и пересчитаны на 1000 человек населения. Характеристики, включенные в каждую составляющую социального риска, выражались в относительных единицах и суммировались с весами, указанными в таблице.

В разрезе муниципальных образований Республики Алтай наибольшие значения социального риска характерны для населения Турочакского района, где наблюдается наиболее высокая повторяемость различных типов ОЯ (интенсивные дожди, большие скорости ветра, паводковые и меженные ситуации) при незначительной способности общества минимизировать негативные последствия (малое число врачей и больничных коек по отношению к численности населения) (рис. 36).

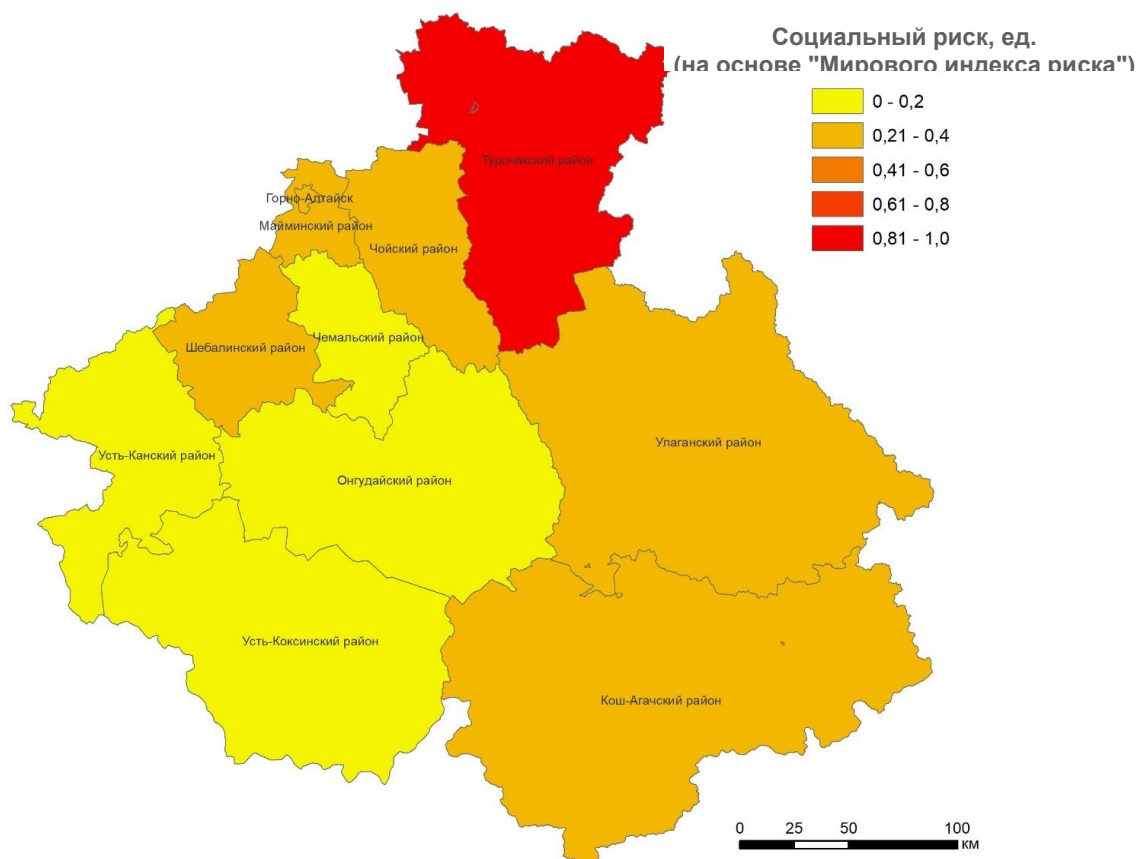


Рис. 36. Социальный риск от ОЯ для населения Республики Алтай

Остальные районы разделились на две группы по степени защищенности населения от воздействия ОЯ. Для Майминского, Чойского, Шебалинского, Кош-Агачского, Улаганского районов и г. Горно-Алтайск характерно довольно значительная вероятность понести ущерб от ОЯ, однако здесь отмечается более высокий уровень социальных услуг, доступных населению, в случае наступления экстремальных явлений погоды.

Для Онгудайского, Усть-Канского, Усть-Коксинского и Чемальского районов понижающим фактором социального риска стала наиболее низкая повторяемость ОЯ в регионе при средней степени реагирования и адаптации общества к ним.

7.3. Последствия от наиболее значимых опасных явлений для погодо- и климатозависимых отраслей экономики, элементов социальной инфраструктуры. Общие рекомендации по адаптации

Оценки экономического и социального риска от опасных гидрометеорологических явлений позволяют выявить районы, наиболее подверженные и уязвимые к таким воздействиям, и определить те составляющие риска, которые создают наибольшую опасность. Информация о рисках служит основой для разработки соответствующих адаптационных мер.

Выделяют две основные стратегии адаптации к современному и будущему климату:

- 1) жесткие стратегии – развитие инфраструктуры, более устойчивой к климатическим воздействиям;
- 2) мягкие стратегии – совершенствование институтов и систем управления:
 - подготовка учреждений по координации откликов на климатические вызовы и поддержке комплексных решений;
 - учет достижений науки в соответствующих областях для разработки современных технических решений;
 - соответствующее финансирование и страхование.

При составлении планов адаптации целесообразно концентрировать усилия, прежде всего, на "беспроектных" или малозатратных мерах по уменьшению подверженности и уязвимости объектов инфраструктуры, включая обновление нормативных документов, мониторинг и контроль их выполнения, управление остаточным риском, например, системы раннего предупреждения, передача риска путем страхования и т. д. [39].

На территории Республики Алтай наибольшего экономического риска от ОЯ приурочены к наиболее экономически развитым районам с высокой численностью населения. В этих районах оптимальной адаптационной стратегией по снижению погодно-климатических рисков является создание инфраструктуры, более устойчивой к климатическим воздействиям. Эта стратегия включает актуализацию нормативных документов по строительству, содержащих специализированную климатическую информацию, с целью учета метеорологических данных за последние десятилетия; ужесточение контроля над соблюдением строительных норм и правил при ремонте старых и строительстве новых сооружений; реконструкция сетей водоотведения с целью уменьшения утечек воды, способствующих размыву грунта и просадочным явлениям; развитие "зеленого строительства" (т.е. увеличение территорий парков и скверов, где отсутствует твердое покрытие) и т.д.

В муниципальных образованиях со слабо развитой инфраструктурой и меньшей плотностью населения обычно отмечается увеличение риска от ОЯ, из-за более низких доходов домохозяйств, большей степени износа жилого фонда, недостаточно развитой си-

стемы здравоохранения. В таких районах необходимыми мерами по снижению риска, кроме перечисленных выше, являются меры, направленные на повышение социальной защищенности людей, включая выделение дополнительных средств расселение людей из ветхих и аварийных домов, улучшение транспортной инфраструктуры, повышение доступности медицинской помощи и т.д.

В целом для снижения риска необходимо повышение надежности прогноза опасных и неблагоприятных погодных явлений и улучшение качества информированности населения об ожидаемых ОЯ, а также о методах уменьшения воздействия этих явлений на жизнь и здоровье населения. Эффективной мерой передачи и распределения риска являются различные системы страхования, которые значительно облегчают процессы восстановления объектов экономики и социальной сферы на территории, подвергшейся воздействию опасного гидрометеорологического явления.

В приложении 4, таблица 1 содержится перечень возможных для Республики Алтай последствий наиболее значимых видов ОЯ с детализацией последствий по значимым погодо- и климатозависимым отраслям экономики (в соответствии с ОКВЭД) и элементам социальной инфраструктуры.

Подводя итог оценки рисков от опасных и неблагоприятных явлений на территории Республики Алтай можно сделать следующие основные выводы:

- за период 1991-2021 гг. на территории Республики Алтай был зарегистрирован ущерб от 306 опасных и неблагоприятных явлений погоды, что составило около 42% от всех зафиксированных в регионе ОЯ, в первую очередь это обусловлено тем, что значительная доля опасных явлений происходили на территориях, не используемых в хозяйственной деятельности;

- за период 1991-2021 максимальный ущерб составил более 36,12 млн. рублей и был вызван сильными и продолжительными дождями (68,4 мм) и крупным градом (диаметр 20 мм) на территории города Горно-Алтайска, н.п. Майма, Подгорное, Алферово, Дубровка, Рыбалка Майминского района и н.п. Киска Чойского района в 2014 году. В результате ОЯ пострадали 75 социально-значимых объектов, 97 многоквартирных домов, 8028 частных домовладений, в которых проживает 21763 человека;

- закономерно установлено, что наиболее высокие значения экономического риска характерны для территорий с сочетанием повышенной повторяемости экстремальных явлений, высокой плотностью населения и развитой инфраструктурой, но значимость этих составляющих риска различна: г. Горно-Алтайск и Майминский район основную роль играет высокая плотность населения на единицу площади, подвергающейся опасному явлению; Турочакский район – высокая повторяемость ОЯ (сильного ветра, очень сильных дождей, крупного града, гололедных явлений);

- наибольшие значения социального риска характерны для населения Турочакского района, где наблюдается наиболее высокая повторяемость различных типов ОЯ при незначительной способности общества минимизировать негативные последствия (малое число врачей и больничных коек по отношению к численности населения), для Майминского, Чойского, Шебалинского, Кош-Агачского, Улаганского районов и г. Горно-Алтайска характерна довольно значительная вероятность понести ущерб от ОЯ, однако здесь отмечается более высокий уровень социальных услуг, доступных населению, в случае наступления экстремальных явлений погоды, для Онгудайского, Усть-Канского, Усть-Коксинского и Чемальского районов понижающим фактором социального риска стала

наиболее низкая повторяемость ОЯ в регионе при средней степени реагирования и адаптации общества к ним;

– на территории Республики Алтай в наиболее экономически развитых районах с высокой численностью населения оптимальной адаптационной стратегией по снижению погодно-климатических рисков является создание инфраструктуры, более устойчивой к климатическим воздействиям;

– в муниципальных образованиях со слабо развитой инфраструктурой и меньшей плотностью населения необходимыми мерами по снижению риска является повышение социальной защищенности людей, включая выделение дополнительных средств расселение людей из ветхих и аварийных домов, улучшение транспортной инфраструктуры, повышение доступности медицинской помощи и т.д.;

– в целом для снижения риска на территории региона необходимо повышение надежности прогноза опасных и неблагоприятных погодных явлений и улучшение качества информированности населения об ожидаемых ОЯ, крайне необходимым, ввиду учащения опасных явлений представляется также внедрение эффективной системы страхования, облегчающей процессы восстановления и компенсации ущербов.

Заключение

Одной из наиболее актуальных проблем развития мирового сообщества в XXI веке является глобальное изменение климата и его разноплановые преимущественно негативные экологические и социально-экономические последствия.

За последний век температура воздуха на территории России поднялась в среднем на 1,3°C, в Западной Сибири на 1,5°C, а в ее южной части – в Горном Алтае за последние полвека выросла на 1,8°C, что заметно выше среднемирового уровня (0,74°C). Величина прироста средней температуры воздуха в регионе в целом нарастает в южном направлении по мере увеличения высоты местности.

Изменение температурного режима на территории РА выражается, прежде всего, в увеличении среднегодовых температур воздуха в основном за счёт зимних и весенних месяцев в последние 30 лет на 1,0°C. Повышение температуры воздуха наблюдается во всех районах республики, но отличается по интенсивности прироста и его межсезонным вариациям. Исходя из тенденций повышения температуры за последние 30 лет средняя скорость прироста среднегодовых температур составляет 0,3/10 лет и по районам изменяется в пределах 0,2-0,5°C/10 лет. Максимальные среднегодовые отклонения температуры воздуха от нормы характерны для Юго-Восточного Алтая (Кош-Агач), минимальные для Северо-Западной части региона (Чемал, Усть-Кан). Максимальные зимние отклонения температуры характерны для засушливых межгорных котловин (менее 500 мм осадков), минимальные для долин с часто повторяющимися фёнами, а в наиболее увлажнённых долинах максимумы температурных аномалий отмечаются уже в весенний период. В целом отклонения среднегодовой температуры от нормы имеют тенденцию постепенного нарастания с северо-западного направления на север, юг и юго-восток региона, что согласуется с направлениями перемещения основных потоков воздушных масс, формирующих погоду на территории Республики Алтай.

Изменение солнечной радиации в целом находится на уровне ее естественной изменчивости, что согласуется с исследованиями в других регионах страны.

Осадки более неоднородны во времени и в пространстве, однако, в целом на фоне повышения температуры воздуха они также подвергаются изменениям. Сумма годовых осадков за последние 30 лет в основном незначительно сократилась (на 2-8%) – Чемал, Шебалино, Улаган, Катанда, Онгудай, Усть-Кан, Усть-Кокса, Ак-Кем, в ряде районов несколько увеличилась (1-4%) – Кош-Агач, Яйлю, Турочак, Кызыл-Озёк, Кара-Тюрек. Более существенные изменения наблюдаются в перераспределении осадков по сезонам. В частности, наблюдается повсеместный (за исключением Улагана) прирост количества осенних осадков в основном более 10%.

Наиболее заметные изменения в сезонном режиме осадков произошли в Кош-Агачском районе, где в зимний и осенний периоды стало выпадать, соответственно на 21% и 34% осадков больше. Также довольно существенный прирост (18-21%) осенних норм осадков наблюдается в районах метеостанций Шебалино и Чемал. Значительно (21-25%) снизилось количество зимних осадков в районе Чемала и Онгудая.

Наиболее вероятными причинами изменений режима осадков являются как повышение температуры воздуха, о чём свидетельствуют обратные корреляционные связи между этими показателями, так и особенности местных циркуляций, изменяющиеся с учётом

особенностей рельефа на фоне более глобальных процессов перестройки атмосферных циркуляций.

Изменения в режимах основных климатических параметров приводят к изменению (пока несущественному) гидрологического режима рек, в северных районах в силу увеличения объема осадков, сокращается период ледостава, местами увеличивается количество неблагоприятных погодных явлений (увеличение суточных максимумов осадков на фоне сокращения среднемесячных норм, увеличение продолжительности с засухой и жарой, рост амплитуд перепада дневных, межсезонных, годовых температур).

На основании представленных прогнозных данных об изменении температурного режима можно говорить о характерных для всей территории Республики Алтай стойких тенденциях увеличения температуры воздуха. По полученным прогнозным данным тренд увеличения температуры проявлен для всех сезонов года, наибольший рост наблюдается в низкогорном районе республики (на севере и северо-востоке). Градиент повышения зимних температур вносит наибольший вклад в увеличение годовых температур воздуха, при этом рост летних температур происходит медленнее. По данным прогнозов к середине 21 века в республике сохранятся наблюдаемые тенденции к увеличению как средних, так и сумм аномально высоких температур.

Согласно полученным прогнозным данным, изменение осадков к 2050 году на метеостанциях региона имеет разнонаправленные тенденции. Для метеостанций Турочак (низкогорье) и Улаган (среднегорье) выявлены отрицательные тренды, среднегодовые осадки уменьшатся на 8,3 мм/10 лет и 1,6 мм/10 лет соответственно. Для остальной территории региона характерен положительный тренд количества осадков. В среднем в низкогорных районах республики скорость изменения осадков составляет 0,8 мм/10 лет (диапазон от -8,3 до 5 мм/10 лет), в среднегорном районе региона эта величина варьируется от -1,6 до 13,3 мм/10 лет, при среднем значении 5,3 мм/10 лет. В высокогорье, которым представлена метеостанция Кош-Агач, скорость увеличения осадков равна 3,3 мм/10 лет.

Среднее количество дней с осадками к 2050 году уменьшится в низкогорных районах на 4-6 %, в высокогорных районах – на 7-12 %, в отличие от среднегорных районов, где прогнозируется увеличение числа дней с осадками на 7-21 %. Среднесуточные максимумы осадков также имеют разнонаправленные тенденции: к 2050 году ожидается повышение суточного максимума до 7-16 % в низкогорных районах, до 50-95 % – в высокогорных территориях. В среднегорных территориях прогнозируется снижение суточного максимума на 15-25 %.

Прогнозируемые климатические изменения, несомненно, отразятся на активизации опасных природных явлений метеорологического, гидросферного, криосферного и литосферного характера.

В связи с прогнозным повсеместным ростом температуры воздуха ожидается увеличение числа дней с экстремально высокой температурой (сильная жара, волны жары), значительное повышение пожароопасности территории Республики Алтай, деградация многолетнемерзлых пород, опустынивание степных ландшафтов, смена растительных сообществ, активизация геокриологических процессов.

Прогнозные изменения в режиме увлажнения территории не однозначны по вектору. Тем не менее, рост осадков на большей части территории республики вызовет увеличение числа дней с сильными осадками, аномальными снегопадами, метелями, активизацию се-

левых явлений на горных реках, активизацию лавин в высокогорных территориях РА.

Пожароопасность. В целом в республике в ближайшей перспективе следует ожидать повышение горимости лесов, что будет определяться перераспределением осадков, ростом средних значений температуры в течение вегетационного периода, возрастанием засушливости и частоты засух. До 2030-х рост числа пожароопасных дней в регионе маловероятен. К середине века на западе региона вероятен рост на 10-15, на востоке 0-5 дней. Возможно повышение класса пожароопасности территории Республики Алтай.

Опасные явления гидросферного характера. В среднегорных районах со стойкими тенденциями повышения среднегодового количества осадков ожидается увеличение количества опасных явлений, обусловленных сильными дождями, снегопадами, аномальными дождевыми паводками и аномальными половодьями. Возможна активизация процессов русловой, овражной и плоскостной эрозии, затопление и подтопление значительных по площади селитебных территорий. В высокогорных территориях при прогнозируемом росте среднесуточных максимумов ожидается активизация селевых явлений на горных реках, процессы оползания в бортовой части долин, образование заторов с последующими катастрофическими прорывами плотин.

Многолетняя мерзлота и опасные криогенные явления. Увеличение температуры воздуха будет способствовать деградации многолетнемерзлых пород, повышению температуры многолетнемерзлых почвогрунтов и более глубокому сезонному протаиванию. В связи со стойкими тенденциями роста температур приземного воздуха и деградаций многолетнемерзлых пород ожидается активизация криогенных процессов широкого спектра в высокогорных и среднегорных территориях республики. В горном обрамлении высокогорной межгорной Чуйской впадины ожидается увеличение масштабов криогенного оползания как по площади, так и по размерам оползней, расширение участков с развитием термокарстовых просадок, криогенного пучения грунтов и криогенно-напорного подтопления в селитебных территориях Кош-Агачского района.

Напротив, в связи с увеличением среднегодовых и зимних температур воздуха и со уменьшением количества дней с сильными морозами на среднегорных и высокогорных территориях ожидается снижение наледеобразования в зимний период года.

Опустынивание. Климатические факторы являются предпосылками, определяющими предрасположенность территории к опустыниванию, тогда как определяющими являются антропогенные факторы. Продолжающийся перевыпас скота, на фоне изменений климата последних десятилетий, способствует усилению опустынивания сухостепных ландшафтов и деградации почв.

Изменение экосистем. Климатические изменения будут оказывать значимое влияние на экосистемы. Среди основных климатогенных эффектов можно выделить: изменение продолжительности вегетационного периода, сдвиги ареалов животных и смещение границ лесной растительности в меридиональном направлении и по высоте в горах. Необходим контроль динамики экосистемы, для этого предлагается разработать комплексный геоэкологический мониторинг, который должен быть ориентирован на проработку главных аспектов проблем горных территорий, включая проблемы биоразнообразия, деградации многомерзлых пород и опустынивания.

Оценка климатических рисков. Наиболее высокие значения экономического риска характерны для территорий с сочетанием повышенной повторяемости экстремальных яв-

лений, высокой плотностью населения и развитой инфраструктурой. Наибольшие значения социального риска характерны для населения Турочакского района, где наблюдается наиболее высокая повторяемость различных типов ОЯ при незначительной способности общества минимизировать негативные последствия (малое число врачей и больничных коек по отношению к численности населения). Для Майминского, Чойского, Шебалинского, Кош-Агачского, Улаганского районов и г. Горно-Алтайска характерна довольно значительная вероятность понести ущерб от ОЯ, однако здесь отмечается более высокий уровень социальных услуг, доступных населению, в случае наступления экстремальных явлений погоды. Для Онгудайского, Усть-Канского, Усть-Коксинского и Чемальского районов понижающим фактором социального риска стала наиболее низкая повторяемость ОЯ в регионе при средней степени реагирования и адаптации общества к ним.

На территории Республики Алтай в наиболее экономически развитых районах с высокой численностью населения оптимальной адаптационной стратегией по снижению погодно-климатических рисков является создание инфраструктуры, более устойчивой к климатическим воздействиям. Также необходима актуализация нормативных документов по строительству, содержащих специализированную климатическую информацию, с целью учета метеорологических данных за последние десятилетия; ужесточение контроля над соблюдением строительных норм и правил при ремонте старых и строительстве новых сооружений; реконструкция сетей водоотведения с целью уменьшения утечек воды, способствующих размыву грунта и просадочным явлениям; развитие "зеленого строительства" (т.е. увеличение территорий парков и скверов, где отсутствует твердое покрытие) и т.д.

В муниципальных образованиях со слабо развитой инфраструктурой и меньшей плотностью населения необходимыми мерами по снижению риска является повышение социальной защищенности людей, включая выделение дополнительных средств расселение людей из ветхих и аварийных домов, улучшение транспортной инфраструктуры, повышение доступности медицинской помощи и т.д..

Общей мерой по снижению риска от опасных явлений на территории региона является повышение надежности прогноза опасных и неблагоприятных метеорологических и гидрологических явлений и улучшение качества информированности населения о них. Крайне необходимым, ввиду учащения опасных явлений представляется внедрение эффективной системы страхования, облегчающей процессы восстановления и компенсации ущерба.

Список использованных источников и литературы

1. Абдусаматов Х.И. Солнце диктует климат Земли / Х.И. Абдусаматов. – СПб.: Logos, 2009. 197 с.
2. Анализ и прогноз изменений климата в российской части Алтае-Саянского экорегиона и на приграничных территориях Казахстана и Монголии. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2018. 289 с.
3. Анисимов О.А., Белолуцкая, М.А. Влияние изменения климата на вечную мерзлоту: прогноз и оценка неопределенности. В кн.: А. Израэль (ред.), Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Гидрометеиздат, С.Петербург, 2003. С. 21-38.
4. Антонова М.М. Комплексная оценка опасных гидрологических явлений в бассейне Волги // Вестник Моск. Ун-та Сер. 5. География. 2011. № 1. С. 48-54
5. Атлас Алтайского края. В 2 Т. – Барнаул, ГУГК, 1978. Т.1. 222 с.
6. Башалханова Л.Б., Буфал В.В., Русанов В.И. Климатические условия освоения котловин Южной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1989. 158 с.
7. Бородавко П.С. Климатообусловленные изменения термокарстовых ландшафтов в горах Русского Алтая // Гео-Сибирь. – 2009. Т. 4. № 1. С. 155-159.
8. Бородавко П.С. Изменения климата и динамика рельефа криолитозоны Горного Алтая // Вопросы географии Сибири. Сборник статей. – Томск, 2009. С. 142-147.
9. Бурлакова Л.М., Люцигер А.О., Пивоварова Е.Г. Долговременные и современные тенденции изменения параметров климата высокого Алтайского Приобья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. № 5 (79). С. 37-43.
10. Бурман Э.А. Местные ветры. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. 341 с.
11. Власов В.И., Дагкесаманский Р.Д., Потапов В.А., Тюльбашев С.А., Чашей И.В. О долговременных изменениях параметров солнечного ветра и солнечной активности с возможным приложением к проблеме глобального климата // Краткие сообщения по физике ФИАН. 2022. № 1. С.10-15.
12. Влияние изменения климата на экосистемы. Охраняемые природные территории России: анализ многолетних наблюдений. Под редакцией А. Кокорина, А. Кожаринова, А. Минина. – WWF. 2001. 184 с.
13. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / Росгидромет: Москва, 2014. 1018 с.
14. Галахов В.П., Мухаметов Р.М. Ледники Алтая. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. 136 с.
15. География Сибири в начале XXI века: в 6 т. / гл. ред. В.М. Плюсин. – Новосибирск: Гео, 2016. – Т.5: Западная Сибирь / отв. ред. Ю.И. Винокуров, Б.А. Красноярова. 447 с.
16. Густокашина Н.Н. Многолетние изменения основных элементов климата на территории Предбайкалья. Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2003. 107 с.
17. Дмитриев А.Н., Кречетова С.Ю., Кочеева, Н.А. Грозы и лесные пожары от гроз на территории Республики Алтай / Монография: ГАГУ, Горно-Алтайск, 2011. 155 с.
18. Доклад о состоянии и использовании земель в Республике Алтай в 2021 году. – Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по РА, 2022 г.
19. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Республики Алтай в 2021 г. Горно-Алтайск, 2022. 160 с.
20. Достовалова М.С, Шитов А.В О влиянии метеорологических характеристик и геодинамической активности на режим образования гидрогенных наледей Горного Алтая [Электронный ресурс]. – URL: <http://altay-geojournals.ru/wp-content/uploads-/2015/02/13->

11.pdf.

21. Достовалова М.С. Оползневые процессы – одни из ярких представителей климатических рисков на территории Республики Алтай // Природные ресурсы Горного Алтая. 2021. № 1-2. С. 50–61.
22. Достовалова М.С. Режимообразующие факторы криогенно-напорного подтопления территории села Кош-Агач // Природные ресурсы Горного Алтая. 2006. № 1. С. 85–89.
23. Дроздов Д.С., Устинова Е.В., Железняк М.Н. и др. Цифровые карты криолитозоны и оценка современных изменений в криосфере // Журнал "Холодок". №1, 2018. С. 18–24.
24. Железняк М.Н., Сериков С.И., Шац М.М. Современный этап создания ГТС "Сила Сибири-2": проблемы и перспективы // Известия АО РГО. 2021. № 2 (61). С. 27–39.
25. Железняк М.Н., Шац М.М., Сериков С.И. и др. Высотная температурная поясность Центрального Алтая // Криосфера Земли. 2020, т. XXIV, № 3, стр. 18–24.
26. Журавлева О.В., Сухова М.Г., Чернова Е.О., Бакулин А.А. Опасные гидрологические явления на территории Республики Алтай // Материалы международной научно-практической конференции "Природа, культура и устойчивое развитие алтайского трансграничного региона". – Усть-Кокса, 2017. С. 70-74.
27. Золотокрылин А.Н. 2003. Климатическое опустынивание / Отв. ред. А.Н. Кренке. М.: Наука. 246 с.
28. Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В. Динамика засух в Европейской России в ситуации глобального потепления // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, Т. XXI, С. 160–181.
29. Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б. 2011. Новый подход к мониторингу очагов опустынивания // Аридные экосистемы. Т. 17. №3 (48). С. 14-22.
30. Зяблицкая А.Г., Малыгина Н.С., Барляева Т.В. Современные изменения атмосферных осадков в Горном Алтае // BioClimLand. 2013. №1. С. 19-28.
31. Изменение климата и биоразнообразии Российской части Алтае-Саянского региона / под ред. Н.Н. Михайлова – Красноярск, 2013. 328 с.
32. Изменение климата и его воздействие на экосистемы, население и хозяйство российской части Алтае-Саянского экорегиона: оценочный доклад / Под ред. А.О. Кокорина. – М.: WWF России, 2011. 168 с.
33. Информационная база с сайта ВНИИГМИ-МЦД. [Электронный ресурс]. – URL: <http://meteo.ru>
34. Катцов В.М., Мелешко В.П. Сравнительный анализ моделей циркуляции атмосферы и океана, предназначенный для оценки будущих изменений климата. Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2004. Т. 40 № 6, С. 647-658.
35. Кирста, Ю.Б. Ловцкая О.В., Пузанов А.В. Прогноз изменения климата Алтае-Саянской горной страны до 2030 года // Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов (SDM-2019): Сборник трудов всероссийской конференции с международным участием. – Бердск: Институт вычислительных технологий Сибирского отделения РАН, 2019. С. 114-117.
36. Климатическая доктрина Российской Федерации, утвержденная распоряжением Президента Российской Федерации 17 декабря 2009 г. № 861-рп.
37. Климатическая повестка России: реагируя на международные вызовы [Электронный ресурс]. – URL: https://www.dipacademy.ru/documents/2267/2021_1_%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4_%D0%9A%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D1%82_%D0%A6%D0%A1%D0%A0_%D0%90%D0%A6_%D0%A0%D0%AD%D0%90_%D0%A1%D0%A6.pdf
38. Кобышева Н.В., Акентьева Е.М., Галюк Л.П. Климатические риски и адаптация к

изменениям и изменчивости климата в технической сфере. – Санкт-Петербург: "Издательство Кириллица", 2015. 214 с.

39. Кобышева Н.В., Акентьева Е.М., Пигольцина Г.Б., Ключева М.В., Разова Е.Н., И.Н. Шанина, Фасолько Д.В. Методическое руководство по оценке и управлению погодноклиматическими рисками и разработке адаптационных мер с экономическим обоснованием их применения в хозяйственной и социальной сферах. // Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2020. № 598. С. 5-136.

40. Красноярова Б.А., Харламова Н.Ф. и др. Стратегическое развитие аграрной сферы и рекреации в Алтайских регионах России в условиях региональных климатических изменений // <http://dx.doi.org/10.18551/rjoas.2015-07.01>

41. Кривонос Б.М., Ревякин В.С. Климат Горного Алтая. – Томск: Изд-во ТГУ, 1971. С. 74-96.

42. Куминова А.В. Растительный покров Алтая. - Новосибирск: РИО АН СССР, 1960. 450 с.

43. Липка О. Н. Изменения климата в Алтае-Саянском регионе: что происходит и каковы прогнозы? // ТӨв Азийн экосистем: судалгаа, хамгаалал, зохистой ашиглалт: "УВС НУУР" Олон улсын ээлжит XIV симпозиум. – ООПТ "Убсунурский бассейн": "Мөнхийн үсэг" ХХК, 2018. С. 50-60.

44. Литвинов А.С. Геоэкологические исследования высокогорий Большого Алтая // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции Алтай трансграничный: природный, социально-экономический, культурный и рекреационный потенциал Евразии. – ГАГУ, 2020. С. 110-114.

45. Маринин А.М., Самойлова Г.С. Физическая география Горного Алтая. – Барнаул, 1987. 110 с.

46. Мельников П.И., Каменский Р.М., Павлов А.В. Мониторинг криолитозоны // Вестник Российской академии наук. 1993, Т. 53, № 12. С. 1090-1095.

47. Минаев А.И., Сухова М.Г. Особенности и проблемы развития туризма в Республике Алтай в контексте климатических изменений / Материалы Российско-Германского научно-консультативного семинара "Воздействие изменения климата и землепользования на ООПТ и биоразнообразие Алтае-Саянского экорегиона". – Горно-Алтайск – Бонн, 2013

48. Модина Т.Д. Климаты Республики Алтай. – Новосибирск, 1997. 177 с.

49. Модина Т.Д. Типизация долинных климатов. // Вопросы географии Горного Алтая. – Барнаул, 1975. С. 18-25.

50. Модина Т.Д. Фены долины Катунь. / Изв. Алт. геогр. об-ва. СССР, 1972. Вып. 13.

51. Модина Т.Д. Фены и климат Горного Алтая. – Томск: Изд. ТГУ, 1981. С. 78-81.

52. Модина Т.Д., Сляднев А.П. Климаты долин Северного Алтая. // Науч.труды НГПИ, Новосибирск, 1972. С. 212-224.

53. Модина Т.Д., Сухова М.Г. Климат и агроклиматические ресурсы Алтая. – Новосибирск: Универсальное кн. изд-во, 2007. 180 с.

54. Нарожный Ю.К., Никитин С.А. Современное оледенение Алтая на рубеже XXI века // Материалы гляциологических исследований. 2003. №95.

55. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Коллективная монография. Т. 2. Последствия изменений климата. – Росгидромет, Москва, Т.2, 2008, 288 с.

56. Оценочный доклад Проект ПРООН / ГЭФ Изменение климата и его воздействие на экосистемы, население и хозяйство российской части Алтае-Саянского экорегиона. - WWF России / Москва, 2011, 170 с.

57. Панкова Е.И., Конюшкова М.В. Влияние глобального потепления климата на засо-

- ленность почв аридных регионов // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2013, Вып. 71. С. 3-15.
58. Перечень опасных природных явлений. [Электронный ресурс]. – URL: <http://meteo-altai.ru/ofitsialno/perechen-opasnykh-yavlenij>
59. Полищук Ю.М., Шаронов Д.С. Изучение динамики полей термокарстовых озер в горных долинах Алтая // Исследование Земли из космоса, 2013, № 1, С. 44–47.
60. Пономарев Е.И., Харук В.И. Горимость лесов Алтае-Саянского региона в условиях наблюдаемых изменений климата // Сибирский экологический журнал. 2016. №1. С. 38-46.
61. Попова К.И., Егорина А.В. Атмосферные осадки Юго-Западного Алтая (генезис, география, изменчивость). // Гляциология Сибири. – Томск, 1993. Вып. 4 (19). С. 199-222.
62. Постановление Правительства Республики Алтай от 13 марта 2018 г. № 60 "О Стратегии социально-экономического развития Республики Алтай на период до 2035 года"
63. Почвы Горно-Алтайской автономной области / ред. Р.В. Ковалев. Новосибирск: Изд-во "Наука". 1973. 352 с.
64. Предложения по размещению АГК и созданию системы краткосрочного прогнозирования паводковых явлений на территории трансграничного региона «Алтайский край – Республики Алтай. [Электронный ресурс]. – URL: <https://геоиннотех.рф>
65. Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации № 267 от 13.05.2021 "Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата". [Электронный ресурс]. – URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/b3cc582c24e7367170b5605f1199c6a9/267_13052021.pdf
66. Природные комплексы Майминского района Республики Алтай / Коллективная монография. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2006. 186 с.
67. Распоряжение Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 16-р от 19.05.2021 "Об утверждении типового паспорта климатической безопасности территории субъекта Российской Федерации". [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_395196/f62ee45faefd8e2a11d6d88941ac66824f848bc2/
68. Распоряжение Правительства Республики Алтай от 22 октября 2021 года № 655-р "О прогнозе социально-экономического развития Республики Алтай на 2022 год и на плановый период 2023 и 2024 годов".
69. Распоряжение Правительства Республики Алтай от 26 июля 2017 года № 404-р "Прогноз социально-экономического развития Республики Алтай на период 2035"
70. Ревякин В.С., Фашевский Б.В. О количестве осадков на территории Горно-Алтайской автономной области // Изв. Алт. геогр. об-ва. СССР. – Барнаул, 1965. Вып. 5.
71. Ревякин В.С., Галахов В.П., Голещихин В.П. Горноледниковые бассейны Алтая. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1979. 309 с.
72. Результаты исследований изменений климата для стратегий устойчивого развития Российской Федерации. – М: ООО "Вива-Стар", 2005, 180 с.
73. Робертус Ю.В., Шевченко Г.А. Зависимость гидрохимических показателей Телецкого озера и его притоков от солнечной активности // Вестник ТГПУ. 2009. Вып. 11 (89). С. 194-197.
74. Рубцова А.В., Сухинина А.И., Ваганова Е.А. Классификация территории Сибири по фактической горимости с использованием спутниковых данных // Журнал Сибирского федерального университета. 2010. №3. С. 30-39.

75. Русанов В.И. Фены Центрального Алтая. // Вопросы охраны природы Горного Алтая. – Горно-Алтайск, 1978. С. 132-135.
76. Сапожникова С.А. Особенности термического режима Горного Алтая. // Тр./НИКАК. 1965. Вып. 33. С. 97-123.
77. Севастьянов В.В., Дьячкова Л.П. О вертикальном градиенте температуры воздуха в Горном Алтае в летний период. // Гляциология Алтая. – Томск, 1981. Вып. 15. С. 73-77.
78. Севастьянов В.В. Климат высокогорных районов Алтая и Саян. – Томск: Изд-во ТГУ, 1998. 202 с.
79. Севастьянов В.В. Климатические ресурсы Горного Алтая и их прикладное использование. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. 251 с.
80. Севастьянов В.В. Радиационные факторы климатообразования Алтае-Саянской горной области в период современных изменений климата // Геосферные исследования. 2020. № 1. С. 102-115.
81. Севастьянов В.В., Андрейчик М.Ф. Радиационный режим Алтае-Саянской горной страны // Вестн. Тув. гос. ун-та. Сер. Естественные и сельскохозяйственные науки. 2011. № 2. С. 121-124.
82. Селезнёва Ю.А., Севастьянова Л.М. Ресурсы солнечной радиации в горноледниковом бассейне Актру (Алтай) // BioClimLand. 2013. №. 1. С. 41-47.
83. Серия "Климатические паспорта экорегионов". Выпуск 1 – "Алтае-Саянский экорегион". – WWF, 2001, 24 с.
84. Сляднев А.П. Очерки климата Алтайского края. – Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1957.
85. Софронов, М.А. Пожарная опасность в природных условиях / М.А. Софронов, И.Г. Гольдаммер, А.В. Волокитина, Т.М. Софронова. – Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2005. 330 с.
86. Сухова М.Г. Климаты ландшафтов Горного Алтая и их оценка для жизнедеятельности человека / дисс. к.г.н. – Горно-Алтайск, 2001. 191 с.
87. Сценарные прогнозы на основе глобальных моделей СМIP3 [Электронный ресурс]. – URL: <http://voeikovmgo.ru/index.php/component/content/article/21-uncategorised/625-izmenenie-klimata-rossii-v-21m-veke-cmip>
88. Сценарные прогнозы на основе глобальных моделей СМIP5 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cc.voeikovmgo.ru/ru/klimat/izmenenie-klimata-rossii-v-21-veke>
89. Сценарные прогнозы на основе региональной модели [Электронный ресурс]. – URL: <https://cc.voeikovmgo.ru/ru/klimat/lf-hr>
90. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – СПб.: Научное издательство «Лань», 2022. 124 с.
91. Уйманова В.А. Мониторинг гидрометеорологических процессов в бассейне реки Майма для определения факторов формирования наводнения / Автореф. дисс. к.г.н. – Барнаул, 2021. 22 с.
92. Федеральная служба государственной статистики.– Доклад о социально-экономическом положении Республики Алтай [Электронный ресурс]. – URL: <https://gks.ru/region/doc1184/Main.htm>
93. Федеральный закон "О гидрометеорологической службе" от 19 июля 1998 г. № 113-ФЗ.
94. Федеральный закон "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ.
95. Халберг Ф. Корнелиссен Г., Сотерн Р.Б., Шварцкопф О. БЕЛ-циклы: не "Брукнер" и не "Брикнер", а вновь востребованный Брюкнер // История наук о Земле. 2009. Т. 2. № 1. С. 59-71.

96. Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2013. 156 с.
97. Харламова Н.Ф., Сухова М.Г. Динамика изменений температуры воздуха приземной атмосферы в Алтае-Саянском экорегионе // Региональные эффекты глобальных изменений климата (причины, последствия, прогнозы): Материалы Междунар. науч. конф. – Воронеж: Науч. книга, 2012. С. 168–174.
98. Чебакова Н.М., Парфенова Е.И., Бляхарчук Т.А. Экосистемы и виды // Изменение климата и его воздействие на экосистемы, население и хозяйство российской части Алтае-Саянского экорегиона: оценочный доклад / под ред. А.О. Кокорина; Всемирный фонд дикой природы (WWF России). – М., 2011. С. 80–99.
99. Черных Д.В. Самойлова Г.С. Ландшафты Алтая (Республика Алтай и Алтайский край). Карта. М – 1:500000 // ФГУП Новосибирская картографическая фабрика, 2011.
100. Чудинова С.М., Быховец С.С., Сороковиков В.А., Барри Р., Жанг Т., Гиличинский Д. А. и др. Особенности изменения температуры почв России в период последнего потепления климата, Криосфера Земли, 2003. Т. 7, № 3, С. 23–30.
101. Шац М.М. Геокриологические условия Алтае-Саянской горной страны – Новосибирск: Наука, 1978. 103 с.
102. Школьник И.М., Мелешко В.П., Ефимов С.В. Стафеева Е.Н. Изменения экстремальности климата на территории Сибири к середине XXI века: ансамблевый прогноз по региональной модели ГГО // Метеорология и гидрология. 2012. №2. С. 5-22.
103. Шмакин А.Б., Харламова Н.Ф., Яшина Т.В. и др. Климат Алтае-Саянского экорегиона, его современные и возможные в будущем изменения // Региональный отклик окружающей среды на глобальные изменения в Северо-Восточной и Центральной Азии: Материалы Междунар. науч. конф.– Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2012. Т. 1. С. 112–117.
104. Яськов М.И. Деградация почв и опустынивание сухостепей и степной зоны России в условиях потепления климата // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Горно-Алтайск: ГАГУ, 2020. С. 195-200.
105. Яськов М.И. Опустынивание Чуйской котловины (Горный Алтай): Монография. – Бийск: НИЦ БиГПИ, 1999. 195 с.
106. Яськов М.И. Полевое кормопроизводство в условиях опустыненных степей высокогорий Алтая (Чуйская котловина): монография / М.И. Яськов. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2012. 304 с.
107. Яськов М.И. Проблемы опустынивания, фитомелиорации и кормопроизводства аридных территорий высокогорий Алтая: учебное пособие. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2015. 248 с.
108. Яськов М.И., Важов В.М., Важов С.В. Особенности опустынивания высокогорий Алтая // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 9-4. С. 745-745.
109. Heiland S., May A., Kocheeva N. et al. Climate change, biodiversity and landscape planning in the Altai Mountains // Proceedings of the European Conference “Climate Change and Nature Conservation in Europe – an ecological, policy and economic perspective”: Organised by the German Federal Agency for Nature Conservation (BfN) with the support of the Freie Universität Berlin and in collaboration with the European Network of Heads of Nature Conservation Agencies (ENCA). – BfN-Skripten 367, 2014. P. 150–152.
110. IPCC (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. – Geneva. Switzerland. 104 pp.
111. IPCC (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I,

II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. – Geneva. Switzerland. 104 pp.

112. Roberto Cazzolla Gatti, Terry Callaghan, Alena Velichevskaya, Anastasia Dudko Accelerating upward treeline shift in the Altai Mountains under last-century climate change // *Scientific Reports* volume 9, Article number: 7678 (2019).

113. Sukhova M.G., Garms E.O., Politova N.G. Diagnostics of reaction of mountain ecosystems of Altai on regional climate changes // 3rd International Scientific and Practical Conference “Science and Society”. – London, 2013. P. 46–54.

114. World Data Center for the production, preservation and dissemination of the international sunspot number (Мировой центр данных по производству, сохранению и распространению международного числа солнечных пятен) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sidc.be/silso/datafiles>

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Основные метеорологические характеристики территории Республики Алтай

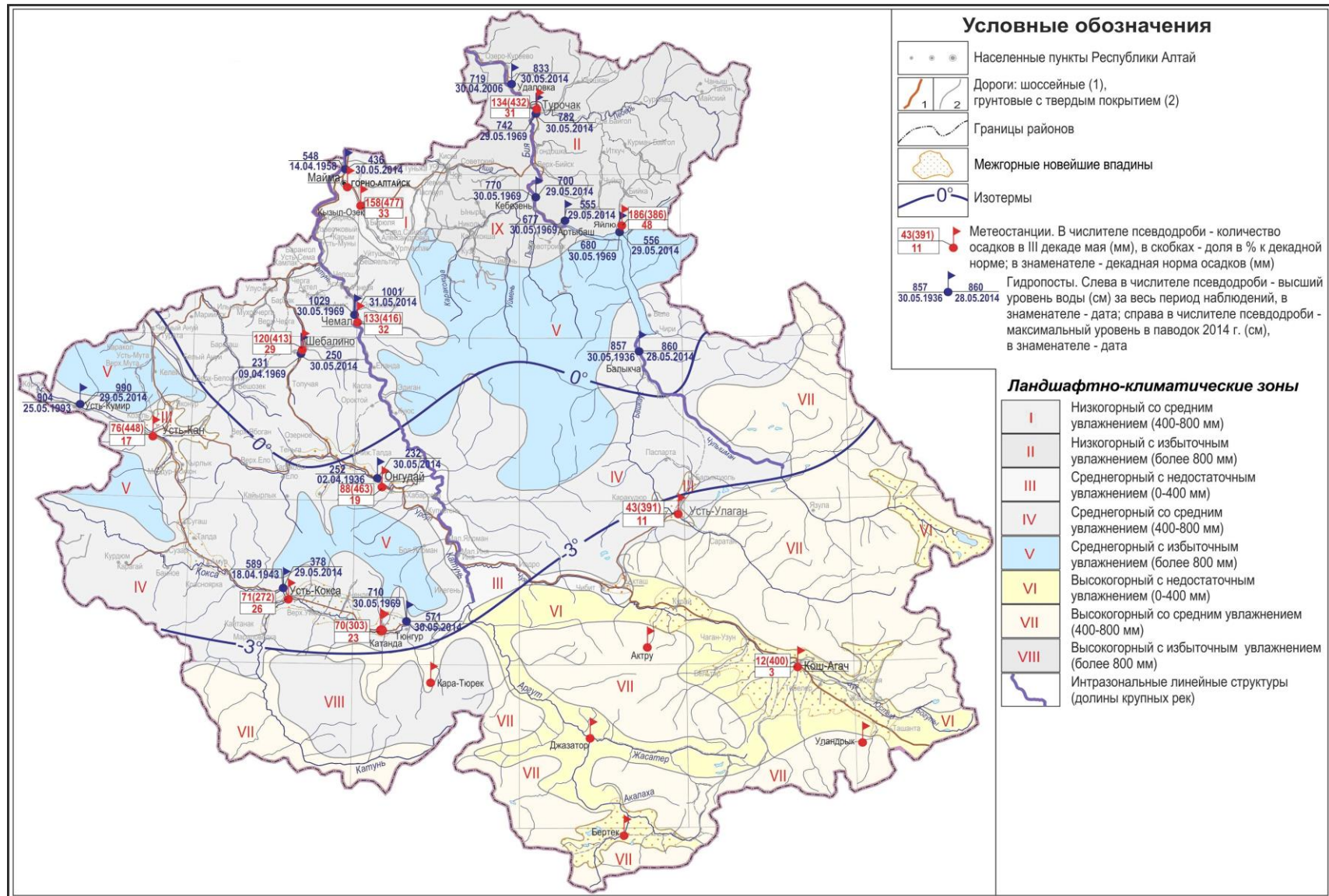


Рис. 1. Ландшафтно-климатическое зонирование Республики Алтай [Автор Достовалова М.С.]

Табл. 1. Основные климатические характеристики разновысотных ландшафтных ярусов Алтая
[по данным Горно-Алтайского ЦГМС 1990-2021 гг.]

Метеостанции	Температура						Атмосферные осадки, мм			Влажность воздуха, %	К, ед.	Скорость ветра, м/сек.		J, дней	W, см
	январь			июль			Х-III	IV-X	год			январь	июль		
	средняя	ср. max	ср. min	средняя	ср. max	ср. min									
Низкогорье															
Турочак (327 м)	-17,2	-9,8	-25,2	19,2	21,3	17,0	301	590	810	78	1,2	0,5	1,1	95	100
Кызыл-Озёк (331 м)	-14,1	-6,4	-21,4	19,0	21,0	16,9	230	592	754	75	1,0	1,3	1,2	115	100
Яйлю (480 м)	-8,0	-2,8	-13,0	17,6	19,6	15,4	202	768	901	70	1,3	2,5	1,3	131	81
Чемал (420 м)	-11,7	-3,9	-19,3	19,1	20,7	17,0	95	462	522	67	0,8	2,4	1,1	119	44
Среднегорье															
*Онгудай (833 м)	-19,4	-10,7	-26,7	17,5	18,9	16,1	64	327	367	70	0,5	0,3	0,7	87	54
Шебалино (865 м)	-12,4	-4,2	-19,1	16,6	14,7	18,3	88	452	505	67	н/д	1,7	1,7	н/д	54
*Катанда (949 м)	-21,0	-13,8	-30,9	16,5	18,3	14,7	102	342	409	73	н/д	0,4	0,9	н/д	64
*Усть-Кокса (978 м)	-20,0	-11,9	-29,9	16,8	18,4	15,2	121	381	457	70	0,7	0,7	1,0	95	63
*Усть-Кан (1037 м)	-16,1	-6,8	-25,2	15,6	17,3	13,7	63	298	336	68	0,5	1,1	1,3	62	61
Высокогорье															
*Кош-Агач (1760 м)	-27,3	-14,0	-32,4	15,3	17,0	14,0	21	107	124	65	0,1	0,6	2,0	68	29
Ак-Кем (2050 м)	-16,8	н/д	н/д	10,1	н/д	н/д	91	476	532	69	1,4	1,6	1,5	н/д	36
Кара-Тюрек (2596 м)	-16,4	н/д	н/д	7,7	н/д	н/д	158	484	593	70	1,5	6,0	3,1	н/д	37

Примечания: * – метеостанции межгорных котловин; К – коэффициент увлажнения по данным [86]; J – продолжительность безморозного периода в днях по данным [86]; W – максимальная высота снежного покрова в сантиметрах

Табл. 2. Средние многолетние значения температуры воздуха (°С) в РА за период наблюдений 1961-2020 гг.

Название станции	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Средняя многолетняя норма за период 1961-1990 гг.													
Кызыл-Озек	-14,5	-14,0	-7,0	2,9	11,4	16,4	18,3	15,8	10,3	2,7	-6,1	-12,5	2,0
Шебалино	-12,0	-11,4	-5,8	3,0	9,4	14,2	15,6	13,7	8,9	2,4	-5,1	-9,9	1,9
Чемал	-11,1	-10,1	-3,2	5,0	11,9	16,4	18,2	16,0	10,8	4,2	-3,4	-9,1	3,8
Турочак	-18,0	-15,4	-6,8	2,4	10,6	16,3	18,5	15,7	9,8	1,8	-8,0	-15,7	0,9
Яйлю	-8,2	-8,4	-3,2	3,3	9,4	14,2	16,7	15,1	10,0	3,6	-2,4	-6,4	3,6
Усть-Кан	-16,1	-14,3	-6,7	1,5	8,4	13,2	15,0	12,6	7,3	0,1	-8,2	-14,5	-0,1
Усть-Кокса	-20,8	-17,8	-8,2	2,7	9,8	14,5	16,1	13,9	8,6	0,8	-10,0	-18,6	-0,8
Онгудай	-19,7	-16,6	-6,4	3,8	10,5	15,2	16,7	14,2	8,8	1,0	-9,4	-17,6	0,0
Катанда	-21,6	-18,3	-8,5	2,7	9,8	14,3	15,8	13,5	8,1	0,2	-10,8	-19,5	-1,2
Кош-Агач	-28,4	-25,4	-13,7	-0,8	6,7	12,3	14,0	12,1	6,2	-3,5	-16,0	-25,1	-5,1
Кара-Тюрек	-16,3	-16,8	-12,4	-6,7	-0,6	4,7	6,7	5,3	0,7	-6,4	-11,7	-14,3	-5,7
Ак-Кем	-16,5	-16,3	-11,5	-4,1	3,1	7,6	9,0	7,4	2,9	-4,2	-10,9	-14,8	-4,0
Средняя многолетняя норма за период 1991-2020 гг.													
Кызыл-Озек	-14,1	-11,9	-4,6	5,2	12,0	17,1	19,0	16,9	10,7	4,1	-5,4	-11,5	3,1
Шебалино	-12,4	-10,2	-3,5	4,3	10,0	14,9	16,6	14,7	9,1	3,2	-5,0	-10,0	2,6
Чемал	-11,7	-9,2	-1,5	6,7	12,5	17,4	19,1	17,1	11,2	5,1	-3,3	-9,1	4,5
Турочак	-17,2	-13,5	-4,9	4,5	11,5	17,0	19,2	16,8	10,1	3,0	-6,8	-14,4	2,1
Яйлю	-8,0	-6,9	-1,6	4,8	10,1	15,0	17,6	16,1	10,4	4,8	-2,1	-6,1	4,5
Усть-Кан	-16,1	-13,3	-5,1	3,0	8,8	13,9	15,6	13,5	7,5	1,1	-7,9	-13,6	0,6
Усть-Кокса	-20,0	-15,8	-6,0	4,4	10,2	15,1	16,8	14,7	8,6	1,5	-8,5	-16,9	0,3
Онгудай	-19,4	-15,1	-4,5	5,2	10,8	15,9	17,5	15,2	8,9	1,7	-8,8	-16,6	0,9
Катанда	-21,0	-16,4	-6,4	4,3	10,1	15,0	16,5	14,3	8,1	0,9	-9,4	-18,0	-0,2
Кош-Агач	-27,3	-22,5	-10,5	1,0	7,4	13,5	15,3	13,1	6,6	-2,2	-14,7	-24,0	-3,7
Кара-Тюрек	-16,4	-15,1	-11,0	-5,0	-0,1	5,7	7,7	6,3	0,8	-5,0	-11,2	-14,7	-4,8
Ак-Кем	-16,8	-14,8	-9,6	-2,0	3,6	8,5	10,1	8,3	3,2	-3,2	-10,2	-14,6	-3,1

Табл. 3. Многолетние месячные суммы осадков (мм) в РА за период наблюдений 1961-2020 гг.

Название станции	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Многолетняя норма за период 1961-1990 гг.													
Кызыл-Озек	22	23	32	62	86	90	113	93	72	58	48	34	733
Шебалино	9	10	19	40	61	88	123	87	49	28	22	11	547
Чемал	8	9	16	40	65	88	111	86	50	28	22	11	534
Турочак	31	27	36	60	84	83	106	89	72	68	67	53	776
Яйлю	15	16	30	82	113	116	147	119	93	71	49	27	878
Усть-Кан	3	4	10	30	43	70	78	56	32	22	13	6	367
Усть-Кокса	13	12	13	32	55	76	77	69	48	35	26	19	475
Онгудай	7	6	10	24	48	67	78	64	35	21	18	10	388
Катанда	10	9	11	30	56	70	77	68	39	28	22	17	437
Кош-Агач	2,8	1,3	1,1	4,2	8,6	22,4	35,3	27,5	6,8	4,4	5,5	3,4	123,3
Кара-Тюрек	13	16	23	48	67	75	90	90	60	44	35	21	582
Ак-Кем	6	7	13	38	72	100	109	105	56	32	18	11	567
Многолетняя норма за период 1991-2020 гг.													
Кызыл-Озек	23	24	30	51	79	101	106	109	78	68	46	39	754
Шебалино	10	9	11	33	64	85	99	80	56	35	14	9	505
Чемал	9	9	13	31	64	82	101	90	59	35	17	12	522
Турочак	34	33	35	56	85	91	98	102	77	81	63	55	810
Яйлю	17	15	24	63	118	134	138	142	104	69	45	32	901
Усть-Кан	5	5	8	22	44	51	64	55	37	25	13	7	336
Усть-Кокса	14	8	10	26	60	59	76	69	46	45	26	18	457
Онгудай	7	6	6	19	45	63	72	64	40	24	11	10	367
Катанда	11	8	8	25	52	62	67	61	40	35	21	19	409
Кош-Агач	3	2	2	4	8	22	35	23	11	4	5	5	124
Кара-Тюрек	16	13	22	42	68	81	99	88	57	49	36	22	593
Ак-Кем	7	6	13	31	66	92	102	93	57	35	19	11	532

Табл. 4. Число дней в году с осадками не менее 10 мм в РА за период наблюдений 1998-2020 гг.

Метеостанция	Год																						В сред- нем за год	
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		2020
Турочак	15	24	12	20	19	14	–	27	–	16	21	28	18	8	18	22	24	26	25	13	10	27	23	20
Кызыл-Озек	20	22	17	27	24	8	21	22	18	18	14	29	18	14	18	20	23	29	29	21	17	25	21	21
Яйлю	24	29	25	25	26	25	25	22	31	29	35	34	26	25	24	34	32	30	27	31	25	25	24	28
Чемал	10	23	18	20	17	11	15	11	14	10	12	10	20	5	12	11	17	13	21	12	10	16	18	14
Шебалино	9	24	17	13	17	19	15	10	17	10	12	18	16	10	12	15	18	14	18	16	17	11	16	15
Усть-Кан	12	10	12	4	5	8	10	7	11	8	5	13	10	4	11	4	10	7	12	4	8	9	8	8
Онгудай	6	11	9	6	6	9	9	12	10	11	7	13	12	4	5	6	11	9	10	10	10	6	7	9
Усть-Кокса	5	18	17	15	16	8	13	13	7	17	10	15	9	6	11	15	12	17	15	11	12	15	10	12
Катанда	6	13	8	13	8	4	10	8	6	11	9	17	11	3	16	10	7	8	9	6	9	10	6	9
Кош-Агач	3	–	0	2	1	2	1	2	4	3	1	–	1	2	7	–	1	1	3	–	1	3	5	2
Кара-Тюрек	15	29	12	8	14	10	14	15	8	14	16	17	15	13	18	15	12	9	8	5	10	4	12	13
Ак-Кем	15	18	14	19	16	12	16	16	15	19	17	19	21	10	20	15	18	16	10	9	10	11	20	15

Табл. 5. Число дней в году с осадками более 0,0 мм в РА за период наблюдений 1998-2020 гг.

Метеостанция	Год																						В сред- нем за год	
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		2020
Турочак	188	194	222	214	214	185	–	190	–	191	176	221	192	169	168	224	212	209	194	189	196	187	204	197
Кызыл-Озек	180	180	218	195	196	175	183	166	187	171	161	205	180	150	152	196	186	188	198	170	190	184	176	182
Яйлю	193	205	228	212	205	191	205	196	225	185	199	237	226	176	198	222	212	221	225	200	225	203	215	209
Чемал	148	167	187	164	167	157	166	161	182	146	156	209	173	140	153	184	167	170	187	158	167	164	156	166
Шебалино	158	171	195	176	177	166	162	166	182	158	156	203	176	156	161	190	175	184	206	175	187	186	187	176
Усть-Кан	115	133	128	122	138	125	140	138	142	128	110	150	129	131	129	156	126	143	151	127	130	134	127	133
Онгудай	132	137	140	147	153	137	139	150	159	145	150	188	149	132	142	159	137	146	179	133	140	158	140	147
Усть-Кокса	133	143	150	148	149	109	130	132	141	126	114	150	127	123	128	164	139	164	169	146	151	151	140	140
Катанда	144	138	161	141	142	129	155	139	147	132	134	178	159	127	156	176	156	169	179	144	161	163	154	151
Кош-Агач	74	92	92	85	77	64	73	84	70	70	82	95	88	68	72	103	55	79	75	68	74	82	76	78
Кара-Тюрек	191	161	190	176	171	181	216	211	242	197	188	234	213	168	185	220	186	182	199	161	172	192	158	191
Ак-Кем	181	165	187	174	161	163	206	202	215	184	175	227	202	166	200	229	178	179	189	165	166	164	208	186

Табл. 6. Среднемесячная относительная влажность воздуха (%) на территории РА за период наблюдений 1966-2016 гг.

Метеостанция	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кызыл-Озек	79	78	76	68	64	72	76	78	77	76	79	81	75
Шебалино	67	65	63	61	60	69	75	75	70	64	65	68	67
Чемал	68	66	63	59	60	69	73	74	72	66	66	68	67
Турочак	82	80	75	69	67	72	76	79	79	82	85	84	78
Яйло	66	66	63	64	68	75	77	77	74	69	67	67	70
Усть-Кан	73	69	64	60	60	66	72	72	68	68	71	74	68
Усть-Кокса	80	76	70	60	58	64	70	70	68	71	78	82	70
Онгудай	78	75	67	57	57	65	70	72	69	71	75	80	70
Катанда	80	76	70	62	60	68	73	74	72	74	80	83	73
Кош-Агач	81	78	68	54	52	55	60	59	58	64	76	81	65
Кара-Тюрек	68	69	67	69	68	72	75	73	69	68	68	70	70
Ак-Кем	71	69	67	63	62	69	76	74	68	68	70	73	69

Табл. 7. Средняя глубина промерзания почвы (см) на территории РА за период наблюдений 1971-2016 гг.

Метеостанция	Месяц/декада																				
	X			XI			XII			I			II			III			IV		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Турочак	–	●	3	6	9	12	15	16	19	20	22	24	26	28	28	28	27	23	17	●	●
Кызыл-Озек	–	–	●	●	6	12	16	20	23	25	29	32	36	39	41	41	41	39	32	●	●
Шебалино	●	●	●	12	20	32	45	56	70	82	91	102	111	121	129	136	141	144	138	135	126
Усть-Кан	●	●	13	31	54	74	97	115	132	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150
Онгудай	–	●	●	32	56	80	99	116	132	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150
Усть-Кокса	–	●	6	18	35	53	71	86	101	113	122	129	134	138	140	143	144	144	144	142	133
Кош-Агач	–	15	54	96	130	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150

Примечание: (●) – точка обозначает, что в данном месяце более чем 50% лет почва бывает талая

Табл. 8. Характеристика установления и схода снежного покрова (СП) на территории РА за период наблюдений 1976-2016 гг.

Метеостанция	Число дней со СП	Даты появления СП			Даты образования устойчивого СП			Даты разрушения устойчивого СП			Даты схода СП			Высота СП, см	
		Самая ранняя	Средняя	Самая поздняя	Самая ранняя	Средняя	Самая поздняя	Самая ранняя	Средняя	Самая поздняя	Самая ранняя	Средняя	Самая поздняя	Средняя за зиму	Наибольшая за зиму
Кызыл-Озек	154	15.9	13.10	3.11	18.10	5.11	30.11	24.3	9.4	26.4	1.4	27.4	24.5	26,0	100
Шебалино	126	3.9	30.9	3.11	16.10	14.11	22.1	1.2	22.3	22.4	6.4	12.5	9.6	7,1	54
Чемал	97	25.9	16.10	13.11	18.10	23.11	22.1	14.1	5.3	31.3	31.3	26.4	23.5	5,0	44
Турочак	166	22.9	14.10	10.11	15.10	2.11	21.11	31.3	18.4	5.5	10.4	27.4	21.5	39,5	100
Яйлю	142	19.9	10.10	10.11	15.10	10.11	5.12	2.3	2.4	24.4	1.4	1.5	24.5	12,2	69
Усть-Кан	119	2.9	7.10	8.12	12.10	13.11	14.1	23.1	13.3	12.4	13.3	7.5	10.6	4,3	34
Усть-Кокса	139	3.9	19.10	28.11	19.10	11.11	4.12	11.3	29.3	27.4	21.3	19.4	23.5	15,2	63
Онгудай	132	17.9	15.10	15.11	18.10	12.11	15.1	21.2	23.3	14.4	6.3	21.4	23.5	8,7	48
Катанда	147	6.9	14.10	18.11	13.10	8.11	7.12	23.3	4.4	20.4	24.3	25.4	31.5	18,0	64
Кош-Агач	112	4.9	20.10	29.11	22.9	20.11	17.1	21.12	12.3	4.4	3.3	15.4	28.5	4,0	29
Кара-Тюрек	218	16.7	11.8	1.11	30.8	28.9	9.11	31.3	15.5	10.7	16.5	23.6	15.7	7,5	68
Ак-Кем	184	29.7	1.9	21.10	24.9	19.10	1.12	23.3	23.4	25.5	17.4	6.6	6.7	11,7	65

Табл. 9. Средняя декадная высота снежного покрова (см) на территории РА за период наблюдений 1966-2016 гг.

Метеостанция	Месяц/декада																								Характеристика высоты СП в период его установления					
	IX			X			XI			XII			I			II			III			IV			V			среднее	максимум	минимум
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Кызыл-Озек	-	-	-	-	-	-	11	13	17	21	26	30	35	38	40	43	47	49	49	45	37	27	-	-	-	-	-	61	100	32
Шебалино	-	-	-	-	-	-	-	9	8	9	10	11	11	12	12	13	13	14	12	11	-	-	-	-	-	-	-	25	54	10
Чемал	-	-	-	-	-	-	-	7	7	7	7	8	8	9	8	8	8	9	9	7	-	-	-	-	-	-	-	22	44	8
Турочак	-	-	-	-	-	-	12	16	24	34	41	45	50	53	56	61	64	67	69	68	59	46	-	-	-	-	-	82	100	55
Яйлю	-	-	-	-	-	-	-	10	11	12	14	15	17	16	17	18	20	21	22	21	18	-	-	-	-	-	-	37	81	15
Усть-Кан	-	-	-	-	-	-	-	7	6	6	7	7	8	9	8	8	9	9	8	7	-	-	-	-	-	-	-	18	61	3
Усть-Кокса	-	-	-	-	-	-	-	9	12	13	16	18	21	22	23	24	25	25	23	21	15	-	-	-	-	-	-	33	63	10
Онгудай	-	-	-	-	-	-	-	8	8	10	12	13	14	15	15	15	16	15	13	10	-	-	-	-	-	-	-	25	54	7
Катанда	-	-	-	-	-	-	-	9	12	16	20	23	25	27	28	30	31	32	31	30	23	-	-	-	-	-	-	38	64	20
Кош-Агач	-	-	-	-	-	-	-	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	5	5	-	-	-	-	-	-	-	10	29	2
Кара-Тюрек	-	-	13	13	13	12	10	10	10	9	8	8	7	7	7	7	7	7	8	7	7	10	12	14	15	16	16	37	71	13
Ак-Кем	-	-	-	-	10	10	12	13	14	15	16	16	17	17	17	18	18	19	18	19	18	20	18	15	-	-	-	36	65	19

Табл. 10. Среднегодовое значения скорости ветра (м/с) на территории РА за период наблюдений 1966-2016 гг.

Метеостанция	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кызыл-Озек	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,4	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2	1,3
Шебалино	1,7	1,8	2,0	2,2	2,2	1,9	1,7	1,7	1,8	2,0	1,9	1,7	1,9
Чемал	2,4	1,7	1,3	1,5	1,5	1,3	1,1	1,1	1,2	1,7	2,1	2,4	1,6
Турочак	0,5	0,6	0,9	1,5	1,6	1,3	1,1	1,1	1,2	1,2	1,0	0,7	1,1
Яйлю	2,5	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,2	1,3	1,5	1,8	2,3	2,7	1,7
Усть-Кан	1,1	1,3	1,5	1,8	1,8	1,5	1,3	1,3	1,4	1,5	1,4	1,1	1,4
Усть-Кокса	0,7	0,9	1,2	1,6	1,5	1,3	1,0	1,0	1,1	1,2	1,0	0,7	1,1
Онгудай	0,3	0,4	0,6	1,1	1,1	0,9	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,3	0,6
Катанда	0,4	0,6	0,9	1,3	1,3	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,6	0,4	0,8
Кош-Агач	0,6	0,8	1,5	2,8	3,0	2,5	2,0	1,9	1,8	1,6	1,2	0,7	1,7
Кара-Тюрек	6,0	5,8	5,0	5,2	4,9	3,7	3,1	3,6	4,5	6,3	6,9	6,6	5,1
Ак-Кем	1,6	1,6	1,6	1,9	2,0	1,7	1,5	1,5	1,6	1,8	1,8	1,7	1,7

Табл. 11. Среднегодовое значения повторяемости направлений ветра и штилей за год (%) на территории РА за период наблюдений 1966-2016 гг.

Метеостанция	Направление ветра								Штиль
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	
Кызыл-Озек	19	4	6	15	35	5	4	12	22
Шебалино	14	6	5	15	30	15	6	10	19
Чемал	6	3	28	14	19	7	13	11	42
Турочак	3	5	22	12	13	13	20	12	48
Яйлю	18	11	20	11	7	3	6	26	19
Усть-Кан	7	10	13	13	16	15	20	6	40
Усть-Кокса	2	3	14	5	3	10	48	15	60
Онгудай	6	5	12	14	6	9	24	25	67
Катанда	21	10	6	8	15	12	12	17	53
Кош-Агач	7	11	21	10	9	10	23	9	43
Кара-Тюрек	3	3	6	3	20	41	18	6	19
Ак-Кем	34	3	1	3	44	8	2	6	48

Табл. 12. Опасные гидрометеорологические явления на территории РА за период наблюдений с 1998 по 2020 гг.

Метеостанция	Число случаев	Вид явления, характеристика	Метеостанция	Число случаев	Вид явления, характеристика
1998 г.			1999 г.		
Турочак	1	дождь 49,5 мм	Турочак	1	дождь 32,2 мм
Кызыл-Озек	1	дождь 40,2 мм	Кызыл-Озек	1	снег 21,0 мм
Яйлю	2	дождь 31,5 мм		1	ветер 26 м/с
Чемал	1	ГИО мокрый снег диаметром 56 мм	Яйлю	2	дождь 49,6 мм
Шебалино	1	дождь 33,4 мм	Шебалино	2	дождь 45,8 мм
Онгудай	1	дождь 35,4 мм		1	снег 25,0 мм
	1	ветер 30 м/с	Кош-Агач	1	ветер 34 м/с
Кош-Агач	1	ветер 34 м/с	Кара-Тюрек	10	ветер 40 м/с
Кара-Тюрек	3	сильная метель видимость 100 м, ветер 28 м/с		2	сильная метель, видимость 40 м, ветер 28 м/с
	1	снег 22,7 мм	Ак-Кем	6	ветер 28 м/с
	24	ветер 40 м/с	2001 г.		
Ак-Кем	6	ветер 29 м/с	Онгудай	1	снег 20,0 мм
2000 г.			Усть-Кокса	1	ветер 28 м/с
Яйлю	1	дождь 34,4 мм	Катанда	1	дождь 31,2 мм
Чемал	1	дождь 38,5 мм	Кара-Тюрек	2	сильная метель, видимость 50 м, ветер 24 м/с
Усть-Кан	1	дождь 35,4 мм		1	дождь 32,7 мм
Катанда	1	снег 27,7 мм		25	ветер 34 м/с
Кара-Тюрек	6	сильная метель, видимость 50 м, ветер 28 м/с	2003 г.		
	14	ветер 28 м/с	Яйлю	1	дождь 38,1 мм
Ак-Кем	1	дождь 34,8 мм	Шебалино	2	дождь 45,0 мм
	2	ветер 28 м/с	Усть-Кан	1	ветер 28 м/с
2002 г.			Онгудай	1	крупный град 20 мм
Турочак	1	дождь 30,2 мм	Кара-Тюрек	27	ветер 28 м/с
	1	ветер 28 м/с	2005 г.		
Кызыл-Озек	1	дождь 45,4 мм	Кызыл-Озек	1	снег 20,6 мм
	1	ветер 28 м/с		1	ветер 28 м/с
Шебалино	1	дождь 30,2 мм	Яйлю	1	крупный град 39 мм
Усть-Кан	1	шквал 27 м/с		1	снег 23,0 мм
Кара-Тюрек	3	сильная метель, видимость 50 м, ветер 34 м/с	Чемал	1	дождь 60,2 мм
	49	ветер 34 м/с		1	снег 27,9 мм
Ак-Кем	2	ветер 26 м/с		1	сильная жара +37,9°C
2004 г.			Шебалино	1	снег 28,7 мм
Яйлю	1	дождь 45,7 мм	Усть-Кан	1	дождь 30,8 мм
	1	снег 30,3 мм		1	крупный град 30 мм
Чемал	1	сильная жара +37,3°C		1	снег 26,3 мм
Кош-Агач	1	сильный мороз -42,5°C	Онгудай	1	сильный мороз -41,0°C
Кара-Тюрек	2	сильная метель, видимость 50 м, ветер 28 м/с	Усть-Кокса	1	сильный мороз -44,3°C
	56	ветер 28 м/с	Катанда	1	сильный мороз -44,7°C
Ак-Кем	30	ветер 40 м/с	Кош-Агач	1	ветер 28 м/с
				3	сильный мороз -47,7°C

Метеостанция	Число случаев	Вид явления, характеристика	Метеостанция	Число случаев	Вид явления, характеристика
2006 г.			2005 г. (продолжение)		
Турочак	2	шквал 28 м/с	Кара-Тюрек	1	сильная метель, видимость 100 м, ветер 34 м/с
	2	дождь 32,4 мм		1	снег 20 мм
Кызыл-Озек	1	дождь 33,6 мм		24	ветер 34 м/с
Яйлю	1	дождь 31,9 мм	Ак-Кем	15	ветер 28 м/с
	1	крупный град 25 мм		1	сильный мороз -41,1°С
Чемал	1	крупный град 27 мм	2007 г.		
Онгудай	1	шквал 26 м/с	Турочак	1	шквал 28 м/с
	1	ГИО мокрый снег диаметром 35 мм		1	ГИО мокрый снег диаметром 101 мм
Усть-Кокса	1	шквал 28 м/с		1	крупный град 20 мм
Кара-Тюрек	4	сильная метель видимость 50 м, ветер 34 м/с	Кызыл-Озек	1	дождь 32,7 мм
	9	ветер 34 м/с	Яйлю	1	дождь 37,3 мм
Ак-Кем	2	шквал 28 м/с	Шебалино	1	дождь 34 мм
	1	сильная метель видимость 100 м, ветер 24 м/с	Онгудай	1	ветер 25 м/с
	1	дождь 31,5 мм	Кош-Агач	1	дождь 36,4 мм
	8	ветер 28 м/с	Кара-Тюрек	3	сильная метель, видимость 50 м, ветер 28 м/с
2008 г.				22	ветер 28 м/с
Турочак	1	дождь 32,6 мм	Ак-Кем	1	сильная метель, видимость 500 м, ветер 40 м/с
Яйлю	4	дождь 69,4 мм		1	ветер 40 м/с
Чемал	1	дождь 31,4 мм		2009 г.	
Шебалино	2	дождь 74,1 мм	Турочак	1	ГИО мокрый снег диаметром 62 мм
Кош-Агач	1	сильный мороз -45,7°С	Яйлю	1	дождь 34,3 мм
Кара-Тюрек	27	ветер 26 м/с		1	продолжительный сильный дождь 72 мм
2010 г.			Шебалино	1	ветер 26 м/с
Яйлю	2	дождь 39 мм	Кара-Тюрек	4	ветер 33 м/с
Чемал	1	дождь 35 мм	2011 г.		
Шебалино	1	ГИО мокрый снег диаметром 40 мм	Шебалино	1	дождь 42,3 мм
Кара-Тюрек	2	сильная метель, видимость 50 м, ветер 23 м/с	Усть-кокса	1	Сильный мороз -41,3°С
	18	ветер 39 м/с	Катанда	1	Сильный мороз -43,1°С
2012 г.			Кош-Агач	3	Сильный мороз -44,2°С
Турочак	1	ГИО мокрый снег 41 мм	Кара-Тюрек	6	ветер 37 м/с
Яйлю	1	дождь 30,2 мм	2013 г.		
	1	продолжительный сильный дождь 91,9 мм	Кызыл-Озек	2	дождь 46,2 мм
Катанда	1	сильный мороз -42,0°С		1	продолжительный сильный дождь 78,4 мм
Кара-Тюрек	2	ветер 33 м/с	Яйлю	3	дождь 43,5 мм
2014 г.			Шебалино	1	ГИО мокрый снег 47 мм
Метеостанция	Число случаев	Вид явления, характеристика	Усть-Кан	1	дождь 36 мм
Турочак	1	сильная жара +38,2°С	Кара-Тюрек	6	ветер 34 м/с
Кызыл-Озек	1	дождь 49,0 мм	2015 г.		
	1	продолжительный сильный дождь 68,4 мм	Онгудай	1	дождь 30,1 мм
Яйлю	3	дождь 32,8 мм	Кош-Агач	3	ветер 28 м/с
Чемал	1	крупный град 20 мм	Кара-Тюрек	7	ветер 46 м/с

Усть-Кан	1	дождь 129 мм	Ак-Кем	11	ветер 36 м/с
Метеостанция	Число случаев	Вид явления, характеристика	Метеостанция	Число случаев	Вид явления, характеристика
2014 г. (продолжение)			2016 г.		
Усть-Кан	1	сильный ливень 127 мм	Турочак	2	дождь 52,6 мм
Усть-Кокса	1	дождь 34,6 мм	Чемал	1	дождь 30 мм
Кош-Агач	1	ветер 28 м/с	Шебалино	1	ГИО мокрый снег диаметром 38 мм
	1	сильный мороз -41,3°C		1	ГИО мокрый снег диаметром 40 мм
Кара-Тюрек	1	ветер 39 м/с	Усть-Кан	1	снег 20,1 мм
Ак-Кем	1	шквал 30 м/с	Кош-Агач	2	сильный мороз -45,9°C
	1	ветер 35 м/с		1	снег 30,0 мм
			Кара-Тюрек	4	ветер 32 м/с
			Ак-Кем	11	ветер 31 м/с
2017 г.			2018 г.		
Турочак	1	дождь 60,8	Турочак	1	Очень сильный дождь 34 мм
	1	ветер 28 м/с		1	Очень сильный снег 22 мм
Кызыл-Озек	3	дождь 33,4 мм		1	Очень сильный ветер 26 м/с
Яйлю	4	дождь 54,2		1	Продолжительный сильный дождь 67,9 мм
	1	сильный ливень 33 мм	Кызыл-Озек	1	Очень сильный дождь 30 мм
Чемал	1	дождь 30 мм		1	очень сильный снег 28,5
Шебалино	1	дождь 32,9 мм	Яйлю	1	очень сильный дождь 31 мм
Кош-Агач	1	ветер 28 м/с		1	продолжительный сильный дождь 64,4 мм
Кара-Тюрек	17	ветер 37 м/с	Усть-Кан	1	очень сильный дождь 33,4 мм
Ак-Кем	1	ветер 39 м/с	Онгудай	1	очень сильный ветер 25 м/с
2019 г.			Катанда	3	Сильный мороз -42°C
Турочак	1	ГИО мокрый снег диаметром 49 мм		1	очень сильный ветер 26 м/с
	1	Сильный ливень 49,3 мм	Кош-Агач	2	Сильный мороз -44,6°C
Кызыл-Озек	1	ГИО мокрый снег диаметром 37 мм	Кара-Тюрек	12	ураганный ветер 42 м/с
	1	Очень сильный дождь 32,4 мм	Ак-Кем	5	ураганный ветер 39 м/с
Яйлю	2	Очень сильный дождь 87 мм	2020 г.		
	1	Сильный ливень 30 мм	Турочак	2	Очень сильный дождь 34,2 мм
Шебалино	1	Очень сильный дождь 31,3 мм	Кызыл-Озек	2	Очень сильный дождь 46,9 мм
Кош-Агач	1	Очень сильный ветер 26 м/с	Яйлю	1	Очень сильный дождь 42,2 мм
Кара-Тюрек	12	Ураганный ветер 35 м/с	Чемал	1	Очень сильный дождь 34,0 мм
Ак-Кем	8	Очень сильный ветер 29 м/с	Шебалино	1	Очень сильный дождь 32,6 мм
			Кара-Тюрек	11	Ураганный ветер 40 м/с
			Ак-Кем	8	Ураганный ветер 35 м/с

Табл. 13. Перечень и критерии опасных природных явлений, характерных для Республики Алтай (meteo-altai.ru)

	Название ОЯ	Характеристики и критерии для определения опасных природных явлений
А.1 Метеорологические явления		
A.1.1	Очень сильный ветер	Скорость ветра (включая порывы) 25 м/с и более, в Кара-Тюреке (Республика Алтай) при достижении скорости при порывах 30 м/с и более
A.1.2	Ураганный ветер (ураган)	Ветер разрушительной силы при достижении скорости 33 м/с и более
A.1.3	Шквал	Резкое кратковременное (в течение нескольких минут, но не менее 1 мин.) усиление скорости ветра до 25 м/с и более
A.1.5	Сильный ливень	Сильный ливневый дождь с количеством выпавших осадков не менее 30,0 мм за период не более 1 ч.
A.1.6	Очень сильный дождь (дождь, ливневый дождь, очень сильные смешанные осадки (мокрый снег, дождь со снегом)	Значительные жидкие осадки, смешанные осадки с количеством 50,0 мм и более (в селеопасных горных районах – 30,0 мм) за период времени не более 12 часов
A.1.7	Очень сильный снег	Значительные твёрдые осадки с количеством выпавших осадков не менее 20,0 мм за период времени не более 12 ч
A.1.8	Продолжительный сильный дождь	Дождь с короткими перерывами (не более 1 ч) с количеством осадков не менее 100,0 мм (в селеопасных районах с количеством осадков не менее 60,0 мм) за период времени более 12 ч, но менее 48 ч, или 120,0 мм за период времени 48 ч. и более, но менее или равно 120 часов
A.1.9	Крупный град	Град диаметром 20 мм и более
A.1.10	Сильная метель (в т.ч. низовая)	Перенос снега с подстилающей поверхности (часто сопровождаемый выпадением снега из облаков) сильным (со средней скоростью не менее 15 м/с) ветром и при минимальной МДВ не более 500 м, продолжительностью 12 ч и более
A.1.12	Сильный туман (сильная мгла)	Сильное помутнение воздуха за счет скопления мельчайших частиц воды (пыли, продуктов горения), при котором значение МДВ составляет не более 50 м, продолжительностью не менее 6 часов
A.1.13	Сильное гололедно-изморозевое отложение	Диаметр отложения на проводах гололедного станка: гололеда – диаметром не менее 20 мм; сложного отложения или мокрого (замерзающего) снега – диаметром не менее 35 мм; изморози – диаметр отложения не менее 50 мм
A.1.14	Сильный мороз	Минимальная температура воздуха минус 40°C и ниже в течение 3 суток и более
A.1.15	Аномально холодная погода	Минимальная температура воздуха минус 35°C и ниже в течение 5 суток и более
A.1.16	Сильная жара	С мая по август значение максимальной температуры воздуха достигает + 35°C и выше в течение 3 суток и более
A.1.7	Аномально жаркая погода	Максимальная температура воздуха плюс 30°C и выше в течение 5 суток
A.1.18	Чрезвычайная пожарная опасность	Показатель пожарной опасности относится к 5 классу (10 000°C по формуле Нестерова)

A.1.19	Сход снежных лавин и селей	Сход крупных лавин, наносящих значительный ущерб хозяйственным объектам или создающий опасность населенным пунктам
А.3 Гидрологические опасные явления		
A.3.1	Половодье	Фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон, характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и длительным подъемом уровня воды и вызываемая снеготаянием или совместным таянием снега и ледников. Превышение опасных отметок уровня воды, при которых происходит подтопление населенных пунктов, хозяйственных объектов, дорог
A.3.2	Зажор	Скопление шуги с включением мелкобитого льда в русле реки, вызывающее стеснение водного сечения и связанный с этим подъем уровня воды до опасных отметок, при которых происходит подтопление населённых пунктов, хозяйственных объектов, дорог
A.3.3	Затор	Скопление льдин в русле реки во время ледохода, вызывающее стеснение водного сечения и связанный с этим подъем уровня воды до отметок, при которых происходит подтопление населённых пунктов, хозяйственных объектов, дорог
A.3.4	Паводок	Фаза водного режима реки, вызываемая дождями или снеготаянием во время оттепелей, которая может многократно повторяться в различные сезоны года, характеризуется интенсивным, обычно кратковременным увеличением расходов и уровней воды до опасных отметок, при которых происходит подтопление населённых пунктов, хозяйственных объектов, дорог
A.3.5	Сель	Стремительный поток большой разрушительной силы, состоящий из смеси воды и рыхлообломочных пород, внезапно возникающий в бассейнах небольших горных рек в результате интенсивных дождей или бурного таяния снега, а также прорыва завалов и морен, создающий угрозу или наносящий ущерб населённым пунктам и хозяйственным объектам
A.3.6	Низкая межень	Понижение уровня воды ниже проектных отметок водозаборных сооружений и навигационных уровней на судоходных реках в конкретных пунктах в течение не менее 10 дней
A.3.7	Раннее ледообразование	Появление льда и образование ледостава (даты) на судоходных реках, озерах и водохранилищах в конкретных пунктах в ранние сроки повторяемость не чаще 1 раза в 10 лет

Табл. 14. Даты вскрытия рек (начало ледохода) и их критические уровни начала подтопления населённых пунктов на территории Республики Алтай

Река – пункт измерения	Среднегодовое даты вскрытия рек			Уровни рек начала подтопления, см
	Ранний ледоход (год)	Средняя дата вскрытия	Поздний ледоход (год)	
Бия – Кебезень	н/д	н/д	н/д	606
р. Бия – с. Турочак	07.03 (1990 г.)	07.04	25.04 (1950, 1955 г.)	650
р. Бия – с. Удаловка	26.03 (2007 г.)	05.04	20.04 (1987 г.)	660 – н.п. 640 – дороги
р. Катунь – с. М.Яломан	01.04	15.04	25.04	1140
р. Катунь – с. Чемал	31.03 (1997 г.)	17.04	28.04 (1955, 1984 г.)	970
Катунь – Тюнгур	н/д	н/д	н/д	610
р. Кокса – с. Усть-Кокса	26.03 (1980 г.)	19.04	02.05 (1955 г.)	410
р. Кучерла – п. Кучерла	31.03	15.04	01.05	н/д
р. Б.Терехта – с. Терехта	31.03	15.04	01.05	524
р. Чулышман – с.Балыкча	19.02	19.03	18.04	700
р. Урсул – с. Онгудай	24.03 (2001 г.)	10.04	29.04 (1934 г.)	196
р. Чарыш – с. Усть-Кумир	30.03 (1994 г.)	11.04	22.04 (1934, 1964 г.)	889
р. Сема – с. Шебалино	31.03	10.04	20.04	169
р. Майма – с. Майма	28.01 (1993 г.)	31.03	24.04 (1964 г.)	424
оз. Телецкое – Яйлю	н/д	н/д	н/д	480
Чулышман – Балыкча	н/д	н/д	н/д	700

Примечание: н/д – нет данных

**Приложение 2. Характеристика динамики изменения климатических характеристик территории Республики Алтай
в период 1960-2021 гг.**

Табл. 1. Особенности пространственного распределения аномалий средних температур (1991-2020 гг.)
на территории Республики Алтай

Название станции	Среднемесячные отклонения температуры (°С) / осадков (%) относительно базовой климатической нормы (61-90 гг.)												
	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Низкогорье													
Турочак (327 м)	0,80 / 9,7	1,90 / 22,2	1,90 / -2,8	2,10 / -6,7	0,90 / 1,2	0,70 / 9,6	0,70 / -7,5	1,10 / 14,6	0,30 / 6,9	1,20 / 19,1	1,20 / -6,0	1,30 / 3,8	1,20 / 4,4
Кызыл-Озёк (331 м)	0,40 / 4,5	2,10 / 4,3	2,40 / -6,3	2,30 / -17,7	0,60 / -8,1	0,70 / 12,2	0,70 / -6,2	1,10 / 17,2	0,40 / 8,3	1,40 / 17,2	0,70 / -4,2	1,00 / 14,7	1,10 / 2,9
Яйлю (480 м)	0,20 / 13,3	1,50 / -6,3	1,60 / -20	1,50 / -23,2	0,70 / 4,4	0,80 / 15,5	0,90 / -6,1	1,00 / 19,3	0,40 / 11,8	1,20 / -2,8	0,30 / -8,2	0,30 / 18,5	0,90 / 2,6
Чемал (420 м)	-0,60 / 12,5	0,90 / 0,0	1,70 / -18,8	1,70 / -22,5	0,60 / -1,5	1,00 / -6,8	0,90 / -9,0	1,10 / 4,7	0,40 / 18,0	0,90 / 25,0	0,10 / -22,7	0,00 / 9,1	0,70 / -2,2
Среднегорье													
Онгудай (833 м)	0,30 / 0,0	1,50 / 0,0	1,90 / -40,0	1,40 / -20,8	0,30 / -6,3	0,70 / -6,0	0,80 / -7,7	1,00 / 0,0	0,10 / 14,3	0,70 / 14,3	0,60 / -38,9	1,00 / 0,0	0,90 / -5,4
Шебалино (865 м)	-0,40 / 11,1	1,20 / -10,0	2,3 / -42,1	1,30 / -17,5	0,60 / 4,9	0,70 / -3,4	1,00 / -19,5	1,00 / -8,0	0,20 / 14,3	0,80 / 25,0	0,10 / -36,4	0,10 / -18,2	0,70 / -7,7
Катанда (949 м)	0,60 / 10,0	1,90 / -11,1	2,10 / -27,3	1,60 / -16,7	0,30 / -7,1	0,70 / -11,4	0,70 / -13,0	0,80 / -10,3	0,00 / 2,6	0,70 / 25,0	1,40 / -4,5	1,50 / 11,8	1,00 / -6,4
Усть-Кокса (978 м)	0,80 / 7,7	2,00 / -33,3	2,20 / -23,1	1,70 / -18,8	0,40 / 9,1	0,60 / -22,4	0,70 / -1,3	0,80 / 0,0	0,00 / -4,2	0,70 / 28,6	1,50 / 0,0	1,70 / -5,3	1,10 / -3,8
Усть-Кан (1037 м)	0,00 / 66,7	1,00 / 25,0	1,60 / -20,0	1,50 / -26,7	0,40 / 2,3	0,70 / -27,1	0,60 / -17,9	0,90 / -1,8	0,20 / 15,6	1,00 / 13,6	0,30 / 0,0	0,90 / 16,7	0,70 / -8,4
Улаган (1300 м)	- / -6,8	- / -3,1	- / 31,8	- / 11,4	- / -8,2	- / -0,9	- / 0,2	- / -6,8	- / -9,8	- / -10,0	- / 19,1	- / -0,2	- / -2,4
Высокогорье													
Кош-Агач (1760 м)	1,10 / 7,1	2,90 / 53,8	3,20 / 81,8	1,80 / -4,8	0,70 / -7,0	1,20 / -1,8	1,30 / -0,8	1,00 / -16,4	0,40 / 61,8	1,30 / -9,1	1,30 / -9,1	1,10 / 47,1	1,40 / 0,6
Ак-Кем (2050 м)	-0,30 / 16,7	1,50 / -14,3	1,90 / 0,0	2,10 / -18,4	0,50 / -8,3	0,90 / -8,0	1,10 / -6,4	0,90 / -11,4	0,30 / 1,8	1,00 / 9,4	0,70 / 5,6	0,20 / 0,0	0,90 / -6,2
Кара-Тюрек (2596 м)	-0,10 / 23,1	1,70 / -18,8	1,40 / -4,3	1,70 / -12,5	0,50 / 1,5	1,00 / 8,0	1,00 / 10,0	1,00 / -2,2	0,10 / -5,0	1,40 / 11,4	0,50 / 2,9	-0,40 / 4,8	0,90 / 1,9
Среднемолоетнее для региона	0,23 / 10,9	1,68 / -1,7	2,02 / -13,9	1,73 / -17,0	0,54 / -1,1	0,81 / -2,3	0,87 / -7,2	0,98 / 1,8	0,23 / 7,3	1,03 / 14,0	0,73 / -7,8	0,71 / 6,7	0,96 / -1,6

Табл. 2. Значения коэффициента корреляции между величинами отклонений средних температур и количества осадков от нормы (1961-1990 гг.) на территории Республики Алтай

n=66		ОСАДКИ										ТЕМПЕРАТУРА											
		Кош-Агач	Усть-Кан	Усть-Кокса	Катан-да	Шеба-лино	Онгу-дай	Яйлю	Чемал	Кызыл-Озёк	Туро-чак	Улаган	Кош-Агач	Усть-Кан	Усть-Кокса	Катан-да	Шеба-лино	Онгу-дай	Яйлю	Чемал	Кызыл-Озёк	Туро-чак	
ОСАДКИ	Кош-Агач	1,00																					
	Усть-Кан	0,02	1,00																				
	Усть-Кокса	0,15	0,53	1,00																			
	Катанда	-0,03	0,37	0,38	1,00																		
	Шебалино	0,04	0,56	0,42	0,29	1,00																	
	Онгудай	0,14	0,46	0,53	0,16	0,57	1,00																
	Яйлю	0,14	0,38	0,40	0,31	0,55	0,45	1,00															
	Чемал	-0,06	0,49	0,56	0,07	0,67	0,48	0,48	1,00														
	Кызыл-Озёк	0,13	0,39	0,55	0,12	0,34	0,43	0,42	0,59	1,00													
	Турочак	0,18	0,41	0,50	0,14	0,40	0,35	0,61	0,57	0,65	1,00												
Улаган	0,13	0,46	0,32	0,08	0,47	0,45	0,25	0,41	0,30	0,27	1,00												
ТЕМПЕРАТУРА	Кош-Агач	-0,05	-0,01	-0,07	0,14	-0,01	0,00	-0,11	0,05	-0,10	-0,06	-0,25	1,00										
	Усть-Кан	0,02	-0,19	-0,17	-0,04	0,01	-0,21	-0,10	-0,03	-0,16	-0,13	-0,42	0,70	1,00									
	Усть-Кокса	0,12	-0,07	-0,24	-0,06	0,05	-0,19	-0,06	0,03	-0,15	-0,11	-0,32	0,78	0,87	1,00								
	Катанда	0,30	0,04	-0,06	-0,07	0,11	-0,14	0,01	0,03	-0,12	-0,09	-0,21	0,70	0,89	0,96	1,00							
	Шебалино	0,31	-0,01	-0,01	-0,01	-0,05	-0,18	-0,16	-0,10	-0,17	-0,13	-0,28	0,57	0,83	0,79	0,83	1,00						
	Онгудай	0,11	-0,14	-0,20	-0,02	-0,09	-0,25	-0,09	-0,04	-0,12	-0,06	-0,41	0,80	0,90	0,93	0,91	0,82	1,00					
	Яйлю	0,30	-0,10	-0,18	-0,12	-0,06	-0,18	-0,18	-0,11	-0,24	-0,11	-0,39	0,51	0,83	0,78	0,81	0,90	0,78	1,00				
	Чемал	0,15	-0,12	-0,15	0,00	-0,03	-0,20	-0,06	-0,10	-0,20	-0,12	-0,34	0,63	0,89	0,86	0,88	0,93	0,86	0,94	1,00			
	Кызыл-Озёк	0,13	-0,08	-0,14	-0,04	-0,01	-0,13	-0,11	-0,07	-0,19	-0,18	-0,24	0,65	0,84	0,85	0,86	0,88	0,82	0,87	0,93	1,00		
	Турочак	0,13	-0,07	-0,12	0,08	0,04	-0,12	-0,07	-0,05	-0,18	-0,15	-0,27	0,70	0,85	0,85	0,85	0,91	0,84	0,94	0,94	0,95	1,00	

Значимые связи при вероятности:

≥0,20 $p = 0,10$
≥0,24 $p = 0,05$
≥0,32 $p = 0,01$

Табл. 3. Особенности пространственного распределения аномалий средних температур и количества осадков (1991-2020 гг.) на территории Республики Алтай

Метеостанции (абс. отметки)	Среднегодовые и среднесезонные значения отклонений температуры (°С) / осадков (мм) относительно базовой климатической нормы (61-90 гг.)				
	год	зима	весна	лето	осень
Пространственное распределение аномалий относительно орографического признака:					
Низкогорье					
Турочак (327 м)	1,20 / 34,0	1,42 / 6,0	1,50 / -3,0	0,83 / 13,0	0,75 / 18,0
Кызыл-Озёк (331 м)	1,10 / 21,0	1,32 / 3,0	1,45 / -18,0	0,83 / 20,0	0,90 / 16,0
Чемал (420 м)	0,70 / -12,0	0,42 / -6,0	1,15 / -10,0	1,00 / -12,0	0,65 / 16,0
Яйлю (480 м)	0,90 / 23,0	0,78 / -4,0	1,10 / -14,0	0,90 / 32,0	0,80 / 9,0
Среднегорье					
Онгудай (833 м)	0,90 / -21,0	1,06 / -11,0	0,85 / -8,0	0,83 / -10,0	0,40 / 8,0
Шебалино (865 м)	0,70 / -42,0	0,62 / -18,0	0,95 / -4,0	0,90 / -34,0	0,50 / 14,0
Катанда (949 м)	1,00 / -28,0	1,50 / -2,0	0,95 / -9,0	0,73 / -25,0	0,35 / 8,0
Усть-Кокса (978 м)	1,10 / -18,0	1,64 / -7,0	1,05 / -1,0	0,70 / -18,0	0,35 / 8,0
Усть-Кан (1037 м)	0,70 / -31,0	0,76 / 2,0	0,95 / -7,0	0,73 / -34,0	0,60 / 8,0
Высокогорье					
Кош-Агач (1760 м)	1,40 / 0,7	1,92 / 2,9	1,25 / -0,8	1,17 / -5,2	0,85 / 3,8
Ак-Кем (2050 м)	0,90 / -35,0	0,80 / 1,0	1,30 / -13,0	0,97 / -27,0	0,65 / 4,0
Кара-Тюрек (2596 м)	0,90 / 11,0	0,62 / 1,0	1,10 / -5,0	1,00 / 13,0	0,75 / 2,0
Пространственное распределение аномалий относительно меридионального вектора:					
Кызыл-Озек (331 м)	1,10 / 21,0	1,32 / 3,0	1,45 / -18,0	0,83 / 20,0	0,90 / 16,0
Шебалино (865 м)	0,70 / -42,0	0,62 / -18,0	0,95 / -4,0	0,90 / -34,0	0,50 / 14,0
Онгудай (833 м)	0,90 / -21,0	1,06 / -11,0	0,85 / -8,0	0,83 / -10,0	0,40 / 8,0
Кош-Агач (1760 м)	1,40 / 0,7	1,92 / 2,9	1,25 / -0,8	1,17 / -5,2	0,85 / 3,8
Пространственное распределение аномалий относительно первого широтного вектора:					
Усть-Кан (1037 м)	0,70 / -31,0	0,76 / 2,0	0,95 / -7,0	0,73 / -34,0	0,60 / 8,0
Кызыл-Озек (331 м)	1,10 / 21,0	1,32 / 3,0	1,45 / -18,0	0,83 / 20,0	0,90 / 16,0
Турочак (327 м)	1,20 / 34,0	1,42 / 6,0	1,50 / -3,0	0,83 / 13,0	0,75 / 18,0
Пространственное распределение аномалий относительно второго широтного вектора:					
Усть-Кан (1037 м)	0,70 / -31,0	0,76 / 2,0	0,95 / -7,0	0,73 / -34,0	0,60 / 8,0
Шебалино (865 м)	0,70 / -42,0	0,62 / -18,0	0,95 / -4,0	0,90 / -34,0	0,50 / 14,0
Яйлю (480 м)	0,90 / 23,0	0,78 / -4,0	1,10 / -14,0	0,90 / 32,0	0,80 / 9,0

Табл. 4. Особенности распределения аномалий средних температур и осадков на территории РА (1991-2020 гг.) в зависимости от континентальности климата

Метеостанции (абс. отметки)	Среднегодовые и среднесезонные значения аномалий температуры (°С) / количества осадков (%) относительно базовой климатической нормы				
	год	зима	весна	лето	осень
Долины низкогорья Северного Алтая (более 500 мм осадков в год)					
Турочак (327 м)	1,20 / 4,4	1,42 / 2,8	1,50 / -2,1	0,83 / 4,7	0,75 / 12,9
Кызыл-Озек (331 м)	1,10 / 2,9	1,32 / 1,9	1,45 / -12,2	0,83 / 6,8	0,90 / 12,3
*Яйлю (480 м)	0,90 / 2,6	0,78 / -2,9	1,10 / -14,0	0,90 / 32,0	0,80 / 9,0
*Чемал (420 м)	0,70 / -2,2	0,42 / -9,1	1,15 / -7,2	1,00 / 8,4	0,65 / 5,5
Долины среднегорья Центрального Алтая (более 500 мм осадков в год)					
*Шебалино (865 м)	0,70 / -7,7	0,62 / -25,4	0,95 / -4,0	0,90 / -11,4	0,50 / 18,2
Долины высокогорья Центрального Алтая (более 500 мм осадков в год)					
*Ак-Кем (2050 м)	0,90 / -6,2	0,80 / 1,8	1,30 / -11,8	0,97 / -8,6	0,65 / 4,5
*Кара-Тюрек (2596 м)	0,90 / 1,9	0,62 / 0,9	1,10 / -4,3	1,00 / 5,1	0,75 / 1,9
Котловины Центрального Алтая (менее 500 мм осадков в год)					
Катанда (949 м)	1,00 / -6,4	1,50 / -2,9	0,95 / -10,5	0,73 / -11,6	0,35 / 11,9
Усть-Кокса (978 м)	1,10 / -3,8	1,64 / -8,4	1,05 / -1,1	0,70 / -8,1	0,35 / 9,6
Онгудай (833 м)	0,90 / -5,4	1,06 / -21,6	0,85 / -11,1	0,83 / -4,8	0,40 / 14,3
Усть-Кан (1037 м)	0,70 / -8,4	0,76 / 5,6	0,95 / -9,6	0,73 / -16,7	0,60 / 14,8
Улаган (1300 м)	- / -2,4	- / 8,9	- / -2,5	- / -2,5	- / -9,9
Котловины Юго-Восточного Алтая (менее 500 мм осадков в год)					
Кош-Агач (1760 м)	1,40 / 0,6	1,92 / 20,6	1,25 / -6,3	1,17 / -6,1	0,85 / 33,9

Примечание: * – районы с высокой повторяемостью фёнов

Градации интенсивности отклонений от нормы температуры:

0,21-0,40°С – слабое; 0,41-0,70°С – умеренное; 0,71-1,0°С – сильное; > 1,0°С – очень сильное.

Градации интенсивности отклонений от нормы суммы осадков:

0-5% – слабое; 5-10% – умеренное; 10-20% – сильное; более 20% – очень сильное.

Табл. 5. Абсолютные максимумы температур воздуха (°С) в РА за период наблюдений 1931-2016 гг.

Метеостанция	Месяц												Кол-во обновленных максимумов после 1990 г.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кызыл-Озёк	<i>1983 г.</i>	<i>2002 г.</i>	<i>1989 г.</i>	<i>1972 г.</i>	<i>1980 г.</i>	<i>1977 г.</i>	<i>1992 г.</i>	<i>2002 г.</i>	<i>1959 г.</i>	<i>2015 г.</i>	<i>2001 г.</i>	<i>1955 г.</i>	5
	13,5	15,2	25,3	33,4	36,1	37,5	39,6	39,6	35,4	29,8	22,0	16,5	
Шебалино	<i>1983 г.</i>	<i>2002 г.</i>	<i>1989 г.</i>	<i>1972 г.</i>	<i>2004 г.</i>	<i>1981 г.</i>	<i>1992 г.</i>	<i>2002 г.</i>	<i>2010 г.</i>	<i>2015 г.</i>	<i>2001 г.</i>	<i>1989 г.</i>	7
	12,8	12,7	22,0	29,7	33,0	33,6	35,8	35,9	32,0	26,0	19,5	10,9	
Чемал	<i>1983, 1989 г.</i>	<i>2002 г.</i>	<i>1932 г.</i>	<i>1972 г.</i>	<i>2004 г.</i>	<i>2012 г.</i>	<i>2002 г.</i>	<i>2008 г.</i>	<i>1959 г.</i>	<i>1970 г.</i>	<i>1998 г.</i>	<i>1955 г.</i>	6
	15,2	16,4	25,7	33,0	37,3	36,2	39,7	40,6	35,7	28,7	19,0	17,4	
Турочак	<i>1979 г.</i>	<i>2016 г.</i>	<i>1982 г.</i>	<i>1972 г.</i>	<i>1980 г.</i>	<i>1977 г.</i>	<i>1965 г.</i>	<i>2002 г.</i>	<i>1959 г.</i>	<i>2015 г.</i>	<i>1978 г.</i>	<i>1989 г.</i>	3
	8,4	13,4	21,1	31,7	35,3	37,4	39,2	38,4	34,3	26,5	17,6	11,8	
Яйлю	<i>1983, 1998 г.</i>	<i>2004 г.</i>	<i>1989 г.</i>	<i>1972 г.</i>	<i>2004 г.</i>	<i>1931 г.</i>	<i>1992 г.</i>	<i>2005 г.</i>	<i>2015 г.</i>	<i>1996 г.</i>	<i>1966 г.</i>	<i>1989 г.</i>	7
	11,6	13,4	21,4	29,3	33,0	34,3	36,9	34,7	29,4	23,2	15,9	14,1	
Усть-Кан	<i>1983, 1980 г.</i>	<i>1963 г.</i>	<i>2001 г.</i>	<i>1997 г.</i>	<i>2004 г.</i>	<i>1982 г.</i>	<i>1974 г.</i>	<i>2008 г.</i>	<i>1959 г.</i>	<i>1997 г.</i>	<i>1978 г.</i>	<i>1955 г.</i>	5
	8,5	12,8	20,0	27,0	31,1	32,1	35,1	34,2	30,6	24,0	17,0	11,6	
Усть-Кокса	<i>1985, 2002 г.</i>	<i>2002 г.</i>	<i>1989 г.</i>	<i>1972 г.</i>	<i>2004 г.</i>	<i>2012 г.</i>	<i>1974 г.</i>	<i>2008 г.</i>	<i>1953 г.</i>	<i>1986 г.</i>	<i>1990 г.</i>	<i>1989 г.</i>	5
	5,7	6,6	17,2	27,3	32,0	33,4	36,5	36,4	31,2	23,7	12,6	8,2	
Онгудай	<i>1979, 1989 г.</i>	<i>2006, 1978 г.</i>	<i>1997 г.</i>	<i>1972 г.</i>	<i>2004 г.</i>	<i>1957 г.</i>	<i>1974 г.</i>	<i>2008 г.</i>	<i>2010 г.</i>	<i>1985 г.</i>	<i>1983 г.</i>	<i>1989 г.</i>	5
	9,5	10,5	21,2	29,9	33,7	35,3	37,7	37,6	33,8	26,0	14,5	11,6	
Катанда	<i>2013 г.</i>	<i>2016 г.</i>	<i>1989 г.</i>	<i>1997 г.</i>	<i>2004 г.</i>	<i>2008 г.</i>	<i>1992 г.</i>	<i>2008 г.</i>	<i>1953 г.</i>	<i>1990 г.</i>	<i>2002 г.</i>	<i>1989 г.</i>	8
	3,6	6,7	17,7	27,8	31,8	33,4	36,4	37	31,3	25,2	14,3	4,9	
Кош-Агач	<i>1979 г.</i>	<i>1998 г.</i>	<i>1977 г.</i>	<i>1972 г.</i>	<i>2004 г.</i>	<i>2012 г.</i>	<i>2004 г.</i>	<i>1964 г.</i>	<i>2014 г.</i>	<i>1990 г.</i>	<i>1963 г.</i>	<i>1989 г.</i>	5
	1,5	4,3	14,9	22,9	28,2	30,6	33,2	32,5	27,3	19,4	8,9	2,9	
Кара-Тюрек	<i>2007 г.</i>	<i>1962 г.</i>	<i>2015 г.</i>	<i>1997 г.</i>	<i>1980 г.</i>	<i>1992 г.</i>	<i>2004 г.</i>	<i>1998 г.</i>	<i>1959 г.</i>	<i>2015 г.</i>	<i>1956 г.</i>	<i>1980 г.</i>	7
	2,4	6,7	12,5	14,2	18,1	20,6	23,7	21,8	19,1	15,8	6,2	4,0	
Ак-Кем	<i>1983, 1989 г.</i>	<i>1963, 2004 г.</i>	<i>1997 г.</i>	<i>1997 г.</i>	<i>2004 г.</i>	<i>2004 г.</i>	<i>2005 г.</i>	<i>1967 г.</i>	<i>1959 г.</i>	<i>2015 г.</i>	<i>2001 г.</i>	<i>1955 г.</i>	8
	6,0	10,0	12,5	18,0	22,8	32,3	26,2	25,6	22,5	16,6	11,0	7,6	
Количество обновленных максимумов после 1990 г.	4	10	4	4	9	6	8	10	4	7	5	0	

Примечание: серым цветом выделены максимумы температур воздуха, обновленные после 1990 г.

Табл. 6. Абсолютные минимумы температур воздуха (°С) в РА за период наблюдений 1931-2016 гг.

Метеостанция	Месяц												Количество обновленных максимумов после 1990 г.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кызыл-Озек	1969 г.	1931 г.	1930 г.	1963 г.	1931 г.	1964 г.	1988 г.	1967 г.	1969 г.	1987 г.	1952 г.	1938 г.	0
	-46,4	-43,9	-36,4	-31,6	-15,1	-2,5	2,6	-1,0	-8,3	-24,7	-42,8	-48,6	
Шебалино	1970., 2001гг.	1974 г.	1971 г.	1979 г.	1980 г.	2007 г.	1971 г.	1972 г.	2004 г.	1987 г.	1987 г.	2001 г.	4
	-37,8	-38,6	-33,1	-24,4	-11,4	-3,7	0,0	-2,7	-12,2	-25,9	-40,7	-36,6	
Чемал	1931, 1938 гг.	1931 г.	1933 г.	1964 г.	1932 г.	1933 г.	1972 г.	1967 г.	1969 г.	1987 г.	1987 г.	1929 г.	0
	-41,5	-40,2	-35,1	-25,3	-12,0	-2,2	3,1	-0,4	-7,6	-22,3	-38,6	-39,5	
Турочак	1969 г.	1957 г.	1971 г.	1964 г.	1946 г.	1961 г.	1951 г.	1945 г.	1940 г.	1976 г.	1952 г.	1966 г.	0
	-50,3	-47,9	-42,3	-36,7	-10,4	-4	1,4	-2,3	-8,8	-25,1	-46,0	-48,0	
Яйло	1933,1969 гг.	1951 г.	1995 г.	1964 г.	1932 г.	1961 г.	1972 г.	1967 г.	1969 г.	1987 г.	1987 г.	1938 г.	1
	-36,2	-38,7	-28,8	-24,3	-10,1	-1,3	1,6	0,1	-4,9	-18,7	-33,0	-33,5	
Усть-Кан	2001 г.	1942 г.	1945 г.	1969 г.	1959 г.	1961 г.	1972 г.	1951 г.	1945 г.	1987 г.	1944 г.	1944 г.	1
	-44,0	-42,8	-38,5	-26,6	-16,0	-7,6	-1,5	-7,4	-14,0	-29,0	-46,9	-46,2	
Усть-Кокса	1940 г.	1951 г.	1951 г.	1979 г.	1960 г.	2007 г.	1936 г.	1938 г.	1969 г.	1987 г.	1944 г.	1966 г.	1
	-48,5	-43,9	-37,8	-25,0	-10,7	-3,0	-1,2	-4,5	-9,8	-22,6	-42,0	-46,4	
Онгудай	1940 г.	1942 г.	1945 г.	1950 г.	1946 г.	1964 г.	1972 г.	1938 г.	1969 г.	1987 г.	1954 г.	1944 г.	0
	-46,0	-41,8	-35,3	-24,5	-12,2	-2,8	0,1	-4,9	-10	-26,2	-43,8	-44,0	
Катанда	1940, 1937г.	1957 г.	1951 г.	1934 г.	1941 г.	2007 г.	1952 г.	1947 г.	1969 г.	2016 г.	1944 г.	1966 г.	2
	-48,3	-43,9	-37,6	-25,8	-10,6	-4,4	-1,4	-4,7	-11,1	-23,5	-45,0	-47,8	
Кош-Агач	1940 г.	1936 г.	1936 г.	1939 г.	1946 г.	1942 г.	1940 г.	1938 г.	1968 г.	1940 г.	1954 г.	1947 г.	0
	-55,1	-50,9	-47,9	-34	-13,8	-6,5	-2,2	-6,2	-24,3	-32,3	-46,7	-51,2	
Кара-Тюрек	2014 г.	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	1
	-37,2	-42,7	-34,2	-30,3	-20,9	-11,9	-7,8	-9,5	-21,6	-28,4	-38,9	-38,5	
Ак-Кем	1933 г.	1951 г.	1985 г.	1963 г.	1970 г.	2014 г.	1972 г.	1967 г.	1967 г.	1987 г.	1987 г.	1966 г.	1
	-43,3	-43,0	-36,2	-32,5	-21,8	-10,3	-9,7	-10,1	-20	-29,7	-40,0	-41,6	
Количество обновленных максимумов после 1990 г.	3	0	1	0	0	4	0	0	1	1	0	1	

Примечание: серым цветом выделены максимумы температур воздуха, обновленные после 1990 г.

Табл. 7. Максимальное суточное количество осадков (мм) в РА за период наблюдений 1931-2022 гг.

Метеостанция	Максимальное суточное количество осадков в мм / месячная норма (для 1991-2020 гг.) в мм												Количество обновленных максимумов после 1990 г.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кызыл-Озек	17/23	19/24	23/30	33/51	42/79	73/101	57/106	56/109	58/78	44/68	42/46	28/39	4
	02.01.1960	27.02.1966	06.03.1977	16.04.2004	29.05.2014	24.06.1985	18.07.1996	03.08.1976	10.09.1992	01.10.1986	18.11.1950	23.12.1968	
Шебалино	10/10	12/9	24/11	36/33	44/64	46/85	74/99	44/80	46/56	30/35	24/14	15/9	7
	15.01.1990	18.02.1979	11.03.2001	04.04.2005	28.05.1989	25.06.1995	16.07.2008	16.08.2013	15.09.1977	06.10.1972	04.11.2016	04.12.1991	
Чемал	9/9	15/9	22/13	35/31	53/64	47/82	43/101	64/90	50/59	31/35	29/17	15/12	5
	05.01.1987	27.02.1966	11.03.2001	04.04.2005	29.05.1943	25.06.1995	03.07.1964	04.08.1997	15.09.1977	06.10.1972	16.11.1947	04.12.1991	
Турочак	19/34	25/33	23/35	52/56	33/85	93/91	71/98	76/102	43/77	48/81	60/63	32/55	5
	02.01.1960	24.02.1979	08.03.2006	14.04.2004	21.05.2008	29.06.1941	02.07.1957	21.08.1995	03.09.1946	10.10.1999	1.11.1950	26.12.2019	
Яйлю	21/17	17/15	21/24	43/63	56/118	58/134	101/138	69/142	67/104	73/69	55/45	24/32	4
	26.01.1936	27.02.1966	30.03.1983	14.04.2004	21.05.2008	27.06.1987	04.07.2012	07.08.1984	01.09.1956	10.10.1999	18.11.1950	09.12.1961	
Усть-Кан	10/5	18/5	15/8	27/22	28/44	129/51	53/64	41/55	39/37	25/25	23/13	8/7	5
	23.01.1979	27.02.1977	11.03.2001	04.04.2005	28.05.1989	25.06.2014	11.07.1963	16.08.2013	17.09.1955	03.10.1976	04.11.2016	06.12.1947	
Усть-Кокса	24/14	27/8	26/10	58/26	70/60	50/59	44/76	40/69	36/46	49/45	38/26	22/18	3
	09.01.1940	26.02.1992	22.03.1958	03.04.1952	11.05.1973	30.06.2014	13.07.1979	09.08.1981	25.09.1996	20.10.1977	02.11.1963	01.12.1984	
Онгудай	9/7	14/6	21/6	25/19	44/45	37/63	55/72	37/64	30/40	23/24	27/11	16/10	6
	09.01.2013	27.02.1977	11.03.2001	29.04.1981	21.05.2010	5.06.1995	25.07.1942	10.08.2006	14.09.1946	17.10.1976	03.11.2016	05.12.1988	
Катанда	10/11	10/8	12/8	36/25	33/52	37/62	41/67	35/61	31/40	37/35	33/21	27/19	5
	11.01.1960	10.02.1953	07.03.2002	14.04.1956	28.05.1983	30.06.2014	19.07.1992	07.08.1940	25.09.1996	04.10.1987	05.11.2009	05.12.1988	
Кош-Агач	10/3	6/2	5/2	10/4	10/8	25/22	39/35	28/23	30/11	10/4	17/5	7/5	2
	20.01.1997	07.02.1974	20.03.2022	14.04.1956	02.05.1938	27.06.1983	13.07.1987	25.08.1980	22.09.1968	08.10.1970	05.11.1968	07.12.1960	
Кара-Тюрек	12/16	16/13	14/22	33/42	44/68	38/81	41/99	41/88	40/57	33/49	35/36	16/22	5
	31.01.1966	26.02.1992	31.03.1967	21.04.1993	28.05.1980	13.06.1981	23.07.2002	01.08.2001	03.09.1986	07.10.1999	04.11.2016	11.12.1962	
Ак-Кем	8/7	10/6	12/13	31/31	43/66	43/92	49/102	43/93	27/57	27/35	30/19	13/11	5
	09.01.1971	13.02.2015	28.03.1953	14.04.1956	30.05.2014	09.06.1999	28.07.1984	09.08.2006	01.09.1993	06.10.1999	19.11.1980	30.12.1986	
Количество обновленных максимумов после 1990 г.	2	1	7	7	5	7	5	6	4	4	5	3	

Примечание: цветом выделены максимумы температур воздуха, обновленные после 1990 г.; розовым цветом выделены аномалии суточных осадков более 30 мм

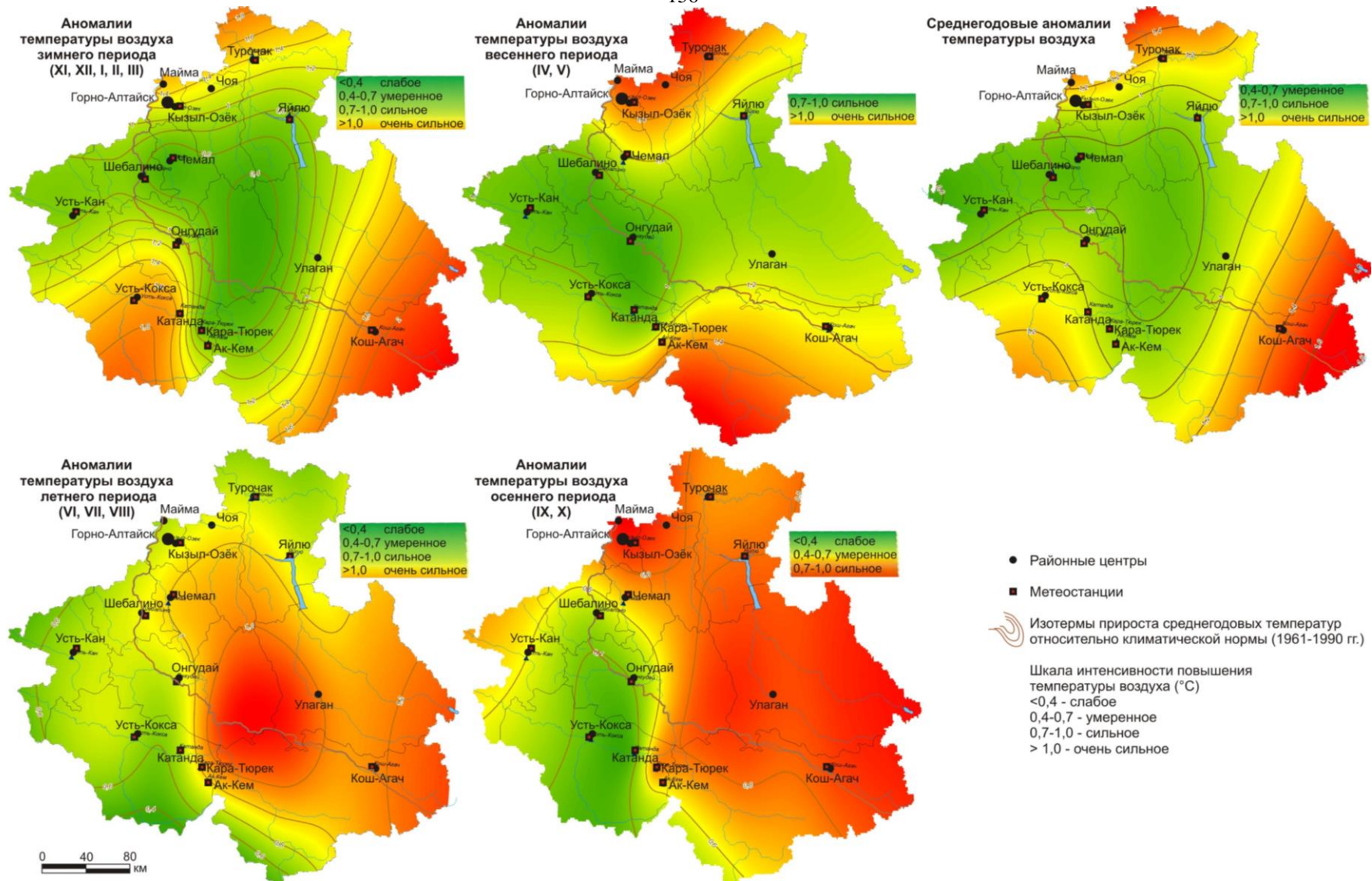


Рис. 1. Особенности пространственного распределения отклонений средних температур 1991-2020 гг. от базовой климатической нормы (1961-1990 гг.) на территории Республики Алтай

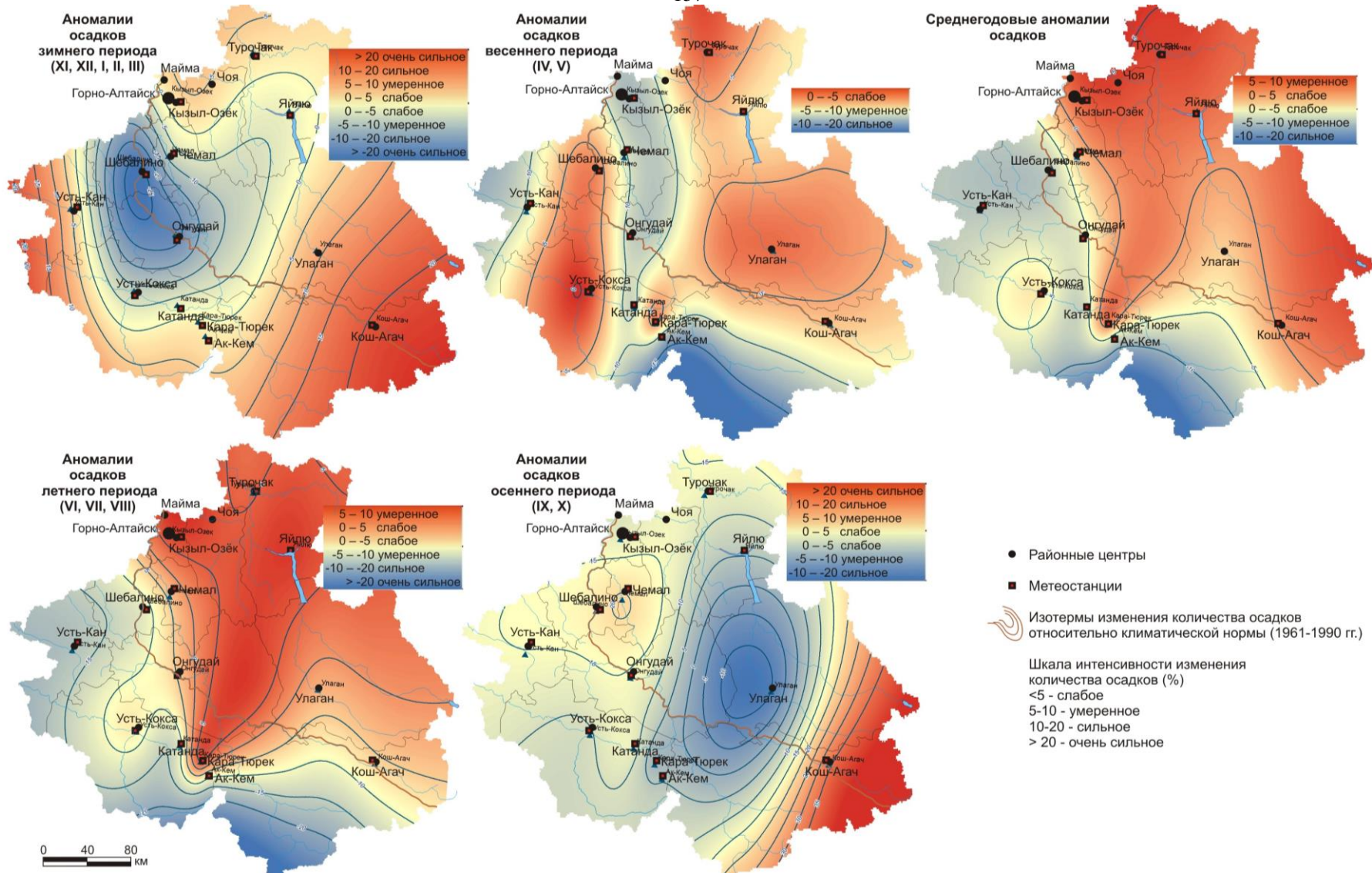


Рис. 2. Особенности пространственного распределения отклонений от базовой климатической нормы (1961-1990 гг.) суммы осадков 1991-2020 гг. на территории Республики Алтай

Табл. 8. Районирование территории Республики Алтай по распределению суммарной многолетней повторяемости ОЯ и ОГЯ

Наименование района	Доля ОЯ погоды, в % от общего количества													Среднегодовая повторяемость ОЯ погоды	Доля ОГЯ, в % от общего количества					Среднегодовая повторяемость ОГЯ	Суммарная среднегодовая повторяемость ОЯ и ОГЯ	районирование по суммарной среднегодовой повторяемости ОЯ и ОГЯ	
	ветровые явления					осадки						температура			ОГЯ								
	ветер	очень сильный ветер	ураганный ветер	шквал	сильная метель	дождь	очень сильный дождь	продолжительный сильный дождь	сильный ливень	крупный град	ГЮ мокрый снег	снег	сильный мороз		сильная жара	паводки	половодья	затопы	зажоры				маловодья
Онгудайский район	20	10		10		20				10	10	10	10		0,4	67	17	17			0,10	0,5	с пониженной повторяемостью ОЯ и ОГЯ
Усть-Канский район	8,3			8		33,3	8		8	8	8	17		0,5		100				0,06	0,6		
Чемальский район						46,2	8			15	8	7,7		0,6	75	25				0,13	0,7		
Шебалинский район	5,3					57,9	11				16	11		0,8	100					0,10	0,9		
Майминский район	13					43,5	17	9			4	13		1	50	25	25			0,13	1,1	со средней повторяемостью ОЯ и ОГЯ	
Улаганский район	13	2				44	6	5	3	3		3	21	1,35	67	33				0,13	1,5		
Кош-Агачский район	35	4				4							57	1		50		50		0,06	1,1		
Чойский район	13					43	17	9			4	13		1	33	67				0,10	1,1		
г. Горно-Алтайск	13					43	17	9			4	13		1	50	25	25			0,13	1,1		
Турочакский район	3	1		4		54	10	6	4	4	6	4		1,2	34	22			44	1,03	2,2	с повышенной повторяемостью ОЯ и ОГЯ	
Усть-Коксинский район	80	2	9	1	5	1						1	2	4,3	67	33				0,06	4,3		

Табл. 9. Экстремальные характеристики режима увлажнения на территории Республики Алтай

Метеостанция	Число дней в году с осадками не менее 10 мм за период 1998-2020 гг.					Экстремумы среднегодовых осадков (мм) за период 1998-2020 гг.						Максимум суточного ко- личества осадков (мм) за период наблюдений 1931- 2022 гг.	
	среднее	минимум осадков		максимум		норма	среднее	минимум		максимум		значение	дата
		мм	год	мм	год			мм	год	мм	год		
Кызыл-Озек	21	8	2003	29	2009,2015, 2016	733	739,0	538,7	2003	890	2009	73	24.06.1985
Турочак	20	8	2011	28	2009	776	770,3	514,9	2011	941,6	2009	93	29.06.1941
Яйлю	28	22	2005	35	2008	878	877,1	661,3	2011	1152,3	2009	101	04.07.2012
Чемал	14	5	2011	23	1999	534	528,9	392,2	2011	661,3	2016	64	04.08.1997
Шебалино	15	9	1998	24	1999	547	554,4	430,7	1998	710,9	2009	74	16.07.2008
Усть-Кан	8	4	2011	13	2009	367	366,7	262,8	2011	487	2016	129	25.04.2014
Онгудай	9	4	2011	13	2009	388	390,1	268,8	2011	532,2	2009	55	25.07.1942
Усть-Кокса	12	5	1998	18	1999	475	472,2	320,6	1998	590	2001	70	11.05.1973
Катанда	9	3	2011	7	2009	437	443,3	288,4	2011	593	2009	41	19.07.1992
Кош-Агач	2	0	2000	7	2012	123,3	149,4	87,7	2014	602,8	2002	39	13.07.1987
Кара-Тюрек	13	5	2017	29	1999	582	571,4	368,5	2017	834,5	1999	44	28.05.1980
Ак-Кем	15	9	2017	21	2010	567	571,3	379,3	2017	680,6	2009	49	28.07.1984

Приложение 3. Прогнозные оценки изменений климатических характеристик на территории Республики Алтай до 2050 г.

Табл. 1. Прогноз среднесуточных осадков по данным действующих метеостанций

Метеостанции	Уравнение тренда	Величина достоверности R ²	Скорость изменения	Прогноз на 2039 г., мм	Прогноз на 2050 г., мм
Среднесуточное количество осадков (мм)					
Турочак	$y = +0,0088x + 3,7960$	0,0168	+0,088 / 10 лет	+0,17	+0,26
Кызыл-Озек	$y = +0,0216x - 39,419$	0,1438	+0,216 / 10 лет	+0,41	+0,65
Яйлю	$y = -0,0082x + 4,3137$	0,0093	-0,082 / 10 лет	-0,16	-0,25
Чемал	$y = -0,0081x + 3,2842$	0,0368	-0,081 / 10 лет	-0,15	-0,24
Шебалино	$y = -0,0157x + 3,3277$	0,0851	-0,157 / 10 лет	-0,30	-0,47
Усть-Кан	$y = -0,0022x + 2,787$	0,0013	-0,022 / 10 лет	-0,04	-0,07
Онгудай	$y = -0,0101x + 2,7644$	0,0433	-0,101 / 10 лет	-0,19	-0,30
Усть-Кокса	$y = -0,0188x + 3,5862$	0,0863	-0,188 / 10 лет	-0,36	-0,56
Катанда	$y = -0,0245x + 3,2592$	0,2238	-0,245 / 10 лет	-0,47	-0,74
Кош-Агач	$y = +0,0268x + 1,3482$	0,1602	+0,268 / 10 лет	+0,51	+0,80
Кара-Тюрек	$y = +0,0949x + 1,9051$	0,6610	+0,949 / 10 лет	+1,80	+2,85
Ак-Кем	$y = +0,0055x + 2,4352$	0,5646	+0,055 / 10 лет	+0,10	+0,17
Среднее число дней с осадками не менее 0,0 мм (сутки)					
Турочак	$y = -0,2346x + 668,57$	0,0097	-2,35 / 10 лет	-4,47	-7,05
Кызыл-Озек	$y = -0,3528x + 890,75$	0,0218	-3,53 / 10 лет	-6,71	-10,59
Яйлю	$y = +0,4802x - 755,93$	0,0435	+4,80 / 10 лет	+9,12	+14,40
Чемал	$y = +0,0623x + 41,412$	0,0007	+0,62 / 10 лет	+1,18	+1,86
Шебалино	$y = +0,8043x - 1439,7$	0,1386	+8,04 / 10 лет	+15,28	+24,12
Усть-Кан	$y = +0,3824x - 635,57$	0,0553	+3,82 / 10 лет	+7,26	+11,46
Онгудай	$y = +0,3656x - 0,0311$	0,0311	+3,66 / 10 лет	+6,95	+10,98
Усть-Кокса	$y = +0,752x - 1370,4$	0,1085	+7,52 / 10 лет	+14,29	+22,56
Катанда	$y = +1,0652x - 1988,5$	0,2184	+10,65 / 10 лет	+20,24	+31,95
Кош-Агач	$y = -0,3024x - 685,64$	0,0345	-3,02 / 10 лет	-5,74	-9,06
Кара-Тюрек	$y = -0,4457x + 1086,4$	0,0174	-4,46 / 10 лет	-8,47	-13,38
Ак-Кем	$y = +0,2292x - 274,21$	0,0055	+2,29 / 10 лет	+4,35	+6,87

Табл. 2. Прогноз среднегодовых и среднесуточных осадков

Метеостанции	Средние данные за период 1998-2020 гг.			Прогноз на 2039 г.			Прогноз на 2050 г.		
	число дней с осадками	средне-суточное кол-во	осадков в год	число дней с осадками	средне-суточное кол-во	осадки год.	число дней с осадками	средне-суточное кол-во	осадков в год
Турочак	197	3,9	778	193	4,07	784	190	4,16	790
Кызыл-Озек	182	4,1	740	175	4,51	791	171	4,75	814
Яйлю	209	4,2	880	218	4,04	881	223	3,95	882
Чемал	166	3,2	530	167	3,05	510	168	2,96	497
Шебалино	176	3,1	554	191	2,80	536	200	2,63	526
Усть-Кан	133	2,8	369	140	2,76	387	144	2,73	394
Онгудай	147	2,6	391	154	2,41	371	158	2,30	363
Усть-Кокса	140	3,4	472	154	3,04	469	163	2,84	462
Катанда	151	3,0	448	171	2,53	433	183	2,26	413
Кош-Агач	78	1,6	129	72	2,11	152	69	2,40	165
Кара-Тюрек	191	3,0	571	183	4,80	876	178	5,85	1039
Ак-Кем	186	3,1	571	190	3,20	609	193	3,27	631

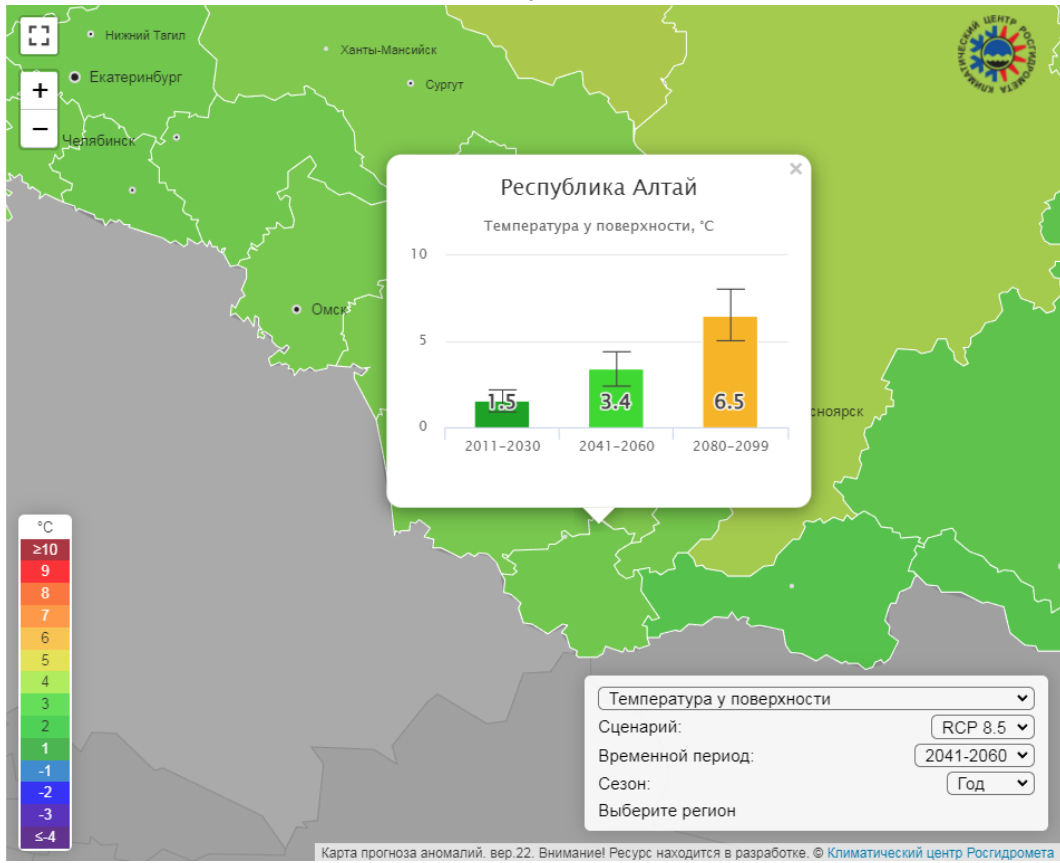


Рис. 1. Прогноз годовой температуры у поверхности, °C за периоды 2011-2030 гг., 2041-2060 гг., 2090-2099 гг. (ГГО СМIP5, сценарий RCP8.5)

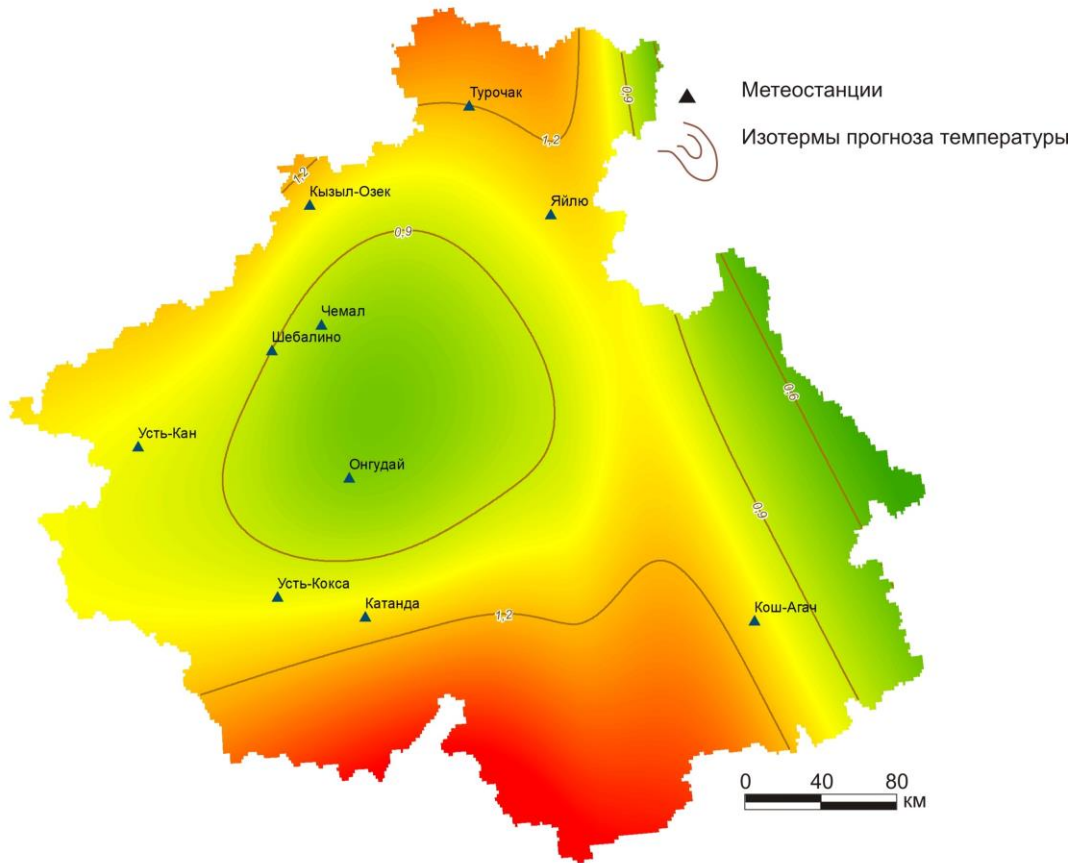


Рис. 2. Прогноз среднегодовой температуры, °C к 2050 году

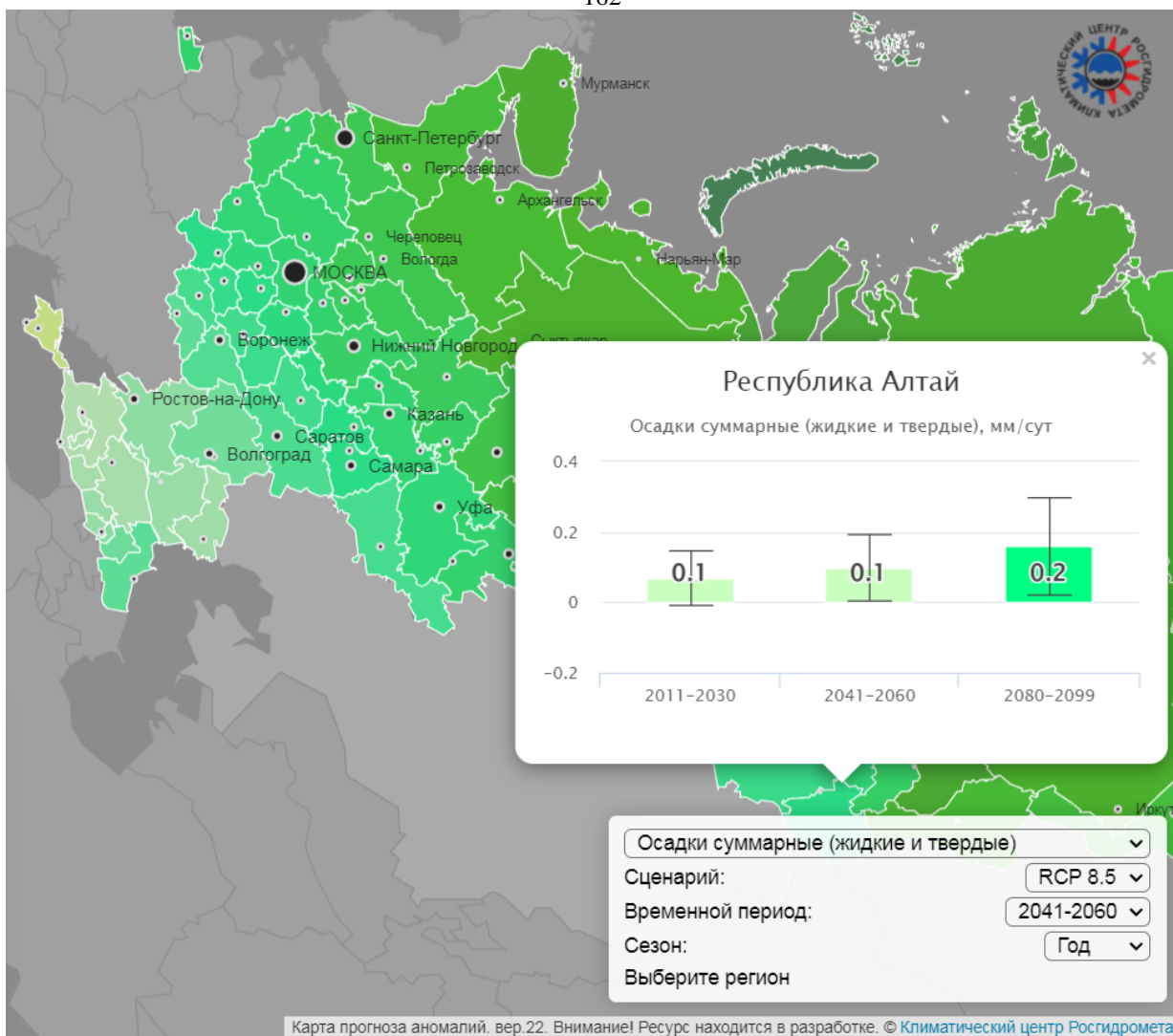


Рис. 3. Прогноз годовых суммарных осадков (жидких и твердых), мм/сут за периоды 2011-2030 гг., 2041-2060 гг., 2090-2099 гг. (ГГО СМIP5, сценарий RCP8.5)

Приложение 4. Оценка социально-экономических рисков для отраслей экономики и рекомендуемые меры по их адаптации

Табл. 1. Перечень возможных для Республики Алтай последствий наиболее значимых видов ОЯ с рекомендуемыми адаптационными мерами

Отрасль экономики, элемент социальной инфраструктуры	Перечень последствий для отрасли	Рекомендуемые адаптационные меры
Раздел А. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	Поражение сельскохозяйственных культур от ОЯ (засух, града, ливневых осадков, экстремально высоких температур, заморозков, снегопадов, очень сильных ветров)	Повышение надежности кратко-, среднесрочного и сезонного агроклиматических прогнозов погоды. Обязательное использование прогностических данных. Использование градозащитной аппаратуры
	Влияние на урожайность медленных климатических изменений (роста температуры, периодической нехватки воды)	Актуализация мезо- и микроклиматического районирования территории с учетом наблюдаемых и ожидаемых климатических изменений. Увеличение видового разнообразия возделываемых культур и сортов. Совершенствование системы земле и водопользования. Более широкое внедрение влагосберегающих технологий (снегозадержание, уменьшение непродуктивного испарения из-за орошения открытым способом и др.). Развитие системы страхования урожая от природных ЧС
	Вследствие увеличения пожароопасности в лесах потери древесины, ущербы от лесных пожаров объектам инфраструктуры, риски для здоровья и жизни людей, для лесных экосистем	Постоянный мониторинг состояния лесных массивов. Запрет на неконтролируемые поджоги травы. Контроль рекреационного использования лесов. Повышение осведомленности населения о причинах и опасности лесных пожаров
	Лесоповал от прохождения шквального ветра, смерчей, сильных снегопадов	Регулярная очистка леса от сухостоя и валежника
	Разрушение лесных массивов и рекреационных объектов вследствие лавин, селей	Исключение несанкционированной застройки рекреационных объектов. Проведение тщательной экспертизы территории на предмет наличия ОЯ. Поддержание служб, проводящих противополавиновые мероприятия
Раздел Д. Обрабатывающие производства	Снижение производительности труда и сокращение времени работы из-за высоких температур воздуха	Создание высокоэффективных автоматизированных систем кондиционирования на основе специализированной климатической информации
	Увеличение затрат на кондиционирование в периоды с высокой и низкой температурой воздуха.	
	Повреждение заводских зданий сильным ветром (смерчем, шквалом).	Пошаговая модернизация капитального фонда. Отказ от строительства на территории производства легких мобильных конструкций. Создание или увеличение суммы материального резерва по ГО и ЧС.
Раздел Е. Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	Риски разрушения конструкций ЛЭП из-за сильного ветра, гололеда, высоких температур воздуха, гроз	Регулярный осмотр и модернизация ЛЭП. Своевременная очистка просек от близко растущих деревьев. Создание бригад технической помощи быстрого реагирования. Прокладка подземных линий электропередач. Установки оборудования для электромеханического удаления ледяных образований. Использование грозозащитной аппаратуры

	Нарушение централизованного энергоснабжения при авариях на ЛЭП	Создание резервных источников энергии
	Уменьшение срока службы газопроводов и водопроводов из-за изменения температурного и влажностного режимов, интенсификации карстовых процессов	Более частный мониторинг состояния газопроводов и водопроводов. Актуализация нормативных документов по их строительству и эксплуатации с учетом метеорологических данных за последние десятилетия.
Раздел Ф. Строительство	Разрушение строительных конструкций под действием занормативных снеговых, ветровых и гололедных нагрузок.	Актуализация нормативных документов по строительству, содержащих расчетные климатические характеристики, с учетом метеорологических данных последних десятилетий.
	Разрушение зданий и сооружений, возведенных в потенциально опасных местах (в горных долинах, на склонах, подверженных лавинам и оползням и т.д.)	Контроль за выполнением нормативных документов при строительстве новых и ремонте старых зданий.
	Увеличение скорости развития карстовых процессов.	Организация наблюдений за динамикой карстовых зон. Реконструкция сетей водоотведения с целью уменьшения утечек воды, способствующих размыву грунта и просадочным явлениям
	Подтопление подвалов, протечка кровель (ливневые дожди). Аварии в системах водоотведения, малая пропускная способность ливневой канализации.	Профилактическое обслуживание водостоков. Развитие "зеленого строительства" (т.е. увеличение территорий парков и скверов, где отсутствует твердое покрытие). Расселение людей из ветхих и аварийных домов. Пошаговая модернизация жилого фонда.
	Риски при работах на открытом воздухе при наступлении ОЯ или НГЯ (сильный ветер, смерч, шквал, гроза и т.д.).	Своевременное оповещение работников о возможности ОЯ или НГЯ и организация их защиты
Раздел Г. Оптовая и розничная торговля; ремонт. Раздел Н. Гостиницы и рестораны.	Риски для нормальной работы торговли, сферы услуг, туристического сектора от ОЯ или НГЯ (сильный ветер, сильная жара, ливень).	Совершенствование методики раннего оповещения об ОЯ или НГЯ. Улучшение транспортной инфраструктуры. Повышение доступности медицинской помощи. Установка качественных кондиционеров в гостиницах, торговых комплексах. Разработка рекомендаций и планов действий по защите населения от последствий ЧС, связанных с прохождением ОЯ и НГЯ.
Раздел И. Транспорт и связь	Размыв дорог под действием очень сильного дождя Снежный занос автомобильных дорог. Образование снежного и гололедного наката, приводящих к снижению сцепных качеств дорожного покрытия, увеличение тормозного пути. Ухудшение видимости на трассах при сильном тумане. Ухудшения состояния дорожного полотна при высоких температурах воздуха. Риски для водного транспорта при штормах, обледенении и т.д.	Разработка системы оповещения водителей об особенностях движения в сложных метеорологических условиях. Совершенствование методики раннего оповещения об ОЯ. Создание бригад технической помощи быстрого реагирования. Улучшение систем дренажа и водоотведения для предупреждения размыва насыпей и дорожного полотна Расширение автопарка снегоуборочной техники. Своевременная обработка дорог при гололедице и снежном накате. Снижение скоростного режима на опасных участках дороги. Использование теплостойких дорожных покрытий. Развитие системы страхования от случаев природных ОЯ. Совершенствование специализированных прогнозов погоды для водного транспорта.

Раздел L Государственное управление и обеспечение безопасности	Риски ЧС для объектов инфраструктуры и населения от ОЯ и НГЯ	<p>Совершенствование прогнозов и методики раннего оповещения об ОЯ и НГЯ. Разработка рекомендаций и планов действий по защите населения от последствий ЧС, связанных с изменениями климата и прохождением ОЯ.</p> <p>Создание или увеличение суммы материального резерва по ГО и ЧС Жесткий контроль за выполнением строительных норм.</p> <p>Создание резервных источников электроэнергии.</p> <p>Улучшение транспортной инфраструктуры.</p> <p>Повышение доступности медицинской помощи.</p>
Раздел N. Здравоохранение и предоставление социальных услуг	Риски для жизни и здоровья населения от ОЯ и НГЯ (волны жары, сильный ветер, гололед и т.д.).	<p>Совершенствование методики раннего оповещения об ОЯ.</p> <p>Улучшение транспортной инфраструктуры.</p> <p>Разработка рекомендаций и планов действий по защите населения от последствий ЧС, связанных с изменениями климата и прохождением ОЯ.</p> <p>Разработка системы оповещения населения и различных служб о ситуации появления тепловых волн. Дополнительное озеленение территории городов.</p> <p>Обязательная установка кондиционеров в больницах и детских садах.</p> <p>Повышение качества и доступности медицинской помощи (внедрение системы патронажа пожилых людей с хроническими заболеваниями сердечно-сосудистой системы и т.д.). Совершенствование системы сбора и регистрации информации о состоянии здоровья населения, включая основные и вновь выявляемые факторы риска, возникающие как реакция на климатические изменения.</p>