

УДК 551.583.1

И.Н. Ротанова, Н.Ф. Харламова, О.В. Останин

Изменения климата Алтая за период инструментальных исследований

I.N. Rotanova, N.F. Kharlamova, O.V. Ostanin

Climate Change in the Altai during Instrumental Studies

Алтай – один из центров современного оледенения, количество ледников которого и их площадь значительно сократились с середины XIX в. Отмечается трансформация криогенных явлений, продвижение вверх по склонам верхней границы леса и редин (на 60–100 м). Эти процессы являются индикаторами заметных региональных изменений климата, характеризующихся повышением годовой температуры воздуха в среднем на 2,8 °C за 170 лет наблюдений. Продолжающееся потепление может способствовать значительному сокращению водных ресурсов, биоразнообразия и другим негативным процессам в регионе Большого Алтая. Необходимо создание Алтайского международного научного центра мониторинга климатических изменений на базе Алтайского государственного университета.

Ключевые слова: изменение климата, Алтай, ледники, верхняя граница леса, криогенные явления, мониторинг, стратегия адаптации.

Тема глобальных, в том числе климатических, изменений актуальна для многих регионов мира, включая Алтай. Особое внимание к изменениям климата обусловлено не только реально отмечаемыми фактами, но и возрастающей озабоченностью общества неопределенностью этого явления на фоне общей политической, экономической и социальной нестабильности в мире.

В рамках изучения наблюдаемых и прогнозируемых изменений, существующих и потенциальных рисков, возможных чрезвычайных ситуаций и экологических проблем ставятся задачи поиска путей и подходов к адаптации природных и социально-экономических систем к глобальным изменениям. В связи с этим уже предложены и предлагаются новые парадигмы и модели развития на следующие десятилетия с учетом климатических изменений – как минимум, до середины XXI в.

С 1998 г. Алтай включен в список Global 200 наиболее важных территорий мира для сохранения разнообразия живой природы. Проект «Алтае-Саянский экорегион» – самый крупный международный проект в регионе, на протяжении почти 15 лет он финанси-

руется Всемирной природоохранной организацией WWF и Программой развития ООН, что имеет значительный позитивный эффект для Алтая. Однако у этого проекта отсутствует по-настоящему организованное научное сопровождение. Привлечение академических и университетских ученых к природоохранным и эколого-географическим исследованиям на территории Алтая имеет большей частью экспертный формат, можно отметить спонтанно-периодическое участие отдельных авторов в локальных проектах и экспедициях, хотя неоднократно инициировались попытки системного научного сопровождения природоохранных разработок и реализации системы мероприятий, направленных на устойчивое развитие региона.

Key words: climate change, Altai, glaciers, upper border of the forest, cryogenic phenomenon, monitoring, adaptation strategy.

руется Всемирной природоохранной организацией WWF и Программой развития ООН, что имеет значительный позитивный эффект для Алтая. Однако у этого проекта отсутствует по-настоящему организованное научное сопровождение. Привлечение академических и университетских ученых к природоохранным и эколого-географическим исследованиям на территории Алтая имеет большей частью экспертный формат, можно отметить спонтанно-периодическое участие отдельных авторов в локальных проектах и экспедициях, хотя неоднократно инициировались попытки системного научного сопровождения природоохранных разработок и реализации системы мероприятий, направленных на устойчивое развитие региона.

Вопросы влияния глобальных изменений, включая климатические, на экосистемы и социально-экономические системы, а также проблемы определения ответной реакции на происходящие и грядущие воздействия, положительных возможностей и ограничений адаптации к новым условиям – наиболее приоритетны для научного познания в международном и региональном масштабах.

Алтай расположен практически в центре Евразийского материка, хотя с географических позиций он относится к Северной Азии. Удаленный на тысячи километров от океанов, Алтай играет важную, практически глобальную, роль в климатической системе Северной Азии. Глобальные изменения климата находят проявление в широком ряду экосистем Алтая, включающем горные альпийские тундры и луга, леса, степи и пустыни, что в сочетании со сложной орографией и экспозициями рельефа получает отклик в богатстве биологического разнообразия.

На российской территории Алтая в течение последних 30 лет специалистами и сотрудниками вузов и научно-исследовательских институтов, в том числе академических, проводились регулярные полевые полустационарные и микроклиматические исследования, в результате которых получены данные по климатическим особенностям котловин, долин рек и озер. Сформирована обширная информационная база многолетних наблюдений за основными элементами климата:

– *термический режим*: средняя, максимальная/минимальная воздуха и поверхности почвы;

– *режим увлажнения*: относительная влажность, количество, виды, режим (период) выпадения твердых и жидких осадков, сроки выпадения снега и схода снежного покрова;

– *атмосферные явления/процессы*: ветер, облачность и др.

Особое место занимают исследования индикаторов изменений климата:

– *оледенение*: количество и метрика ледников (длина, площадь, толщина, количество языков, высота фронта), величина их отступления/наступления; изменение морфологии ледника; высота снеговой границы;

– *многолетняя мерзлота*: величина трансформации мерзлотных форм, активизации склоновых процессов (солифлюкции, сели, осыпи и пр.), каменных глетчеров и каменных потоков; термокарстовые просадки и западины с образованием озер, термический режим грунтов на разных глубинах и др.;

– *верхняя граница произрастания древесной растительности*: расселение деревьев на безлесные участки и появление «теплолюбивых» видов; образование подроста, увеличение высоты деревьев и сомкнутости их древостоя, а также радиального прироста древесины и др.

Русский, Монгольский и Гобийский Алтай – один из мировых центров современного оледенения, площадь которого в российской части Алтая, по последним данным, оценивается в 805 км² в противоположность 916 км² в 1960–1970 гг. [1]. Количество ледников сократилось с 1030 в 1970-х гг. до 953. В морфологическом плане распространены почти все типы горных ледников – от мелких висячих и каровых до крупных долинных и котловинных. В количественном отно-

шении преобладают ледники склонов, по площади – ледники долин.

С середины XIX в. современные тенденции изменений ледников Алтая сводятся к устойчивому усилению их таяния, самые крупные отступили на 1,5–2 км, скорость отступления варьирует от 2–3 до 40 м/год, в среднем достигая 10–15 м/год. Изменяется их морфология (сложный долинный → долинный → карово-долинный → карово-висячий → каровый; в отдельных случаях – исчезновение). Распад ледников на отдельные потоки приводит к изменению их количества вследствие разрушения, отчленения притоков и распада более крупных на мелкие. По данным Ю.К. Нарожного (2003), процесс исчезновения ледников на Алтае пока не является массовым и доля исчезнувших составляет 0,5% (3,8 км²). Это в основном малые формы оледенения: каровые, висячие и при-склоновые ледники. Преобладает отчленение притоков, распад свойственен в основном более крупным долинным, сложно-долинным ледникам и куполам. Наибольшим изменениям подверглись ледниковые языки, в меньшей степени – зоны питания, хотя и там отдельные участки стали освобождаться от многолетних снегов. Уменьшение толщины современных языков ледников достигает 50–70 м, о чем свидетельствуют уровни боковых морен. Основные изменения в фирновой зоне происходят за счет сокращения заснеженных участков и фирново-ледяных облицовок склонов отрогов, каров и цирков, однако здесь ситуация в большей степени зависит от климатических условий конкретного года. В теплые и сухие годы поверхность фирновой зоны может полностью освобождаться ото льда и понижаться на первые метры, в холодные и снежные годы – наоборот.

Криогенные явления, распространение и состояние которых напрямую зависят от климата, наиболее интенсивно подвергаются современным трансформациям. Географическое положение, климат и особенности рельефа Алтая способствуют образованию многолетних мерзлых грунтов. Практически сплошное распространение многолетнемерзлых пород характерно для Юго-Восточного Алтая. В Центральном, Восточном и Юго-Западном Алтае многолетняя мерзлота встречается отдельными участками либо на высоких хребтах, либо в котловинах. Многолетнее промерзание приводит к развитию криогенных процессов и образованию специфических форм криогенного рельефа: сезонные и многолетние бугры пучения, термокарстовые просадки и западины, солифлюкционные террасы, курумы, каменные потоки, каменные глетчеры. Наблюдения за многолетними мерзлыми грунтами и мерзлотными формами рельефа свидетельствуют о развитии феномена «термокарстовой» деградации высокогорий. В современный период многолетняя мерзлота на Алтае активно деградирует, при этом в зоне распространения многолетнемерз-

лых грунтов все более вскрываются и интенсивно протаивают промерзшие объекты. Отмеченные изменения термического режима многолетнемерзлых грунтов свидетельствуют о развивающемся процессе деградации мерзлоты, не имеющем пока катастрофического характера.

Чередования вековых и внутривековых теплых и холодных периодов находят отражение в изменении верхнего предела границы распространения древесной растительности. Современная тенденция ее состояния в высокогорьях характеризуется постепенным повышением верхнего уровня. Максимальный высотный уровень редин (одиночных деревьев), средний возраст которых не превышает 12–15 лет, в настоящее время на хребте Южный Алтай составляет 2570 м, Южно-Чуйском – 2540 м, западной части Катунского хребта – 2170 м. Общая величина поднятия верхней границы редин с середины XIX в. достигла 60–100 м. В редколесных массивах выделяются три возрастные генерации древостоя: нижняя – характеризуется возрастом древостоя 250 лет и более, средняя – 120–150 лет и наиболее молодая – 50–70 лет. Средний вертикальный уровень их расположения составляет 2100–2300 м, в более влажных западных районах (западная часть Катунского хребта) – 1800–2000 м. Такое изменение положения древесной растительности в высокогорьях Алтая отражает изменчивость климата и периодичность ее формирования. Анализ обобщенных натуральных и индексированных рядов древесно-кольцевой хронологии представляет изменчивость в приросте деревьев: в периоды увеличения прироста на протяжении нескольких (~4–7) лет отмечается появление молодых деревьев, в течение периодов с минимальным приростом этого не наблюдается. Так, например, выделяется период с конца 1930-х до конца 1950-х гг., когда возникла большая часть деревьев, хронологии которых анализировались авторами, а также период с середины 1990-х гг. до настоящего времени, характеризующийся появлением молодых деревьев, максимальный возраст которых не превышает 12–15 лет. Изменение положения верхней границы леса и отдельных деревьев прослеживается при сопоставлении ретроспективных наземных снимков с современными. Подобный анализ предоставляет возможность наглядно увидеть изменения приледниковых ландшафтов, для которых характерно появление новых деревьев и увеличение высоты старых, возникновение небольших участков редколесий и возрастание их сомкнутости. Таким образом, современное преобразование верхней границы древесной растительности характеризуется продвижением вверх по склонам и формированием новой границы леса за счет участков редколесий.

Изменения климата тесно связаны с нарушением водообеспеченности территории. Изменение объ-

ема водных ресурсов в связи с переменной климата относится к глобальным проблемам современности. 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. К крупным рекам региона относятся Катунь, берущая начало из ледника Геблера в массиве Белухи (4506 м), Бия, вытекающая из Телецкого озера – крупнейшего в экорегионе водоема с объемом воды около 40 км³. Слияние Катунь и Бии дает начало одной из крупнейших рек России и мира – Оби. Для территории Монголии важную роль играют реки Ховд и Буянт, Китая и Казахстана – Иртыш (приток Оби).

На территории Алтая существует множество озер различного происхождения. Водный баланс, гидрологический режим и химический состав их вод очень разнообразны и определяются ландшафтными и климатическими условиями водосборов. Озера также выполняют свою экологическую роль в виде поддержки дальних сезонных миграций птиц.

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.

На Алтае существует развитая сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ) различных категорий: заповедники, национальные и природные парки, заказники, памятники природы. Уникальность подтверждается наличием объектов Всемирного природного наследия ЮНЕСКО: «Золотые горы Алтая» (Республика Алтай) и «Трансграничный Убсунур» (Республика Тыва – Монголия). Здесь расположены пять биосферных резерватов ЮНЕСКО. Именно биосферные резерваты могут являться модельными территориями устойчивого развития на Алтае. Благодаря уникальному географическому положению и биологическим характеристикам бассейн Убсунура был выбран в качестве тестового объекта для изучения процессов глобального изменения климата в международной Геосферно-биосферной программе.

Исследования показывают, что среднегодовая температура воздуха на Алтае за последние 170 лет повысилась на 2,8 °С. Это один из максимальных показателей в мире, и тенденция сохраняется: в ближайшие 50 лет возможно дальнейшее увеличение на 2–3 °С [2].

Оценить последствия данного процесса в контексте реального влияния на экономику и устойчивость развития весьма сложно. Однако климатический фактор должен обязательно учитываться в долгосрочных стратегиях социально-экономического развития (через конкретные индикаторы и риски). Эта сложная задача является исключительно актуальной не только для науки, но и для реальной экономики. В частности, процесс деградации вечной мерзлоты угрожает безопасности проектируемых транспортных коридоров на Алтае (дороги, газопроводы), повышает риски катастрофических явлений (оползни, сели). Сокращение горного оледенения грозит нарушением и истощением водного стока.

Необходимость интегрирования большого объема распределенной по различным источникам информации, получение наглядного образа огромного региона в целом и любой локальной информации для выполнения пространственного анализа, доведение полученных результатов до специалистов, работающих с этой информацией, руководителей, принимающих решение, и разнообразных пользователей, поиск наиболее эффективных способов решений природоохранных задач, вызывающих потребность в применении современных геоинформационных технологий, служат импульсом для разработки интерактивного информационно-картографического веб-атласа Алтая.

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 глобальных (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.

В 2008 (Урумчи), 2009 (Новосибирск) и 2012 гг. (Ульгий) были проведены международные встречи, на которых обсуждались направления научной деятельности, в том числе создание Международных научных центров в области изучения изменения климата. Рассматривались вопросы о восстановлении ранее существовавшей и дальнейшем развитии сети научных стационаров для изучения в Алтайском регионе изменений климата, сейсмоопасности, гляциологических процессов, экологических рисков и других процессов. Выполняются международные проекты по исследованию трансграничных проблем водообеспечения, загрязнения окружающей среды, по обмену опытом и совершенствованию методик научных работ, осуществляется межакадемический обмен специалистами, молодыми учеными и аспирантами.

В 2010 г. в Усть-Коксе (Республика Алтай) прошло международное рабочее совещание «Изменение климата и непрерывное сохранение биоразнообразия в Алтае-Саянском экорегионе», в котором приняли участие более 70 экспертов из 10 стран, в том числе представители органов исполнительной и государственной власти Республики Алтай, Правительства ФРГ, особо охраняемых природных территорий России, Казахстана и Монголии, Российской академии наук и ее Сибирского отделения, университетов, а также Международного союза охраны природы, Международного центра комплексного развития гор (ИСИМОД), частных благотворительных фондов и неправительственных организаций. В 2010–2011 гг. прошли совещания и семинары по разработке Стратегии адаптации к изменениям климата для сохранения биоразнообразия в российской части Алтае-Саянского экорегиона. По итогам совещаний и обширных дискуссий были приняты соответствующие рекомендации, одной из которых является обращение к вузам и научно-исследовательским институтам, расположенным в Алтайском регионе, с рекомендацией обеспечить научное сопровождение для реализации концепции непрерывного сохранения биоразнообразия в Алтае-Саянском трансграничном экорегионе.

Представленный обзор свидетельствует о выполнении значительного объема научно-исследовательских работ в Алтайском регионе, связанных с исследованиями изменений климата. Имеющийся международный опыт и обширные российские научные исследования позволяют ставить вопрос о возможности создания международных научных институтов для координации исследований. Подобный Научный центр создан около 10 лет тому назад в Гималаях. 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.

Алтайский государственный университет имеет квалифицированный кадровый потенциал, необходимое материально-техническое обеспечение, опыт исследований, информационную базу и методическое сопровождение для организации на его базе Алтайского международного научного центра по мониторингу изменений климата. В университете функционирует научно-образовательный комплекс «Рациональное природопользование и геоэкологический мониторинг для устойчивого социально-экономического развития региона» на базе совместной лаборатории с Институтом мониторинга климатических и экологических систем Томского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук.

Принятие решения руководителями приграничных регионов Большого Алтая о содействии и поддержке создания Алтайского международного научного

центра мониторинга климатических изменений, несомненно, будет способствовать объединению усилий научных кадров, природоохранных организаций, общественности России, Китая, Монголии и Казахстана в решении проблемы адаптации социально-экономических систем стран к изменениям климата.

В рамках исследований центра возможны следующие направления работы:

- разработка Стратегий адаптации социально-экономических систем стран Большого Алтая к изменениям климата;
- проведение международных комплексных научных экспедиций;
- создание веб-атласа Алтая с участием четырех государств и др.

В качестве принципиально важных инструментов международного регионального сотрудничества и развития территории предлагается:

✓ Международному координационному совету «Наш общий дом Алтай» обратиться к вузам и Совету ректоров вузов Алтая с предложением о формировании Комплексной программы мониторинга изменений климата Алтая и проработке вопроса создания Алтайского международного научного центра мониторинга изменений климата на базе Алтайского государственного университета.

✓ Придать Комплексной программе мониторинга изменений климата в Алтайском регионе статус международной и пригласить к сотрудничеству научные институты России, Казахстана, Китая и Монголии.

Подобная инициатива представляется весьма актуальной и важной для развития научно-практического сотрудничества в Алтайском регионе и решения вопросов, связанных с проблемой изменения климата.

Библиографический список

1. Нарожный Ю.К., Никитин С.А. Современное оледенение Алтая на рубеже XXI века // Материалы гляциологических исследований. – 2003. – №95.

2. Харламова Н.Ф., Останин О.В. Обзор современного термического режима Алтае-Саянского экорегиона и возможные прогнозы // Известия АлтГУ. – 2012. – №3(75).