

**ТЕНДЕНЦИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА КАК
ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ БОЛЬШОГО АЛТАЯ**

Н.Ф. Харламова

Алтайский государственный университет,

Барнаул, Российская Федерация

harlamovageo@rambler.ru

Повышенный интерес к проблеме глобального климата в последнее десятилетие связан, прежде всего, с влиянием климатических изменений на условия жизнедеятельности человека, функционирование различных отраслей экономики и природных экосистем. Изменения глобального климата есть совокупность его региональных изменений различных временных и пространственных масштабов. Именно региональные изменения, носящие зачастую экстремальный характер (засухи, наводнения, суровые и теплые зимы), оказывали и оказывают наиболее существенное воздействие на экономическую и социальную жизнь общества. События, связанные с последним потеплением климата, побудили ученых, практиков и политиков рассматривать климат как важнейший природный ресурс, перераспределение которого между странами имеет серьезные социально-экономические и политические последствия, определяющие благосостояние государств мира [1].

Особенно актуальным представляется рассмотрение проблемы воздействия климатических изменений на уровень и качество жизни человека в условиях внутриконтинентальных и горных территорий, в частности, Большого Алтая. Как было отмечено в 27 главе Резолюции ООН «Оценка экосистем тысячелетия» (2005 г.), жители гор сталкиваются с такими вызовами, как жесткие климатические условия; уязвимость горных экосистем к природным и техногенным воздействиям и низкая сельскохозяйственная продуктивность, которые, в свою очередь, во многом являются климатообусловленными [2].

В Повестке дня XXI века, принятой на конференции ООН в Рио-де-Жанейро (1992 г.) однозначно указано, что «горы весьма восприимчивы к нарушению экологического равновесия под влиянием деятельности человека или природных процессов» [3]. Влияние глобальных изменений, включая климатические, на экосистемы и социально-экономические системы, проблемы определения ответной реакции на происходящие и грядущие воздействия, положительных возможностей и ограничений адаптации к новым условиям — данные вопросы являются наиболее приоритетными для научного познания в международном и региональном масштабах. Удаленный на тысячи километров от океанов Алтай, расположенный практически в центре Евразийского материка, играет важную, практически глобальную, роль в климатической системе Северной Азии. Русский, Монгольский и Гобийский Алтай — один из мировых центров современного оледенения.

Сетевое издание Совета ректоров вузов Большого Алтая

Повышение приземной температуры воздуха приводит к сокращению площади горного оледенения. Оценка темпов сокращения площади ледников в Алтае-Саянском регионе, на Памире и Тянь-Шане (рисунок 1) свидетельствует об их максимальных значениях на Алтае и в Саянах.

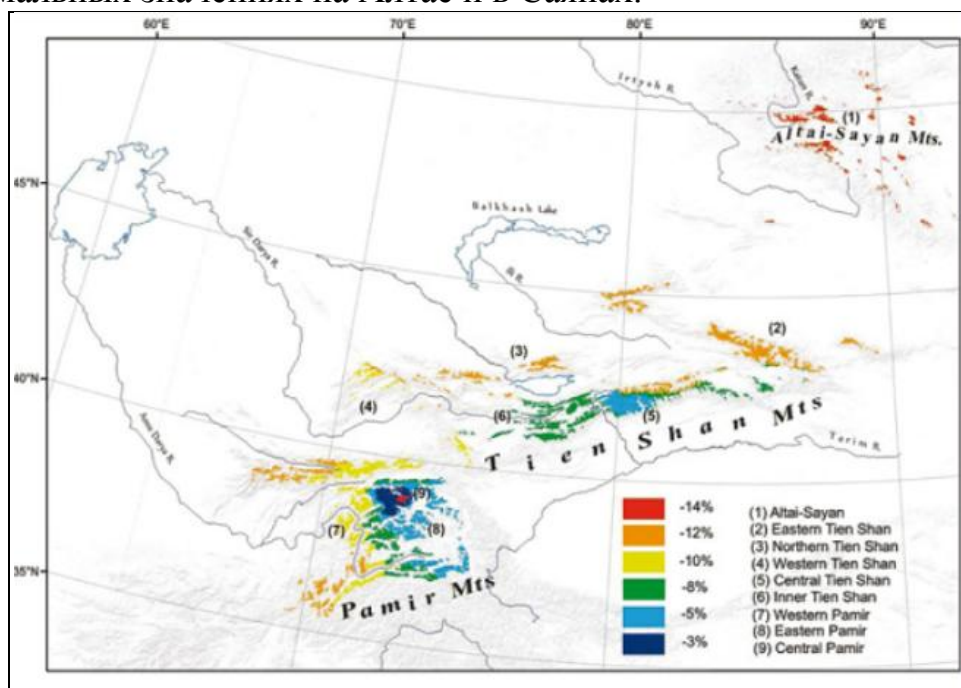


Рисунок 1 — Сокращение площади ледников за период с 2008 г. по 1960-е гг., в Алтае-Саянском регионе, на Памире и Тянь-Шане (по спутниковым данным) [Reducing the area of glaciers in the period from 1960s till 2008 in the Altai-Sayan region, the Pamirs and Tien Shan (satellite data)] [4]

Изменения климата тесно связаны с изменением водообеспеченности территории. Алтай может быть назван «водонапорной башней» Северной Азии. Горные хребты Алтая образуют наиболее возвышенную часть водораздела, отделяющего бассейн Северного Ледовитого океана от внутренних бессточных областей Азии, откуда берут начало многочисленные реки. Их сток формируется за счет таяния ледников и снежников, которые занимают обширные пространства. Алтай включает и территории замкнутого стока (бессточные бассейны), характерные для Монголии. Своеобразие природных условий Алтая, его преимущественно горный рельеф, удаленность от промышленных центров, малая плотность населения и относительно небольшой уровень хозяйственного освоения определяют очень высокую современную и будущую ценность этой территории как региона природного формирования одного из важнейших мировых ресурсов — пресных вод питьевого качества [5].

Кроме угроз, связанных с уменьшением стратегических запасов пресной воды, таяние ледников вызывает сезонное увеличение стока, что, в свою очередь, обуславливает резкое увеличение частоты селей, лавин и оползней, подтопление грунтов, засоление и эрозию почв. Эрозия почв и падение

Grand Altai Council of HEI Chancellors network edition

продуктивности пастбищ, вызванные не только интенсивным использованием, но и климатическими изменениями, в горах Центрально-Азиатского региона достигли критического уровня. Недобор урожая вследствие деградации почв составляет в среднем: по зерновым 15-50%, по травам — от 20 до 80% [2]. Многие территории межгорных котловин имеют выраженную тенденцию к климатическому опустыниванию, особенно в Монголии, Китае и Казахстане, и это еще более осложняет эколого-экономическую ситуацию.

Горные экосистемы дают приют почти половине мирового биоразнообразия. Наличие многих видов растений, и особенно животных, определяют основу традиционного уклада жизни, в том числе культурное и духовное развитие местного населения. Среди основных угроз для биоразнообразия горных экосистем [6] немаловажная роль также отводится изменениям климата.

Таким образом, можно выделить прямое и опосредованное воздействие климатических изменений на состояние природных комплексов, условия жизнедеятельности и социально-экономическое развитие Большого Алтая.

Учет климатических изменений представляется весьма важным и в контексте осуществления большинства Целей развития тысячелетия, среди которых особо выделяется обеспечение экологической устойчивости за счет предотвращения сокращения природных ресурсов и потери биологического разнообразия. Как известно, среди основных причин утраты биоразнообразия не последнее место занимают загрязнение окружающей среды и изменения климата.

Краткий обзор потенциальных последствий и угроз глобального изменения климата (в региональном аспекте Большого Алтая) показывает необходимость первоочередного изучения проблемы. Следует обобщить предварительные оценки климатических изменений в пределах российской территории Алтайского региона, включая территорию Алтае-Саянской горной страны, в сравнении с мировыми и российскими трендами.

Глобально усредненные данные о температуре поверхности суши и океана, рассчитанные на основе линейного тренда, свидетельствуют о потеплении на 0,85 (от 0,65 до 1,06)° C за период 1880-2012 гг. [4].

В соответствии с данными Второго оценочного доклада Росгидромета об изменениях климата на территории Российской Федерации [7], при средней скорости потепления для земного шара — 0,166°С/10 лет за 1976-2012 гг. и 0,075°С/10 лет за 1901-2012 гг., средняя температура приземного воздуха на территории России начиная с середины 1970-х годов повышается со средней скоростью 0,43°С/10 лет, что более чем в 2,5 раза превышает общемировые темпы. В последнее десятилетие наблюдается определенное замедление (пауза) глобального потепления: глобальная температура колеблется на уровне достигнутых высоких значений. Однако начало XXI в. (в среднем по земному шару) остается самым теплым двенадцатилетием за период инструментальных

наблюдений. В отличие от глобальной ситуации, изменение климата России в целом следует охарактеризовать как продолжающееся потепление.

За период с 1976 по 2010 гг. оценка тренда годовых сумм осадков в Западной и Восточной Сибири свидетельствует о преобладании площади с отрицательными значениями трендов (рисунок 2).

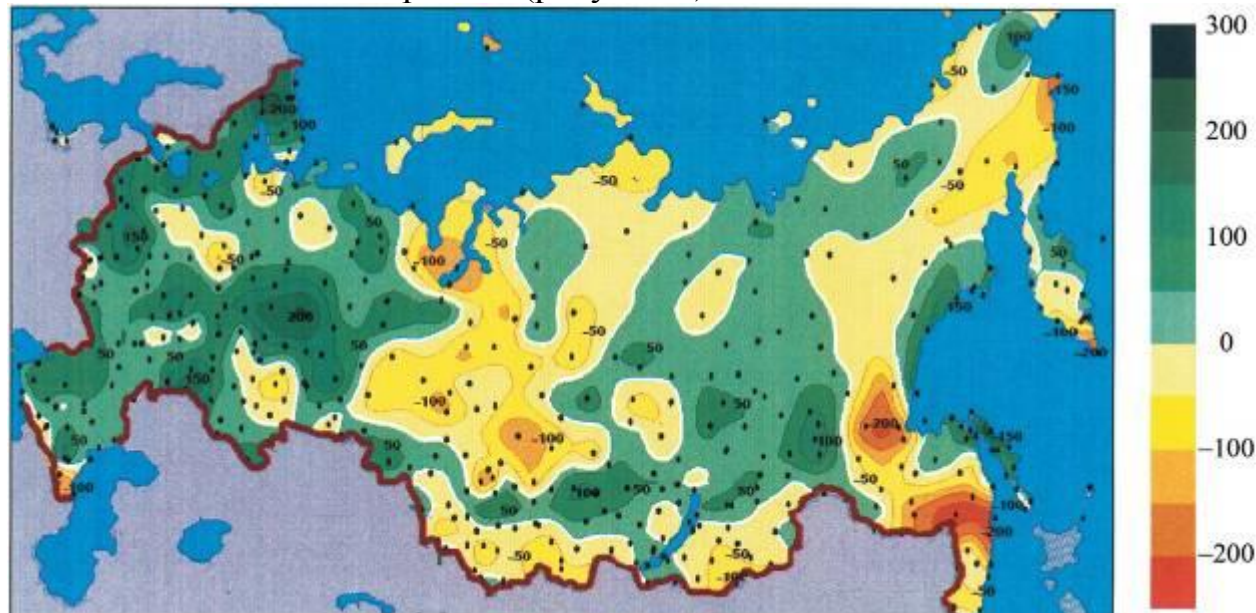


Рисунок 2 — Временные изменения годового количества осадков (мм за 75 лет) на территории России за период с 1936 по 2010 г. [Temporal changes in annual precipitation (mm per 75 years) on the territory of Russia for the period from 1936 to 2010] [7]

Годовая температура воздуха метеостанции Барнаул за 100 лет (1901-2000) повысилась на $1,8^{\circ}\text{C}$. Потепление наиболее характерно для зимнего и весеннего сезонов. Долговременные тренды отмечаются на фоне мелкомасштабных отклонений положительного и отрицательного знака, которые носят циклический (ритмический) характер. Сохраняется вероятность поздних весенних заморозков и ранних осенних при возрастании экстремальной изменчивости. В последние годы увеличивается повторяемость очень низких абсолютных минимумов температуры воздуха, что указывает на возрастание суровости зим. Наблюдается рост межгодовой изменчивости (контрастности) сезонов. Возрастание степени суровости холодного сезона для территории Алтайского региона прогнозировалось, начиная с 2005 г. [8].

В распределении температуры воздуха (рисунок 3) выявлен статистически достоверный положительный тренд, более интенсивный, чем в целом для России, — $2,86^{\circ}\text{C}$ за 167 лет или $1,8^{\circ}\text{C}$ за 100 лет [9, 10].

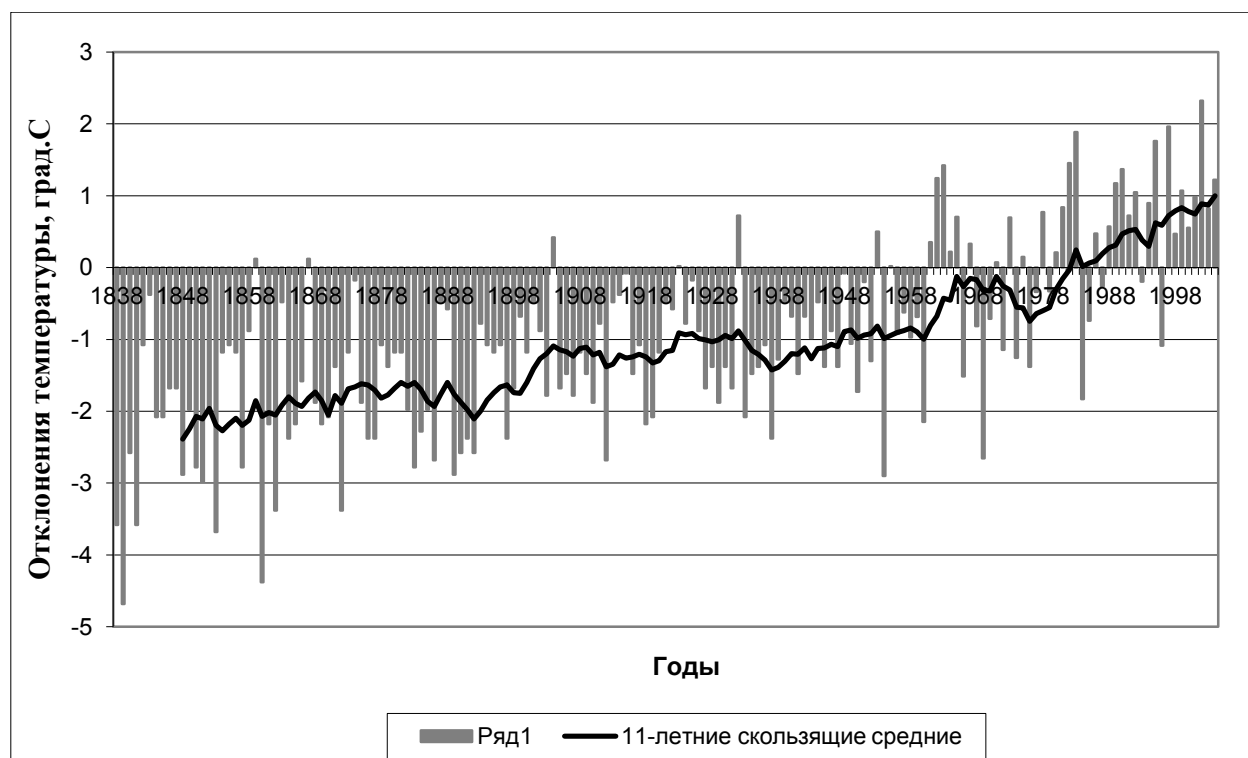


Рисунок 3 – Отклонения годовой температуры воздуха мст. Барнаул в течение 1838-2008 гг. от средней за период 1961-1990 гг. [Deviations annual air temperature during the 1838-2008 (Barnaul meteorological service) from the average for the period 1961-1990]

Для выявления тенденций климатических изменений в пределах Алтае-Саянской горной страны проведен корреляционный анализ температуры горных метеостанций в сопоставлении с мст. Барнаул, показавший значимое соответствие изменений годовой температуры Барнаула и метеостанций рассматриваемой территории, поэтому долговременные тенденции, определенные по Барнаулу, можно принять за фоновые для исследуемой территории.

В соответствии с оценкой положительных линейных трендов (табл.), максимальная величина повышения годовой температуры воздуха за 50-летний период отмечается для межгорных котловин (Кызыл +3,5°C; Эрзин +3,4°C; Кош-Агач +2,7°C; Усть-Кокса +2,1°C), минимальная — для высокогорий (Кара-Тюрек +1,2°C; Аккем +1,5°C). При этом необходимо учитывать, что особенностью высокогорного климата являются меньшие пределы изменений среднемноголетней температуры по сравнению с резко-континентальным климатом котловин [11, 12].

Сетевое издание Совета ректоров вузов Большого Алтая

Таблица. Оценки линейного тренда годовой температуры приземного воздуха за 1963-2012 гг., где $b, ^\circ\text{C}/10$ лет — коэффициент линейного тренда, $D\%$ — вклад тренда в дисперсию

[Estimates of the linear trend of annual bottom layer air temperature for 1963-2012 years., where $b, ^\circ\text{C} / 10$ years - the coefficient of linear trend, $D\%$ - contribution to the trend in the dispersion]

№	Метеостанция	b - коэффициент линейного тренда, $^\circ\text{C}/10$ лет	D — вклад тренда в дисперсию, %	Величина изменения (повышения T) за 50 лет
1	Барнаул	0,4	19,0	1,8
2	Змеиногорск	0,4	24,5	2,1
3	Усть-Кокса	0,4	32,9	2,2
4	Аккем	0,3	29,4	1,7
5	Кара-Тюрек	0,3	17,3	1,3
6	Кош-Агач	0,5	31,0	2,6
7	Яйлю	0,4	26,0	1,9
8	Ненастная	0,4	24,4	1,8
9	Кузедеево	0,5	31,0	2,3
10	Неожиданный	0,4	40,0	2,2
11	Абакан	0,4	32,2	2,2
12	Минусинск	0,4	31,3	2,2
13	Мугур-Аксы	0,5	40,6	2,4
14	Оленья Речка	0,3	31,4	1,7
15	Верхняя Гутара	0,4	37,9	2,0
16	Орлик	0,4	37,7	1,9
17	Кызыл	0,7	64,5	3,5
18	Тоора-Хем	0,7	70,3	3,7
19	Эрзин	0,7	53,1	3,4
20	Нижнеудинск	0,4	36,0	2,3
21	Сосновка	0,5	54,6	2,7

Вследствие естественной изменчивости климата тренды, рассчитанные на основе коротких рядов наблюдений, в значительной степени зависят от дат начала и окончания периода и в целом не отражают долгосрочные климатические тенденции, что особенно актуально при изучении увлажненности. Корреляционный анализ продолжительных рядов годового количества осадков показывает некоторую закономерную асинхронность, особенно заметную при сопоставлении станций в межгорных котловинах и на склонах хребтов. Определена значимая корреляция в распределении осадков на метеостанциях Барнаул, Змеиногорск и Усть-Кокса, для которых при долговременной тенденции снижения увлажненности в течение 1963-2012 гг.,

Grand Altai Council of HEI Chancellors network edition

выявлен кратковременный (брикнеровский?) цикл повышенного увлажнения, начавшийся с 1980-х гг. Подобная общая направленность текущего тренда изменения осадков прослеживается и для Кызыла, в то время как для Убсунурской котловины (Эрзин) наблюдается отрицательный тренд годовых осадков. Данные этой метеостанции наиболее показательны для районов Монголии [11, 12, 13].

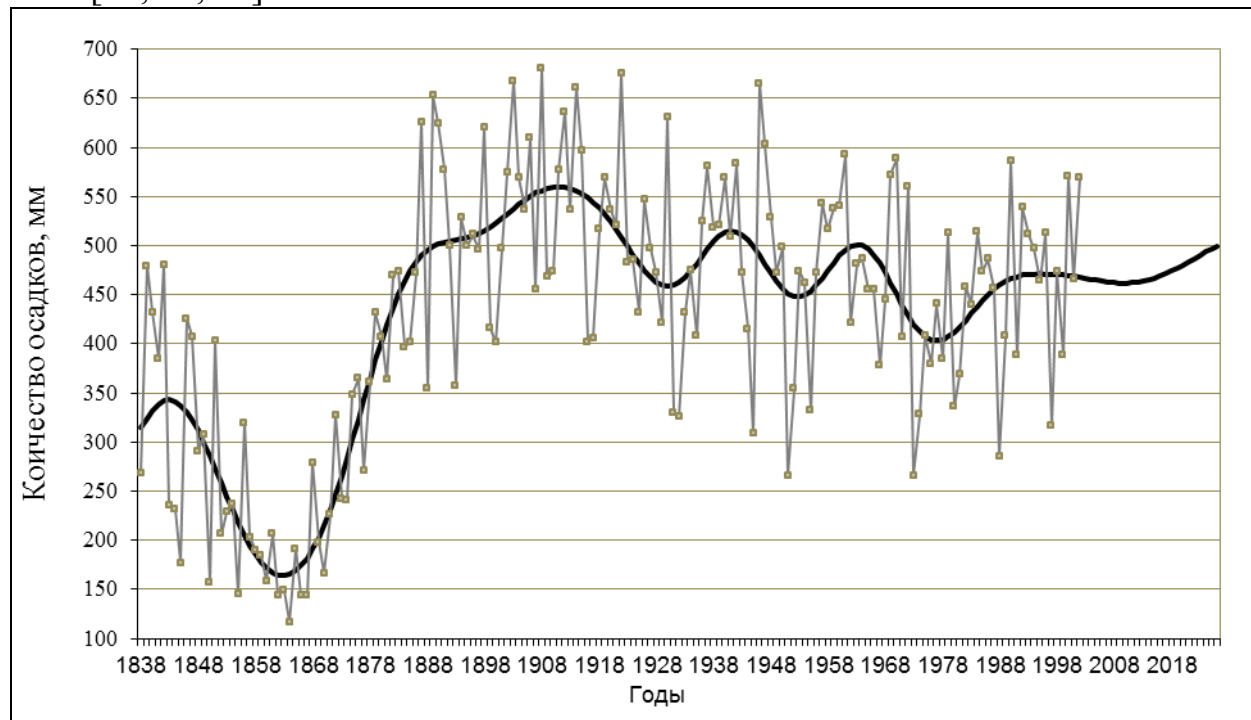


Рисунок 4 — Изменение годовых осадков с 1838 по 2028 гг., ГМС Барнаул. Ряд 1 – сглаженные низкочастотным фильтром, ряд 2 – ежегодные значения (без поправки на смачивание)

[Changes in annual rainfall from 1838 to 2028 years, Barnaul meteorological service. 1st row - smoothed by low-pass filter, 2nd row - the annual value (without correction for wetting)]

Общей долговременной тенденцией в распределении атмосферных осадков для территории Большого Алтая является их сокращение на фоне потепления [3, 11, 12]. В связи с этим особенно актуальными представляются возможные изменения гидрологического режима в бассейнах рек Сибири. Уязвимость водных ресурсов обусловлена высокой чувствительностью и незамедлительной реакцией гидрологического режима на климатические изменения. В соответствии с возможным повышением температуры воздуха и уменьшением/небольшим приростом количества осадков, вероятно возрастание расходов воды и уменьшение максимальных уровней. При увеличении межгодовой погоднo-климатической изменчивости возрастает вероятность аномальных (низких–высоких) уровней.

Влияние любых изменений природной среды, особенно климата, в первую очередь сказывается на деятельности природоэксплуатирующих

отраслей (сельское и лесное хозяйство, энергетика и др.), а при нарастании масштабов природно-климатических перестроек начинает ощущаться их влияние на экономику в целом. Возможные последствия глобального потепления, которые будут различными в разных географических областях и на разных стадиях процесса, необходимо учитывать при обосновании оптимальной стратегии хозяйственного развития [14].

Региональные стратегии развития территорий, расположенных на Алтае, должны иметь согласованный интеграционный характер и включать не только компоненты социально-экономического и экологического развития, но и учитывать сценарии климатических изменений в долгосрочном контексте. Планы развития должны базироваться на принципах адаптируемости различных сфер жизни, экономики и экологии к меняющимся условиям среды. Основой этих стратегий должна служить система научных знаний о сложных процессах изменений и их последствиях для окружающей среды и общества.

Имеющийся международный опыт и обширные российские научные исследования позволяют ставить вопрос о возможности создания международных научных институтов для координации исследований. Есть примеры объединения научных сил в горных регионах Европы, Америки, Азии, что уже подтвердило эффективность международного сотрудничества для успешного планирования и управления процессами устойчивого развития горных территорий [5].

Для реализации концепции устойчивого развития требуется учет климатического фактора функционирования природных и социально-экономических сообществ. Анализ состояния современного климата Алтайского региона, определение региональных особенностей потенциальных климатических изменений и разработка стратегии системы мер по адаптации экономики к изменяющемуся климату являются крайне необходимыми задачами на пути создания устойчивых сообществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Логинов В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия / В.Ф. Логинов. — Минск: ТетраСистемс, 2008. — 496 с.
2. Айдаралиев А.А. Устойчивое сохранение окружающей среды в горных регионах // Устойчивое развитие горных территорий, 2009. — № 2. — С. 5-12.
3. Барышников Г.Я., Лузгин Б.Н., Харламова Н.Ф., Еремин А.А., Антюфеева Т.В., Барышникова О.Н., Мардасова Е.В., Швецова Л.В. Охрана окружающей среды и природных ресурсов Алтайского региона: монография. — Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2013. — 138 с.
4. Изменение климата 2013: Физическая научная основа. Доклад Первой рабочей группы Пятого оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК IPCC 5AR WG1), 2013. — Т. 1.5.

Grand Altai Council of HEI Chancellors network edition

5. Ротанова И.Н., Харламова Н.Ф., Останин О.В. Изменения климата Алтая за период инструментальных исследований // Известия АлтГУ, 2012. - №3-2 (75). — С. 105-109.
6. Большаков В.Н., Бердюгин К.И. Ресурсы устойчивого развития горных регионов: глобальные вопросы, российские проблемы, уральская коллизия // Устойчивое развитие горных территорий, 2009. — № 2. — С. 13-26.
7. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Техническое резюме. — М.: Росгидромет, 2014. — 94 с.
8. Харламова Н.Ф. Современные изменения климата внутриконтинентальных районов России // Известия АлтГУ, 2006. — №3(51).
9. Харламова Н.Ф. Долговременные климатические изменения на внутриконтинентальной территории России (Алтайский регион) // Известия АлтГУ. — 2010. — №3/1(67). — С. 133-140.
10. Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона: монография. — Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. — 156 с.
11. Сохранение биоразнообразия в российской части Алтае-Саянского экорегиона в условиях изменения климата. Стратегия адаптации / Мандыч А.Ф., Яшина Т.В., Артемов И.А., Декенов В.В., Декенов В.В., Инсаров Г.Э., Останин О.В., Ротанова И.Н., Сухова М.Г., Харламова Н.Ф., Шишкин А.С., Шмакин А.Б. — Красноярск, 2012. — 62 с.
12. Изменение климата и биоразнообразия российской части Алтае-Саянского экорегиона / И.А. Артемов, Т.А. Бляхарчук, Н.И. Быков, О.В. Останин, Н.Ф. Харламова и др. / под ред. Н.Н. Михайлова. — Красноярск, 2013. — 328 с.
13. Kharlamova N.F., Ostanin O. V., Lkhagvasuren Ch. Characteristics of development of global warming in Altai and Sayan region and Mongolia / Географические исследования молодых ученых в регионах Азии: материалы молодежной конференции с международным участием (Барнаул-Белокуриха, 20-24 ноября 2012 г.) / Ред. О.В. Останин, Н.Ф. Харламова. — Барнаул: ООО «Алтай-Циклон», 2012. — С. 32-36.
14. Харламова Н.Ф. Влияние климатических изменений на хозяйственные процессы (на примере Алтайского края) // Вестник Алтайской науки, 2012. — №3-2. — С. 116-120.

REFERENCES

1. Loginov V.F. Global and regional climate change: causes and effects / V.F. Loginov. - Minsk: TetraSistems, 2008. - 496 p.
2. Aidaraliev A.A. Sustainable preservation of the environment in mountain regions // Sustainable development of mountain areas, 2009. - № 2. - pp. 5-12.
3. Baryshnikov G.Y., Luzgin B.N., Kharlamova N.F., Eremin A.A., Antyufeeva T.V., Baryshnikov O.N., Mardasova E.V., Shvetsova L.v. Protection of the environment and natural resources of the Altai region: monograph - Barnaul: Publishing House of the Alt. state. University Press, 2013. - 138 p.

4. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Report of the First Working Group of the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC IPCC 5AR WG1), 2013. - v. 1.5.
5. Rotanova I.N., Kharlamova N.F., Ostanin O.V. Altai climate change during the period of instrumental studies // News of Altai State University, 2012. - №3-2 (75). - pp. 105-109.
6. Bolshakov V.N., Berdyugin K.I. Resources for sustainable development in mountain regions: global issues, Russian problems, Ural collision // Sustainable development of mountain areas, 2009. - № 2. - pp. 13-26.
7. The Second Assessment Report of Roshydromet on climate change and their impact on the territory of the Russian Federation. Technical Summary. - М.: Roshydromet, 2014 – 94 p.
8. Kharlamova N.F. Modern climate inland areas of Russia // News of Altai State University, 2006. - №3 (51).
9. Kharlamova N.F. Long-term climate change on inland territory of Russia (Altai region) // News of Altai State University. - 2010. - №3 / 1 (67). - pp. 133-140.
10. Kharlamova N.F. Assessment and forecast of climate change modern Altai region: monograph. - Barnaul: Publishing House of the Alt. University Press, 2013. - 156 p.
11. The conservation of biodiversity in the Russian part of the Altai-Sayan on climate changes conditions. The adaptation strategy / A.F. Mandychev, T.V. Yashin, I.A. Artemov, V.V. Deken, G.E. Insarov, O.V. Ostanin, I.N. Rotanova, M.G. Sukhova, N.F. Kharlamova, A.S. Shishikin, A.B. Shmakin - Krasnoyarsk, 2012. - 62 p.
12. Climate change and biodiversity in the Russian part of the Altai-Sayan / I.A. Artemov, T.A. Blyaharchuk, N.I. Bulls, O.V. Ostanin, N.F. Kharlamova and others. / Ed. N.N. Mikhailov. - Krasnoyarsk, 2013. - 328 p.
13. Kharlamova N.F., Ostanin O.V., Lkhagvasuren Ch. Characteristics of development of global warming in Altai and Sayan region and Mongolia / Geographical research of young scientists in the regions of Asia: Materials youth conference with international participation (Barnaul-Belokuriha, 20-24 November 2012) / Ed. O.V. Ostanin, N.F. Kharlamova. – Barnaul, LLC "Altai-Cyclone", 2012. - pp. 32-36.
14. Kharlamova N.F. The impact of climate change on business processes (for example, the Altai krai) // Bulletin of the Altai science, 2012. - №3-2. - pp. 116-120.