

В. А. ОБЯЗОВ

Забайкальское межрегиональное территориальное управление Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, г. Чита

АДАПТАЦИЯ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА: РЕГИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД

Представлен анализ региональных изменений климата и последствий этих изменений для природы, экономики и общества. Показано, что для уменьшения вредного воздействия климатической изменчивости или использования ее положительных последствий необходимо разрабатывать стратегии адаптации. Сделан вывод о предпочтительности выполнения мероприятий по адаптации к изменениям климата на региональном уровне.

Ключевые слова: климат, потепление, цикличность, тренды, адаптация.

An analysis is made of the regional climate changes and the consequences of these changes for nature, economy and society. It is shown that to minimize the adverse impact of climatic variability or to make use of its positive consequences necessitates developing adaptation strategies. It is concluded that preference must be given to implementation of climate change adaptation measures at the regional level.

Keywords: climate, warming, cyclicity, trends, adaptation.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В последние десятилетия происходят существенные изменения климата, имеющие глобальный характер. Они затронули не только атмосферу, но и другие компоненты климатической системы: криосферу, биосферу, гидросферу. К тому же в разных частях планеты эти изменения проявляются неодинаково. На большей части территории России потепление климата происходит более быстрыми темпами, чем в других странах [1]. В таких крупных государствах, как Россия, существуют еще и региональные особенности климатической изменчивости.

В связи с этим оценка изменений климата, обусловленных антропогенной деятельностью и их влиянием на природные, экономические и социальные процессы, а также выработка мер по уменьшению негативных последствий климатической изменчивости должны выполняться на разных уровнях. Первый уровень — международный, второй — государственный, третий — региональный. Для решения локальных задач возможен четвертый уровень — муниципальный.

На международном уровне решаются вопросы по объединению усилий стран для осуществления согласованных действий по уменьшению влияния на климатическую систему, в том числе путем снижения выбросов парниковых газов в атмосферу. На уровне Российской Федерации должна быть выработана государственная политика в отношении «климата» и, соответственно, определена позиция России в этих вопросах на международном уровне.

Непосредственное решение задач по выработке мер, направленных на уменьшение отрицательного влияния климатической изменчивости или использование ее положительных последствий, и их реализация должны выполняться на региональном уровне. Это убедительно подтверждается следующим. Во-первых, изменения климата имеют дифференциацию по территории. Регионы отличаются по темпам роста температуры воздуха, изменению увлажненности, которая в одних регионах повышается, а в других снижается и т. д. Во-вторых, природно-климатические условия регионов различны. Это и тундра, и тайга, и степи, горные страны и равнины, территории с морским климатом и резко континентальным. В-третьих, различны экономическое развитие регионов и отраслевое ориентирование экономики. Следовательно, у каждого региона будут свои приоритеты приспособления к изменениям климата.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Забайкальский край относится к числу территорий, на которых происходит наиболее интенсивное потепление. Экономическое развитие края базируется на горнорудном комплексе, транспортном, сельском и лесном хозяйстве. Среди природных особенностей региона следует выделить большое ландшафтное разнообразие: от гольцового пояса Станового и Хэнтэй-Даурского нагорий до сухих степей на юго-востоке территории. Также регион имеет зону многолетней мерзлоты и большое богатство флоры и фауны.

Климат Забайкальского края резко континентальный. Средняя годовая температура приземного воздуха повсеместно отрицательная и изменяется от $-0,5^{\circ}\text{C}$ на юге края до $-9,9^{\circ}\text{C}$ на севере. Термический режим характеризуется значительными амплитудами как в суточном, так и в годовом цик-

ле. Почти на всей территории края средняя годовая амплитуда превышает 70°C , а наибольшие ее значения превосходят 80°C .

В основу исследования положены материалы наблюдений за температурой воздуха, атмосферными осадками, высотой снежного покрова на 28 метеостанциях Забайкальского края с 1951 по 2007 г. В работе использованы методы статистического и географического анализа. Тренды вычислялись методом наименьших квадратов, их статистическая значимость оценивалась по критерию Стьюдента. Продолжительность теплого, вегетационного и отопительного периодов определялась путем осреднения дат перехода средней суточной температуры через $0, 5, 8^{\circ}\text{C}$ за два десятилетних периода — 1951–1960 и 1999–2008 гг. Для определения пространственного распределения климатических характеристик их значения наносились на картографическую основу.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

За последние 57 лет средняя по территории края температура воздуха возросла на $1,9^{\circ}\text{C}$ (рис. 1, *a*). В разных районах величины тренда несколько отличаются, изменяясь в основном от $1,8$ до $2,2^{\circ}\text{C}$. Тренды имеют высокую степень достоверности: эмпирические значения статистики Стьюдента пре-

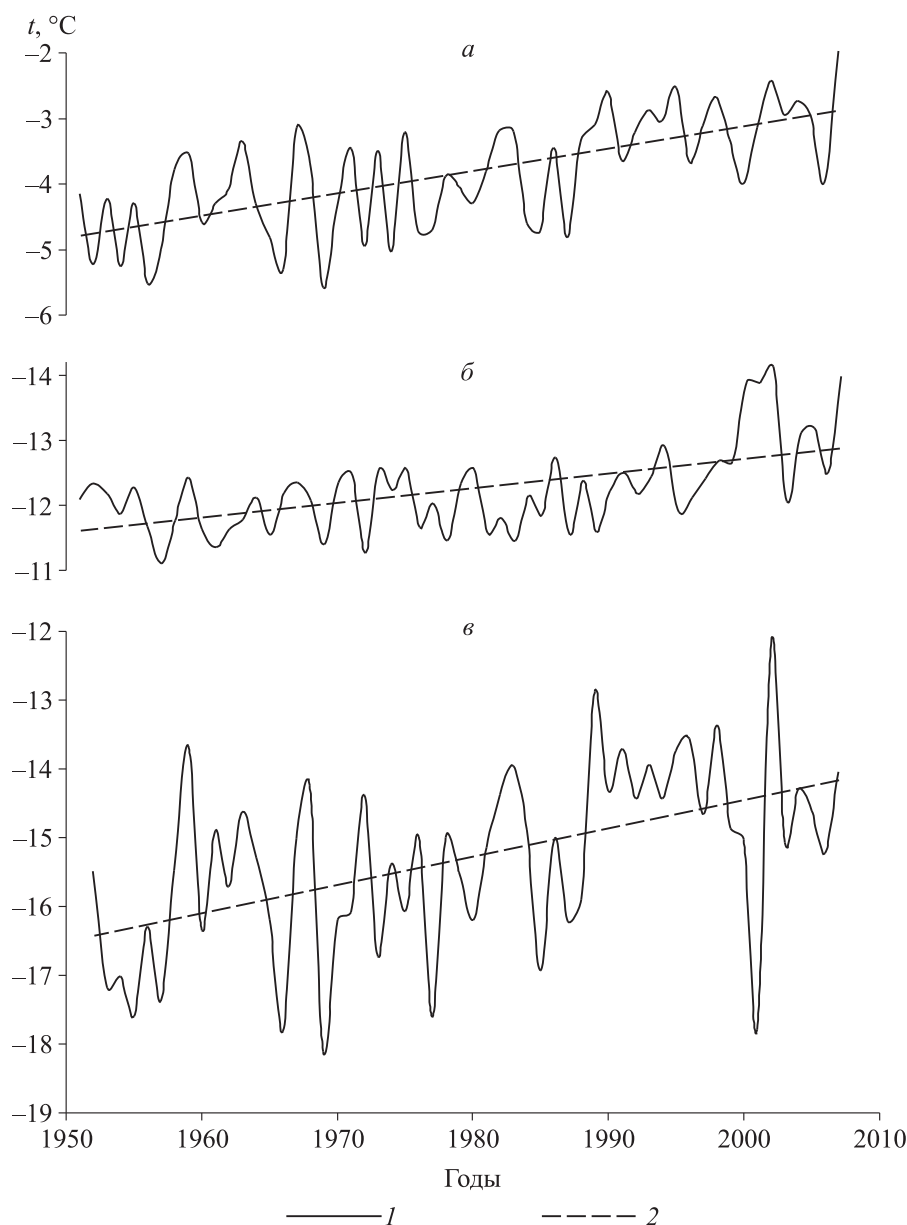


Рис. 1. Многолетние изменения температуры воздуха в Забайкальском крае.

a — средняя годовая; *b* — средняя за теплый период (май–сентябрь); *v* — средняя за холодный период (октябрь–апрель). 1 — исходные данные; 2 — линейный тренд.

вышают табличное даже при 0,5 %-ной значимости. Наибольшее потепление отмечено в Чите (2,7 °С). Более значительное увеличение температуры в краевом центре можно объяснить вкладом локальных антропогенных факторов.

До конца 1980-х гг. потепление было обусловлено в основном повышением температуры в холодную часть года. В последние два десятилетия оно определяется преимущественно ростом температуры в теплый период года (см. рис. 1, б и в).

Повышение температуры воздуха сопровождается увеличением продолжительности теплого периода. С середины прошлого века он увеличился на всей территории Забайкальского края на 5–19 дней. В меньшей степени возросла его продолжительность в северных районах. Увеличение теплого периода на большей части территории произошло как за счет более раннего его начала весной, так и более позднего окончания осенью. Однако на юго-западе края даты перехода температуры через 0 °С осенью за полувековой период не изменились. В среднем по краю изменение дат перехода температуры через 0 °С произошло в большей степени весной (8 дней), чем осенью (3 дня). По расчету Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова потепление будет продолжаться, и до 2025 г. температура в Забайкалье повысится на 1,0–1,5 °С зимой и на 0,5–1,0 °С летом [2].

Атмосферные осадки ввиду значительной расчлененности территории распространены в пространстве неравномерно. На большей части региона суммы осадков в среднем за год приходятся на интервал от 300 до 450 мм. Наименьшее их количество отмечается в степной зоне юго-восточных районов (около 300 мм), а также в межгорных впадинах. С высотой количество осадков возрастает и на высотах свыше 1600 м в отдельные годы превышает 800 мм.

В течение 57 лет тенденции изменения годовых сумм атмосферных осадков в разных пунктах наблюдений имеют разные знаки. В северной половине края тренды имеют положительный знак, однако статистически достоверным при уровне значимости $\alpha = 5\%$ является тренд, вычисленный по данным всего одного пункта наблюдений. Эмпирические оценки других трендов не превышают табличные данные при 5 %-ном уровне значимости. Наибольшее увеличение количества атмосферных осадков в этих районах с середины XX в. составило 50–55 мм. В южной половине края за этот период количество осадков, наоборот, уменьшилось. Максимальное уменьшение составило 70–80 мм за 57 лет. Достоверность трендов подтверждается только данными по трем пунктам наблюдений. В большей части южных районов тренды статистически не значимы при $\alpha = 5\%$.

В многолетних изменениях атмосферных осадков хорошо выражена цикличность (рис. 2). С середины прошлого века можно выделить один полный цикл, «сухая» фаза которого продолжалась с 1965 по 1981 г., а «влажная» — с 1982 по 1998 г. Общая продолжительность цикла составила 34 года, каждая из фаз — 17 лет. В 1999 г. началась новая фаза пониженной увлажненности, за 10 лет которой только в 2000 г. осадков выпало больше среднего многолетнего количества. На этот период приходятся годы с минимальными годовыми суммами осадков за весь период наблюдений в Чите — в 2004 г. выпало 170 мм, а в 2007 г. — 152 мм.

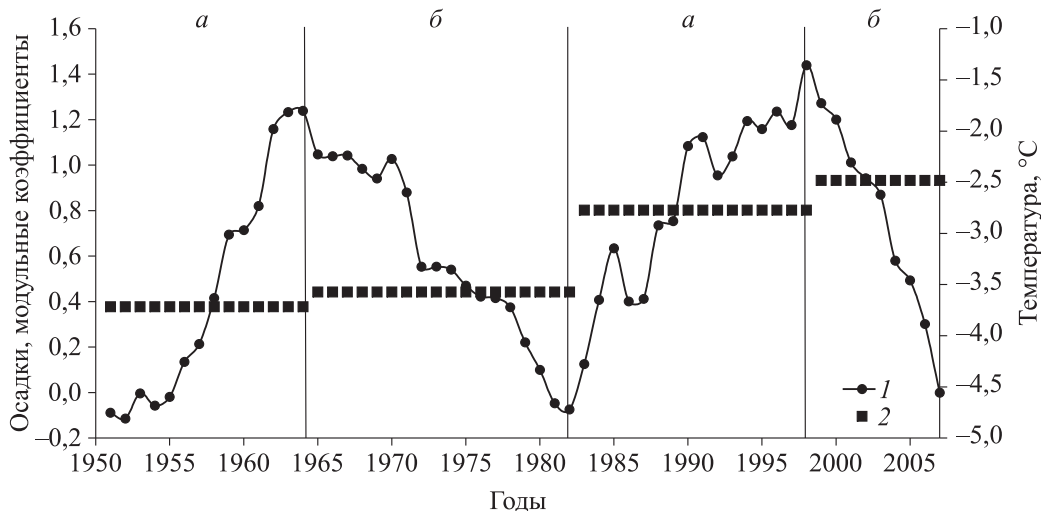


Рис. 2. Многолетние изменения атмосферных осадков и температуры воздуха в Забайкальском крае.

Периоды: а — влажный, б — сухой. 1 — интегрально-разностная кривая годовых сумм осадков; 2 — температура воздуха, осредненная по периодам увлажненности.

В режиме атмосферных осадков выявляется еще одна особенность — их некоторое увеличение в холодный период года, что приводит к росту высоты снежного покрова. Хотя эти изменения за полвека в среднем равны 2–7 см, для Забайкалья это составляет 20–50 % средней высоты снега. В связи с увеличением высоты снежного покрова отмечается увеличение продолжительности его залегания в восточных районах.

Отличительной чертой текущего «сухого» периода является более высокая температура воздуха, чем в аналогичную фазу предыдущего цикла. Средняя многолетняя температура в 1999–2007 гг. была более чем на один градус выше по сравнению с периодом 1965–1981 гг. (см. рис. 2). Продолжающийся рост температуры воздуха в теплый период года и циклический характер многолетних изменений атмосферных осадков неизбежно приведут к более жесткому засушливому периоду в сухую фазу следующего цикла.

Учитывая структуру экономики и природные условия, можно выделить некоторые последствия изменений климата, которые имеют или будут иметь место на территории Забайкальского края. Так, рост температуры воздуха приводит к смещению изотерм в направлении с юга на север, что обуславливает смещение в этом направлении природных зон и границ распространения многолетнемерзлых пород.

Принято считать, что южная граница криолитозоны совпадает с изотермой 2,5 °С, а сплошная криолитозона ограничивается изотермой 7,5 °С [3]. Несмотря на некоторую схематичность рисунка (при построении изотерм не учитывался рельеф), отчетливо видно, что положение изотерм, определяющих границы криолитозоны, существенно изменилось с середины XX в. (рис. 3). К началу XXI в.

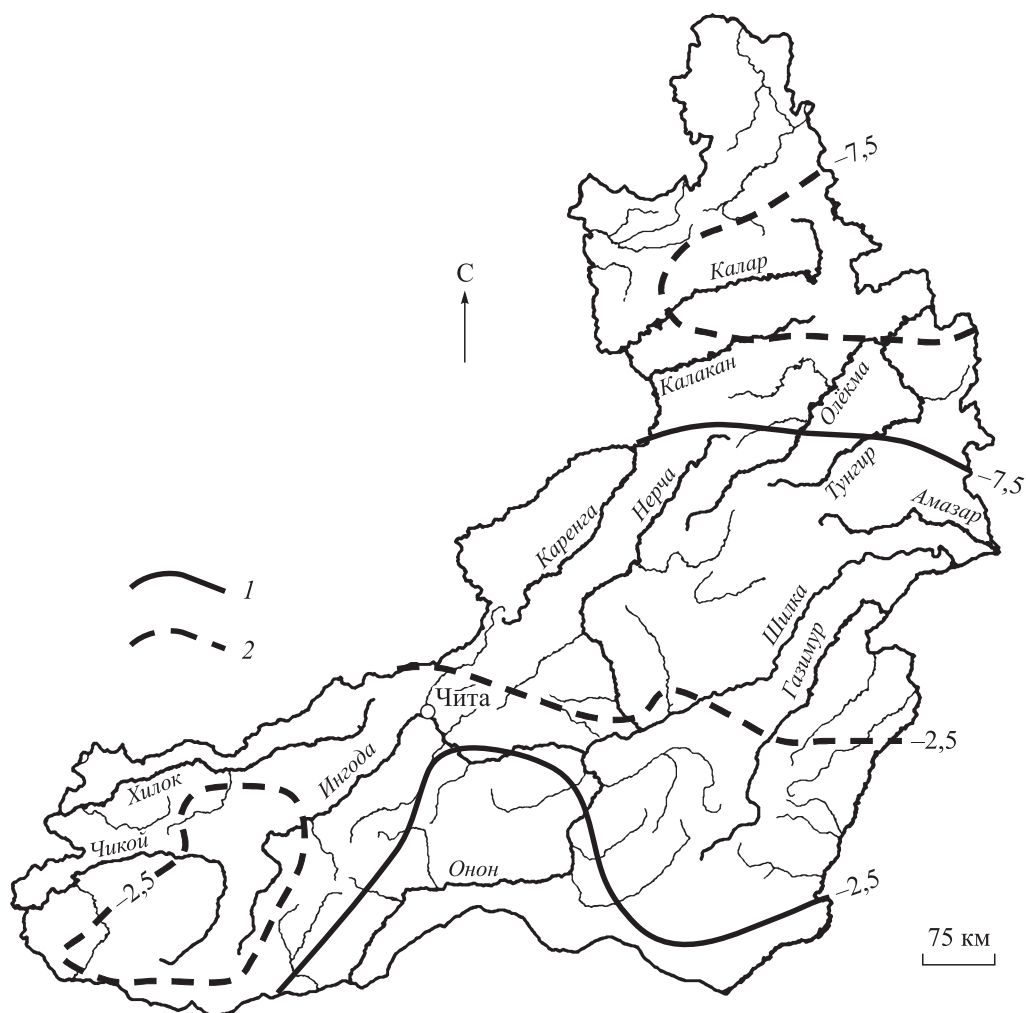


Рис. 3. Изменение расположения изотерм средних годовых температур воздуха с середины XX в. до начала XXI в.

Средняя температура воздуха: 1 — за 1951–1960 гг.; 2 — за 1998–2007 гг.

они сместились на север на десятки и даже сотни километров. В южной половине края условия для существования многолетнемерзлых горных пород сохранились лишь в Хэнтэй-Даурском нагорье. Соответственно, существенно трансформировалась структура криолитозоны, изменились площади распространения, глубины залегания и мощность многолетнемерзлых пород [3]. На значительных территориях произошла деградация многолетней мерзлоты. Все эти процессы негативно сказываются на устойчивости зданий и сооружений, построенных на мерзлых грунтах. Это необходимо также учитывать при проектировании планируемых к строительству объектов экономики.

В сельском хозяйстве изменения климата приводят как к отрицательным, так и положительным последствиям. К негативным проявлениям климатической изменчивости нужно отнести участвовавшие в последнее десятилетие почвенные и атмосферные засухи. Выявленная тенденция увеличения высоты снежного покрова указывает на то, что с каждым годом будет возрастать вероятность возникновения проблем с зимним содержанием сельскохозяйственных животных.

В то же время увеличилась продолжительность вегетационного периода. Это увеличение с середины XX в. составило в различных районах края от 4 до 15 дней, а в среднем по сельскохозяйственной зоне — 11 дней. Возросла также сумма эффективных температур. В результате появляется возможность распространять теплолюбивые культуры в северном направлении. Использование выявленных тенденций позволит повысить эффективность сельскохозяйственного производства.

Засухи, частота и продолжительность которых возросли в последние годы, негативно проявляются и в лесном хозяйстве. Они способствуют возникновению и распространению лесных пожаров. Они же препятствуют эффективному лесовосстановлению. Следовательно, лесовосстановительные работы необходимо проводить во влажную фазу климатического цикла, а в сухую фазу следует больше внимания уделить противопожарным мероприятиям.

В связи с потеплением почти повсеместно сместились осенью на более поздние сроки даты перехода температуры воздуха через 8°C , т. е. даты начала отопительного периода. Весной, наоборот, стали отмечаться более ранние даты этих переходов. Соответственно изменилась продолжительность отопительного периода — она уменьшилась по территории Восточного Забайкалья на 2–14 дней, а в среднем по краю на 8 дней. При учете и использовании этих тенденций можно получить немалые экономические выгоды и сохранить природные ресурсы, применяемые в качестве топлива.

Повышение температуры воздуха и связанные с ними последствия оказывают существенное влияние на экосистемы. Отмечаются сдвиги в ареалах некоторых видов растительности и животных, в сроках миграции птиц, наблюдается более раннее распускание листьев и т. д. Многие экологические проблемы, имеющие часто антропогенное происхождение, усугубляются в условиях меняющегося климата. В частности, в результате лесных пожаров, неконтролируемой заготовки древесины уничтожаются значительные площади лесов, обуславливая в конечном итоге опустынивание территории. А восстановление леса в условиях засух выполнить практически невозможно.

Результаты российских и зарубежных исследований показывают, что изменяется пространственное распределение переносчиков инфекционных заболеваний. В частности, происходит продвижение на север некоторых возбудителей инфекций, ранее не встречавшихся в этих широтах. В Забайкалье, например, отмечается увеличение периода потенциальной инфекционной опасности клещей — переносчиков клещевого энцефалита.

Различные группы населения по-разному реагируют на меняющиеся климатические условия. Больные, люди старших поколений с большим трудом приспосабливаются к ним. Под влиянием климатической изменчивости находится коренное население Забайкалья, занимающееся традиционным природопользованием, которое предполагает прямое общение с меняющейся природой.

Одной из задач, направленных на уменьшение воздействий на климат путем снижения выбросов парниковых газов, является исследование ветро-, гелио- и гидроэнергетического потенциалов регионов как альтернативных источников энергии. Их использование позволит не только снизить выбросы, но и уменьшить потребление невозобновляемых источников энергии — угля, нефти.

Таким образом, рост приземной температуры воздуха будет продолжаться, соответственно влияние потепления и его последствий на все стороны жизнедеятельности человека будет возрастать. Следовательно, необходимо тем или иным образом приспособиться (адаптироваться) к меняющимся условиям. А для этого требуются долгосрочные планы, включающие в себя мероприятия, направленные на уменьшение вредного воздействия климатической изменчивости, а также на использование ее положительных последствий. Эти планы принято называть стратегиями адаптации к изменению климата.

Работы, связанные с уменьшением вреда или получением выгоды от изменений климата, можно разделить на три этапа. Первый этап должен включать в себя исследования изменений параметров климата и их влияние на социально-экономическое и экологическое состояние регионов. На втором

этапе необходимо на основании проведенных исследований выявить наиболее зависимые от климатической изменчивости группы населения, отрасли экономики, природные или природно-техногенные комплексы, биоценозы и отдельные виды животных и растений. На этом этапе важнейшее значение приобретает расстановка приоритетов, так как невозможно одновременно решить все проблемы, связанные с климатом. Нужно оценить социально-экономическую значимость каждого из направлений. Определив приоритетные направления, следует непосредственно приступать к разработке стратегий адаптации к изменениям климата. На третьем этапе стратегии адаптации [4] необходимо включать в программы социально-экономического развития регионов. В краткосрочной перспективе наиболее эффективной формой их реализации являются региональные целевые программы. Возможно включение их и в отраслевые целевые программы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Адаптация к изменениям климата неизбежна. Она может происходить стихийно. Однако возможен и другой путь — это разработка региональных программ, включающих исследования изменений климата, их влияния на социально-экономическое развитие субъектов РФ и разработку стратегий адаптации. Региональный уровень программ более предпочтителен, так как помимо особенностей изменения климата, природных и экономических условий существуют еще особенности бюджетного устройства государства, которые предполагают самостоятельность бюджетов субъектов РФ. Таким образом, регионы сами будут определять необходимость адаптационных мероприятий и их финансовое обеспечение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Оценочный** доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. — М.: Росгидромет, 2008. — Т. 1. — 227 с.
2. **Мещерская А. В., Обязов В. А., Богданова Э. Г. и др.** Изменение климата Забайкалья во второй половине XX века по данным наблюдений и ожидаемые его изменения в первой четверти XXI века // Труды ГГО. — 2009. — Вып. 559. — С. 32–57.
3. **Шестернев Д. М., Еникеев Ф. И., Обязов В. А., Чупрова А. А.** Криолитозона Забайкалья в условиях глобального изменения климата: проблемы и приоритетные задачи исследования // Материалы Междунар. симпозиума «Изменение климата Центральной Азии: социально-экономические и экологические последствия». — Чита: Изд-во Забайк. гос. гуманит.-пед. ун-та, 2008. — С. 46–52.
4. **Обязов В. А.** Региональные изменения климата: выработка стратегий адаптации // Там же. — С. 182–184.

Поступила в редакцию 19 августа 2009 г.