На правах рукописи

Обязов Виктор Афанасьевич

ИЗМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА И ОЦЕНКА ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ДЛЯ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ СИСТЕМ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Специальность 25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора географических наук

Казань
2014

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Забайкальский государственный университет» и ФГБУН Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН

Научный консультант: **Переведенцев Юрий Петрович**
доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой метеорологии, климатологии и экологии атмосферы ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Официальные оппоненты: **Васильев Александр Александрович**
доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУ «Гидрометцентр России»

Френкель Марат Ошерович
доктор географических наук, профессор, начальник ФГБУ «Кировский ЦГМС»

Рыхлов Александр Богданович
доктор географических наук, доцент кафедры метеорологии и климатологии ФГБОУ ВПО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Защита состоится 29 мая 2014 г в 15 часов на заседании диссертационного совета Д212.081.20 в Казанском (Приволжском) федеральном университете по адресу: 420018, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, корп.2, 14 этаж, аудитория 1413.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Автореферат разослан «___»_____ 2014г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат географических наук Ю.Г. Хабутдинов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В последние десятилетия происходят существенные изменения климата, имеющие глобальный характер. Они затронули не только атмосферу, но и биосферу, гидросферу, криосферу, и оказывают заметное влияние на многие стороны жизнедеятельности человека. Это обусловило повышенное внимание к этой проблеме со стороны мирового научного сообщества, что побудило Всемирную Метеорологическую Организацию и Программу Организации Объединенных наций по окружающей среде (ЮНЕП) учредить в 1988 г. Межправительственную группу экспертов по изменению климата (МГЭИК). МГЭИК было поручено анализировать научную информацию, относящуюся к проблеме изменения климата и его последствий, и разрабатывать стратегии реагирования. Результатом ее работы явились доклады, изданные в 1990, 1995, 2001 и 2007 гг. В 2014 г. планируется завершить подготовку Пятого доклада. Резюме для политиков этого доклада опубликовано в сентябре 2013 г. Представленные в нем выводы свидетельствуют о продолжающемся глобальном потеплении, которое, по мнению авторов доклада, является неоспоримым фактом. По оценке экспертов МГЭИК, с 1880 по 2012 гг. средняя глобальная температура воздуха повысились на 0,85 °С, а тридцатилетний период с 1983 по 2012 гг., вероятно, был самым теплым в Северном полушарии за последние 1400 лет. Одним из выводов Пятого доклада является утверждение, что потепление будет продолжаться и его величина по большинству рассмотренных сценариев превысит 1,5 °С к концу XXI в. по сравнению с 1850 – 1900 гг. Причиной потепления, как и в предыдущих докладах, назван антропогенный фактор – увеличение в атмосфере парниковых газов.

Научное обоснование национальной стратегии России в отношении изменения климата представлено в Оценочном докладе об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, опубликованном в 2008 г. В нем, в частности, дана оценка происходящему потеплению, которое в России оказалось заметно больше глобального. С целью осуществления скоординированных действий, направленных на обеспечение безопасности и устойчивого развития РФ в условиях изменяющего климата, в 2009 г. в РФ принята Климатическая доктрина.

Поскольку на региональном уровне изменения климата значительно отличаются от глобальных, а их последствия имеют свои особенности в каждом регионе, во всем мире актуальными становятся региональные исследования этой проблемы.

Одним из регионов, где скорость роста приземной температуры относится к числу территорий с ее наибольшими значениями, является Забайкалье. Забайкалье в качестве объекта исследований интересно тем, что на относительно небольшой территории в мозаичном порядке расположены таежная, лесостепная и степная природные зоны, переходы которых из одной в другую осуществляются как в широтных, так и в высотных направлениях.

В связи с этим многие природные и природно-антропогенные комплексы Забайкалья находятся на пределе (границе) существования. Значительная часть территории располагается в зоне недостаточного увлажнения, которое для многих систем, в том числе для агроэкосистем, выступает лимитирующим фактором. Это обусловливает их существенную зависимость от климатических флуктуаций. С климатическими изменениями последних лет связываются, например, усыхание лиственных лесов и участившиеся лесные пожары. Обусловленные изменениями климата колебания уровня озер вызывают перестройку их экосистем.

Недостаточность знаний о закономерностях изменений климата в Забайкалье, их влиянии на природные и природно-антропогенные системы определили актуальность постановки работы, цели и задачи исследования.

Цель работы

Установить количественные показатели современных изменений температурно-влажностного режима, его зависимость от крупномасштабных циркуляционных механизмов и последствия этих изменений для природных и природно-антропогенных систем на территории Забайкалья.

Для достижения указанной цели поставлены следующие *задачи:*

1. Изучить пространственно-временные изменения температуры воздуха и атмосферных осадков на территории региона во второй половине XX и первом десятилетии XXI вв.

2. Методами спектрального и вейвлет-анализа выявить циклы в рядах температуры воздуха и атмосферных осадков с целью их использования в прогностических оценках.

3. Основываясь на закономерностях межгодовых колебаний тепло- и влагообеспеченности Забайкалья выполнить оценку их предстоящих изменений в первой четверти XXI в.

4. Оценить вклад телеконнекционных индексов, параметров планетарной высотной фронтальной зоны, Сибирского максимума и форм атмосферной циркуляции по классификации Вангенгейма – Гирса в межгодовые изменения температуры воздуха и атмосферных осадков в Забайкалье.

5. Исследовать влияние изменений климата на гидрологический режим водных объектов Забайкалья, уделив особое внимание наиболее крупным из них – рекам Шилка и Селенга, Торейской и Ивано-Арахлейской озерным системам.

6. Выполнить оценку предстоящих изменений речного стока, уровня озер, продолжительности ледостава и толщины льда в первой четверти XXI в.

7. Оценить воздействие изменений климатических параметров на урожайность сельскохозяйственных культур и пожарную опасность лесов в период наиболее интенсивного потепления.

Объект исследования

Климат Забайкалья.

Предмет исследования

Изменения климата и их влияние на природные и природно-антропогенные системы.

Методы исследования

В работе использованы методы статистического и географического анализа. Для оценки пространственно-временной согласованности гидрометеорологических параметров применялся корреляционный анализ. Тренды во временных рядах выделялись методом наименьших квадратов. Выявление циклических составляющих в многолетних рядах температуры воздуха, атмосферных осадков, речного стока осуществлялось с помощью спектрального и вейвлет-анализа. Для долгосрочного фонового прогнозирования атмосферных осадков и речного стока использован динамико-адаптивный метод Е.А. Леонова Пространственный анализ исследуемых характеристик и визуализация его результатов выполнялась посредством ГИС.

Информационной базой исследования явились гидрометеорологические данные Забайкальского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных, Университета Восточной Англии, Национального управления океанических и атмосферных исследований США, данные о лесных пожарах Государственной лесной службы Забайкальского края, статистические данные территориальных органов Росстата.

В работе использованы данные 48 метеорологических станций и 82 гидрологических постов, размещенных на территории площадью около 750 тыс. км^2, расположенной восточнее и южнее оз. Байкал примерно от 49°00′ до 58°20′ СШ и от 103°30′ до 122°00′ ВД.

Личный вклад соискателя заключается в самостоятельном формулировании цели и задач диссертации, составлении плана и программы исследования, выборе методов исследования. Автор лично выполнил статистическую обработку исходных данных, их пространственно-временной анализ и обобщение полученных результатов.

В диссертации используются результаты работ, выполненных в соавторстве с В.К. Смахтиным и Е.В. Носковой, в которых соискателем были поставлены цели и задачи, составлен план работ, выполнена частичная обработка данных, сделаны выводы. Результаты исследований других соавторов в диссертации не используются.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

– выявлены закономерности пространственно-временных изменений основных параметров климата (температура воздуха, атмосферные осадки) Забайкалья во второй половине XX века – первом десятилетии XXI века, происходящие на фоне глобального потепления;

– установлено, что региональный отклик приземной температуры воздуха Забайкалья на глобальные изменения выразился в ее согласованных изменениях с температурой Северного полушария в квазишестидесятилетних колебаниях и в тенденции потепления с XIX в. до настоящего времени;

– основываясь на закономерностях межгодовых колебаний тепло- и влагообеспеченности Забайкалья выполнена оценка их предстоящих изменений в первой четверти XXI в.;

– впервые для региона дана комплексная оценка воздействия атмосферной циркуляции, характеризующейся телеконнекционными индексами, параметрами планетарной высотной фронтальной зоны и др., на температуру воздуха и осадки;

– предложен новый подход к оценке долговременных тенденций речного стока, основанный на раздельном рассмотрении изменений стока в многоводные и маловодные фазы циклов;

– определены тенденции многолетних изменений водности рек Забайкалья, выражающиеся в последовательном увеличении стока многоводных периодов и уменьшении стока маловодных периодов – возрастании его экстремальности;

– показано, что в период до 2020-х гг. водность рек Забайкалья будет повышенной, в связи с чем следует ожидать формирования паводков редкой повторяемости и, соответственно, более частых угроз возникновения катастрофических наводнений.

– выявленные тенденции многолетних изменений климатических параметров, влияющих на сельскохозяйственное производство в Забайкалье, указывают на улучшение агрометеорологических условий в период до 2020-х гг.;

– установлено, что метеорологические условия обусловливают потенциальную пожарную опасность лесов, а количество лесных пожаров определяется антропогенным фактором.

Практическая значимость работы

Результаты исследования изменения регионального климата использованы при выполнении НИР Росгидромета по темам 8.32 в 2008 г. и 8.104 в 2009-2010 гг.

Для органов государственной власти Забайкальского края на основе многолетних исследований подготавливались доклады, аналитические записки, в том числе брошюра «Изменения климата и их влияние на природу, экономику и социальную сферу Забайкальского края».

Результаты работы используются в учебном процессе в Забайкальском государственном университете.

Результаты работы могут быть использованы:

– при разработке проектов по защите населенных пунктов и объектов экономики на территории Забайкалья от наводнений;

– при планировании лесохозяйственных мероприятий, направленных на борьбу с лесными пожарами и восстановление лесов;

– для подготовки программ развития сельского хозяйства на территории Республики Бурятии и Забайкальского края;

– при организации природоохранной деятельности;

– для разработки стратегий адаптации регионов к изменениям климата;

– при подготовке и корректировке региональных программ социально-экономического развития регионов.

На защиту выносятся следующие положения:

– оценка тенденций изменений температуры воздуха и атмосферных осадков на территории Забайкалья в период современного глобального потепления;

– пространственно-временное распределение квазипериодических колебаний в гидрометеорологических полях региона, выявленное методами спектрального и вейвлет-анализа;

– механизмы внетропической циркуляции атмосферы как естественный фактор региональных изменений температуры воздуха и осадков в Забайкалье;

– возрастание экстремальности речного стока, проявляющееся в последовательном увеличении стока многоводных периодов и уменьшении стока маловодных периодов, при отсутствии устойчивых во времени длительных тенденций его изменения в целом;

– периодически возникающий преимущественно в связи с циклическим характером выпадения атмосферных осадков и усиливающийся ростом температуры воздуха недостаток увлажнения Забайкалья, обусловливающий возрастание потенциальной пожарной опасности лесов и снижение урожайности сельскохозяйственных культур.

Апробация работы

Материалы диссертации докладывались на международных и отечественных конференциях: Международная конференции “Комплексное изучение аридной зоны Центральной Азии” (Кызыл, 1994); Международный симпозиум “Гидрологические и экологические процессы в водоемах и их водосборных бассейнах” (Новосибирск, 1995); Конференция «Проблемы криологии Земли» (Пущино, 1998); Regional climate change. Workshop proceedings (Ulaanbaatar, 2002); Международный симпозиум «Изменения климата и окружающей среды Центральной Азии» (Чита, 2003); VI Всероссийский гидрологический съезд (Санкт-Петербург, 2004), The Sixth International Workshop proceeding on Climate Change in Arid and Semi-Arid Region of Asia (Ulaanbaatar, 2004); XIII научное совещание географов Сибири и Дальнего Востока (Иркутск, 2007); Международный симпозиум «Изменение климата Центральной Азии: социально-экономические и экологические последствия» (Чита, 2008); Международная научная конференция «Проблемы адаптации к изменению климата» (Москва, 2011); III Всероссийская научная конференция «Экологический риск и экологическая безопасность» (Иркутск, 2012); Международная научная конференция «Региональный отклик окружающей среды на глобальные изменения в Северо-Восточной и Центральной Азии» (Иркутск, 2012); Вторая Всероссийская научная конференция с международным участием «Окружающая среда и устойчивое развитие регионов» (Казань, 2013); X Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу (Томск, 2013). Основные результаты диссертации докладывались также на научных

семинарах кафедры водного хозяйства и инженерной экологии ЗабГУ (2011, 2012, 2013), кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы КФУ (2013), ученых советах ИПРЭК СО РАН (2011, 2013).

Публикации

По теме исследования опубликовано 42 научные работы, в том числе 15 статей в изданиях из перечня ВАК Министерства образования и науки РФ.

Структура и объем диссертации

Работа состоит из введения, пяти глав и заключения. Общий объем работы 290 л., иллюстраций 108, таблиц 32, приложений 2. Список цитируемой литературы насчитывает 290 источников.

Автор считает своим приятным долгом выразить благодарность научному консультанту, заведующему кафедрой метеорологии, климатологии и экологии атмосферы КФУ, д.г.н., профессору Ю.П. Переведенцеву за ценные советы и рекомендации на заключительном этапе подготовки диссертации, профессору кафедры водного хозяйства и инженерной экологии ЗабГУ, д.т.н., профессору В.Н. Заслоновскому за поддержку и помощь при написании работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, представлены цель и задачи исследования, сформулированы основные положения, выносимые на защиту. Определены объект и предмет исследований, изложены их научная новизна и практическая значимость.

В первой главе описано современное состояние исследований по проблеме изменения климата, его влияния на гидрологический режим водных объектов, агроклиматические ресурсы и лесные пожары. Дано описание материалов и методов исследований, использованных в работе, а также физико-географических условий территории Забайкалья.

В последние десятилетия средняя глобальная приземная температура повышается. На этот факт указывалось ранее, и он находит подтверждение в настоящее время, в том числе в таких основополагающих трудах российских и зарубежных ученых как доклады МГЭИК и Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации.

По данным, опубликованным в Резюме для политиков Пятого доклада МГЭИК, средняя глобальная температура воздуха с 1880 по 2012 гг. повысились на 0,85 °С, а общее увеличение между средним значениями периодов с 1850 по 1900 и с 2003 по 2012 гг. составило 0,78 °С. Ожидается, что потепление будет продолжаться и его величина по большинству рассмотренных сценариев, кроме самого мягкого, превысит 1,5 °С к концу XXI в. по сравнению с 1850 – 1900 гг., а по двум жестким сценариям рост температуры превзойдет 2 °С. Причиной потепления, по мнению авторов доклада, является антропогенный фактор – увеличение в атмосфере парниковых газов.

В Оценочном докладе показано, что происходящее в России потепление заметно больше глобального. Скорость роста температуры воздуха в течение XX в. в среднем по России (0,10 °С/ 10 лет) была в полтора раза больше чем в среднем по Земному шару (0,066 °С/ 10 лет). К концу столетия темпы потепления возросли, достигнув в РФ в период с 1976 по 2000 гг. 0,47 °С/ 10 лет). С потеплением связывают увеличение в некоторых регионах страны частоты атмосферных засух и пожарной опасности лесов. В начале XXI в. отмечается рост повторяемости катастрофических наводнений.

Во второй главе представлены результаты исследования изменений температуры воздуха и атмосферных осадков на территории Забайкалья.

По литературным данным описываются изменения климата в позднем плейстоцене и голоцене. В течение последних 290 тыс. лет на территории Забайкалья произошло четыре покровных оледенения. В период двух наиболее древних из них температура воздуха была ниже современной более чем на 10 °С, а во время двух последующих – на 5 ÷ 8 °С. Температура воздуха в наиболее теплые периоды межледниковий имела значения, превышающие современные на 3 ÷ 8 °С. В голоцене она изменялась от значений, превышающих современные примерно на 2,7 ÷ 2,8 °С, до значений на 1,6 ÷ 1,7 °С ниже современных. Начало тенденции современного потепления можно отнести к XVII – XVIII векам.

Многолетние изменения средней годовой температуры в Забайкалье происходят с высокой степенью согласованности, что позволяет говорить о синхронности термического режима на всей исследуемой территории.

В среднем по территории Забайкалья средняя годовая температура воздуха за период с 1951 по 2010 гг. повысилась на 1,8 ^{o}С. В различных его районах величина линейного тренда за этот же период составила от 1,2 до 2,7 ^{o}С. Тренды имеют высокую степень достоверности: эмпирические значения статистики Стьюдента превышают табличное значение даже при 0,5%-ном уровне значимости.

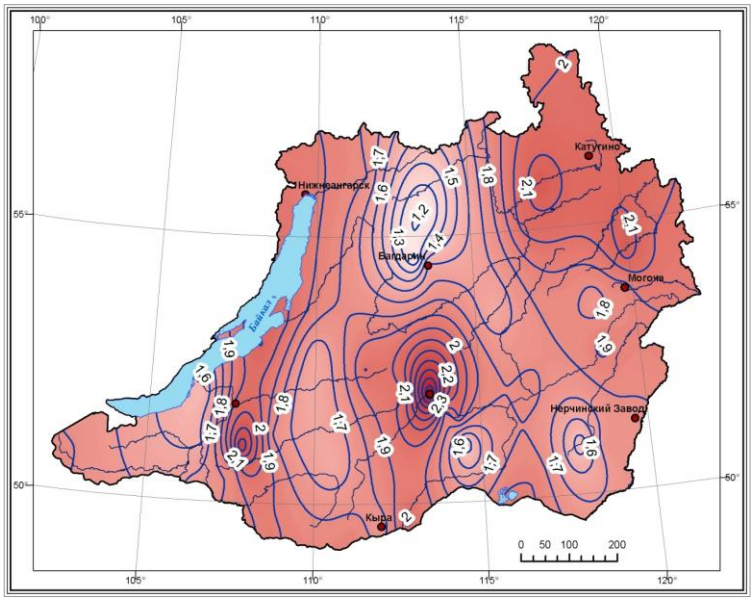

Рис. 1. Распределение величины линейного тренда изменений средней годовой температуры воздуха на территории Забайкалья за 1951-2010 гг., °С

Увеличение температуры, превысившее его среднее значение по Забайкалью, произошло в северо-восточных и центральных районах, а также в районах, прилегающих к оз. Байкал севернее устья р. Селенги. Меньше чем в других районах температура повысилась в левобережной части бассейна р. Витима (рис. 1).

Величина линейного тренда осредненной по территории Забайкалья температуры воздуха меняется в течение года (табл. 1). Наибольшая его величина отмечается в феврале, несколько меньшая – в марте и апреле. Наименьших значений тренд достигает в декабре. В период с февраля по сентябрь и в ноябре тренды средних месячных температур статистически значимы при 5%-ном уровне. В октябре, декабре и январе достоверность трендов при данном уровне значимости не подтверждается.

Таблица 1

Тенденции изменений на территории Забайкалья средних месячных температур воздуха в 1951–2010 гг.

Месяц	Величина линейного тренда, ^{o}C		
	Средняя	Наибольшая	Наименьшая
Январь	1,3	3,8	-0,7
Февраль	4,4	5,8	3,1
Март	2,8	4,2	1,5
Апрель	2,5	3,2	1,4
Май	1,9	2,5	1,2
Июнь	1,5	2,5	0,4
Июль	1,7	3,2	0,8
Август	1,0	2,0	0,4
Сентябрь	1,1	2,2	0,2
Октябрь	1,0	2,2	0,0
Ноябрь	1,8	4,1	0,0
Декабрь	0,9	2,3	-0,8

Потепление в Забайкалье происходило неравномерно. В начале рассматриваемого периода отмечалось незначительное повышение температуры, которое в конце 1950 гг. сменилось ее слабым понижением. С середины 1970-х до конца 1980-х гг. отмечался более интенсивный, чем в предыдущие периоды, ее рост. На рубеже 1980–1990-х гг. потепление произошло скачкообразно, и последние 22 года выделяются особенно высокими температурами воздуха. За этот период в 12 годах средняя годовая температура превышала наибольшие значения прошлых лет, и только в 2000, 2006 и 2010 гг. опускалась ниже средней за 60-летие. Наиболее высокая средняя годовая температура воздуха на территории Забайкалья, так же как и в целом по России, отмечалась в 2007 г.

Вейвлет-анализ показал, что скачек температуры в конце 1980-х – начале 1990-х произошел за счет совпадения во времени перехода от холодной фазы к теплой в разных по продолжительности циклах в холодный период года (рис. 2).

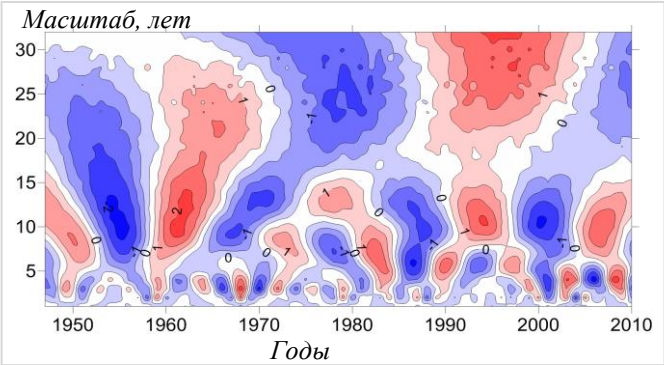

Рис.2. Вейвлет-спектр изменений средней температуры воздуха холодного периода, осредненной по территории Забайкалья (1947-2010 гг.)

Несмотря на то, что на протяжении этих двух десятилетий отмечаются самые высокие средние годовые температуры воздуха, их рост приостановился, и наметилась тенденция похолодания. Выявленная особенность обусловлена ее изменениями в холодный период года. Снижение средней температуры холодного периода за 22 года составило 1,34 ^{o}C, В теплый период года температура, наоборот, повышается.

Эти изменения происходят на фоне глобального потепления и потепления в Северном полушарии (СП). Согласованность изменений средних годовых температур по Земному шару и по СП с изменениями средних температур по Забайкалью за период с 1885 по 2012 гг. достаточно высока и оценивается коэффициентами корреляции, равными 0,72 и 0,73 соответственно. Однако темпы потепления в Забайкалье существенно выше. Если в течение 128 лет глобальная температура воздуха в среднем повышалась на 0,065 ÷ 0,066 ^{o}C за 10 лет, то скорость роста региональной температуры была в два с половиной раза больше (0,16 ^{o}C/10 лет).

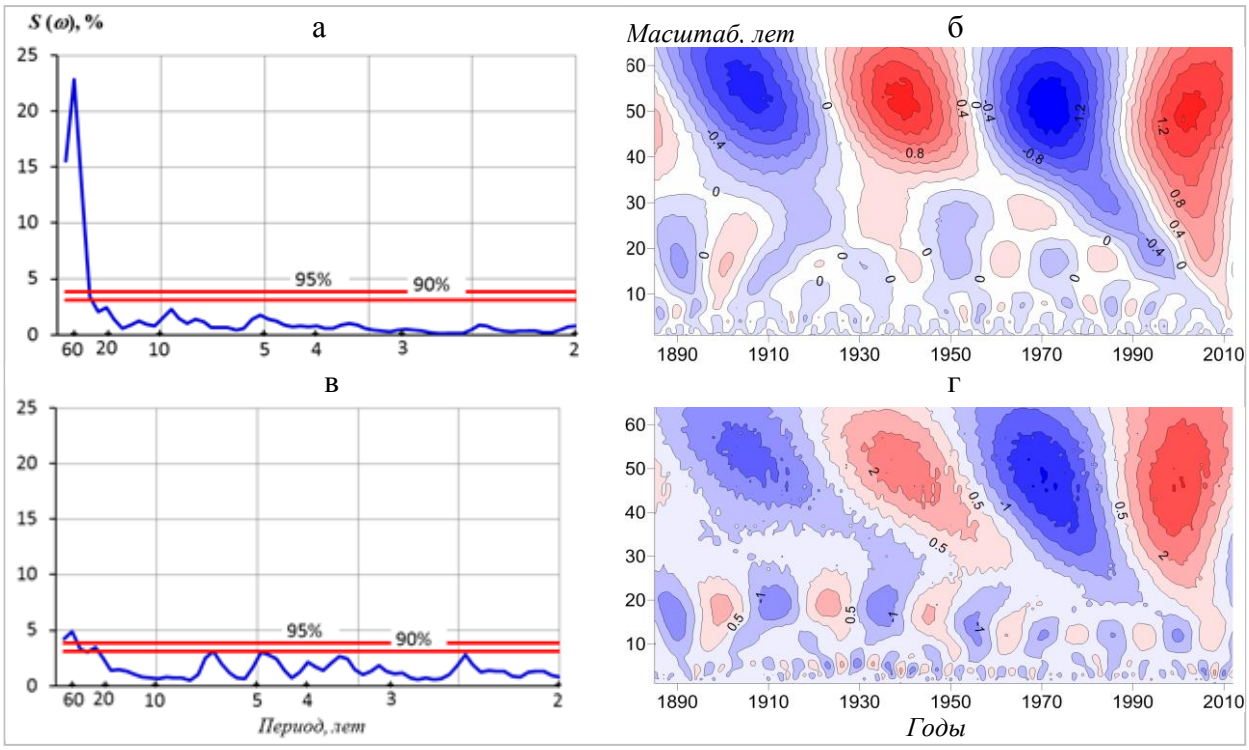

Рис. 3. Оценки спектральной плотности и вейвлет-спектры изменений средней годовой температуры воздуха СП (а, б) и Забайкалья (в, г) с 1885 по 2012 гг.

Спектральный и вейвлет-анализ показал наличие в их межгодовых колебаниях спектральной плотности, выходящей в обоих рядах за пределы 95%-ного доверительного интервала на частотах, соответствующих квазишестидесятилетнему ритму. На этих частотах отмечается почти полное подобие колебаний температуры в Забайкалье и СП (рис. 3). В этом ритме минимум температуры воздуха в Забайкалье, как и в СП, приходится на начало 1970-х гг., после чего до начала 2000-х гг. происходил ее рост, т.е. восходящая ветвь естественного ритма совпала с периодом наиболее интенсивного роста температуры последних десятилетий. В настоящее время в квазишестидесятилетнем ритме рост температуры сменился ее понижением.

В Забайкалье, в отличие от СП, достаточно четко проявляются и другие колебания, такие как 25-26-летние и 6-7-летние ритмы, имеющие 90%-ную доверительную вероятность.

Согласованность изменений температуры воздуха Забайкалья и СП наиболее четко проявляется в многолетней тенденции потепления (рис. 4а), а также в колебаниях в диапазоне от 32 до 64 лет, где связь между ними оценивается коэффициентом корреляции равным 0,96. Графики колебаний в этом диапазоне практически совпадают и подтверждают наличие квазишестидесятилетнего ритма (рис. 4б).

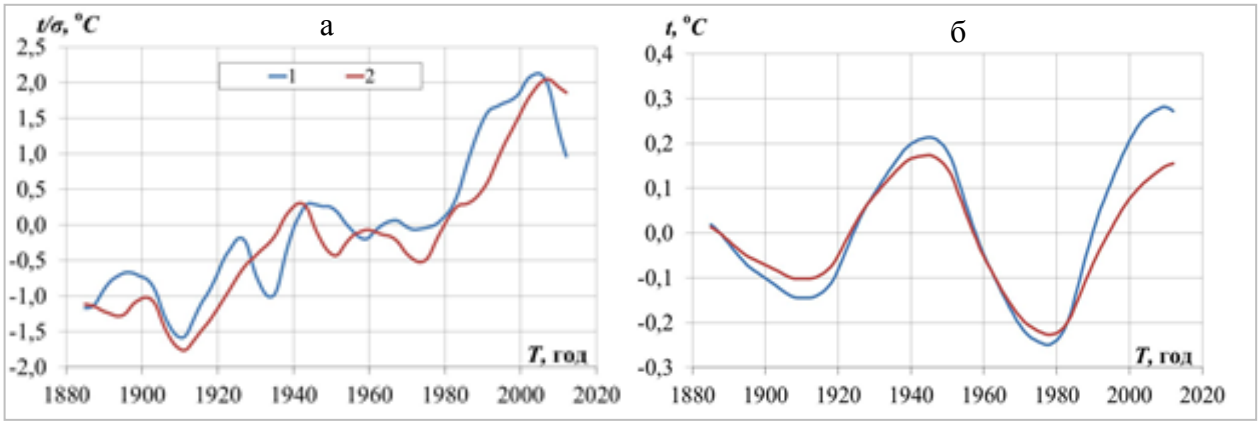

Рис. 4. Многолетние колебания средней годовой температуры воздуха Забайкалья (1) и СП (2) с 1885 по 2012 гг., подвергнутые дискретному вейвлет-преобразованию

а – с исключением колебаний с периодом 8 и менее лет; б – в диапазоне колебаний от 32 до 64 лет.

Учитывая выявленные закономерности, в ближайшие 15-20 лет следует ожидать замедление повышения или даже понижение температуры воздуха в Забайкалье в холодной фазе квазишестидесятилетнего ритма. В последующие годы вероятно новое активное потепление в результате совпадения восходящей ветви квазишестидесятилетнего ритма и многолетней тенденции.

Оценка вклада тренда и циклической составляющей в общую дисперсию колебаний средней годовой температуры воздуха показала, что доля

дисперсии ряда температур, объясняемая линейным трендом, в четыре раза больше доли дисперсии, объясняемой полиномиальным трендом. Это указывает на то, что вклад долговременных тенденций в наблюдающиеся изменения средней годовой температуры воздуха значительно больше, чем вклад циклических составляющих. Следовательно, при анализе влияния изменений климата на природные и природно-антропогенные системы этот тренд необходимо учитывать.

Долговременные тенденции повышения температуры воздуха приводят, в частности, к изменению продолжительности теплого периода. С середины прошлого века теплый период на всей территории Забайкалья увеличился на 3-19 дней. Еще одним из проявлений многолетних трендов температуры воздуха является изменение ее пространственного распределения. Сравнение расположения изотерм на территории Забайкалья, определенных за два десятилетних периода (1951-1960 и 2001-2010 гг.), показало, что они смещаются преимущественно в северо-восточном направлении. Смещение средних годовых изотерм составило в среднем около 100 км. Величина смещения средних месячных изотерм соответствует величине тренда температуры в данном месяце. Так, изотермы в феврале сместились на расстояние около 200 км, а в декабре их расположение не изменилось.

Атмосферные осадки в Забайкалье пространственно не столь согласованы, как температура воздуха. Если парные коэффициенты корреляции между рядами средних годовых температур не имеют значений ниже 0.6 при удалении пунктов наблюдений друг от друга на расстояние более 1000 км, то между рядами годовых сумм осадков уже на расстояниях около 350 км некоторые коэффициенты корреляции имеют отрицательные значения.

Межгодовые изменения осредненных по территории Забайкалья годовых сумм атмосферных осадков не имеют значимых однонаправленных тенденций. В их многолетнем ходе проявляется чередование периодов повышенного или пониженного их количества. В конце 1950-х – начале 1960-х и в 1980-е – 1990-е гг. осадки преимущественно были выше, а в конце 1970-х – начале 1980-х и в 2000-е гг. – ниже нормы.

Чередование влажных и сухих периодов определяет знак и величину тенденций. В зависимости от того, какие по увлажненности годы преобладают в конце ряда, тренд периодически меняет свой знак. В разных районах Забайкалья тенденции многолетних изменений годовых сумм атмосферных осадков за период с середины XX века имеют свои особенности, отличаясь как по величине, так и по знаку (рис. 5). В южных и юго-восточных районах количество осадков уменьшилось. Наибольшее уменьшение характерно для среднего течения р. Онона. В северо-восточных районах оно, наоборот, возросло. В среднем течении р. Витима положительный тренд имеет максимальное значение. Некоторое увеличение осадков отмечается на юго-западе региона, однако в районах, прилегающих к Байкалу, тренды имеют как слабо положительные, так и слабо

отрицательные величины. На большей части Забайкалья тренды статистически недостоверны при 5%-м уровне значимости.

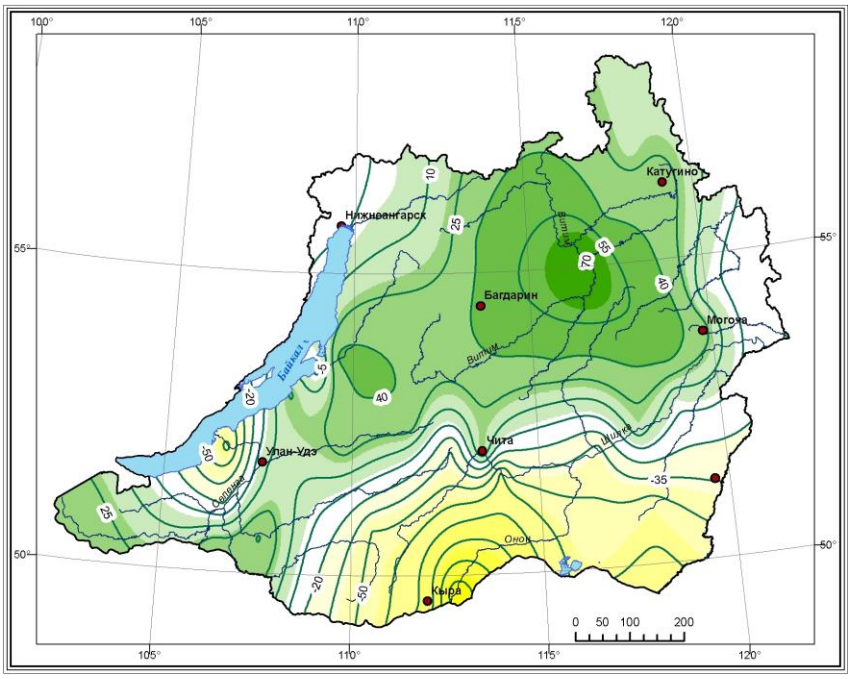

Рис. 5. Распределение величины тренда годовых сумм атмосферных осадков на территории Забайкалья за 1951-2010 гг., мм

Учитывая слабую пространственную согласованность межгодовых изменений осадков, для дальнейшего анализа их многолетних колебаний исследуемый регион разделен на четыре района. Районирование осуществлялось с помощью корреляционного анализа.

Многолетним изменениям годовых сумм атмосферных осадков присущ циклический характер. В юго-восточном районе наибольшей значимостью обладает внутривековой цикл продолжительностью около 30 лет, имеющий 95%-ную доверительную вероятность (рис. 6а, б). Другие ритмы, кроме трех-четырехлетнего, статистически не значимы. В первом десятилетии XXI в. в юго-восточном районе совпали сухие фазы нескольких циклов, что обеспечило резкое увеличение засушливости в этот период.

В юго-западном районе, как с помощью спектрального анализа, так и вейвлет-анализа выявляется квазитридцатилетний ритм (рис. 6в, г). Спектральная плотность на этой частоте выходит за пределы 90%-ного доверительного интервала. Причем фазы квазитридцатилетних циклов приходятся приблизительно на одни и те же временные интервалы, что и в юго-восточном районе, но со смещением на более поздние годы. Также за пределы 90%-ного доверительного интервала выходит спектральная плотность на частоте, соответствующей трехлетнему ритму.

Квазитридцатилетние колебания также присутствуют в северо-восточном районе, но их амплитуда и вклад в общую дисперсию существенно меньше, чем в юго-восточном и юго-западном районах (рис. 6д, е). Спектральная плотность на этой частоте не выходит за пределы 90%-ного доверительного интервала. Здесь значимыми являются 6-7-летние ритмы, наибольшая амплитуда которых приходится на конец 1970-х – начало 1990-х гг.

В северо-западном районе квазитридцатилетние циклы не проявились совсем (рис. 6ж, з). Спектральный анализ выявил 4-5-летнюю гармонику, имеющую 90%-ную доверительную вероятность. Вейвлет-анализ, кроме того, показывает наличие колебаний с 6-8-летним и 10-12-летним периодами. Однако они неустойчивы во времени.

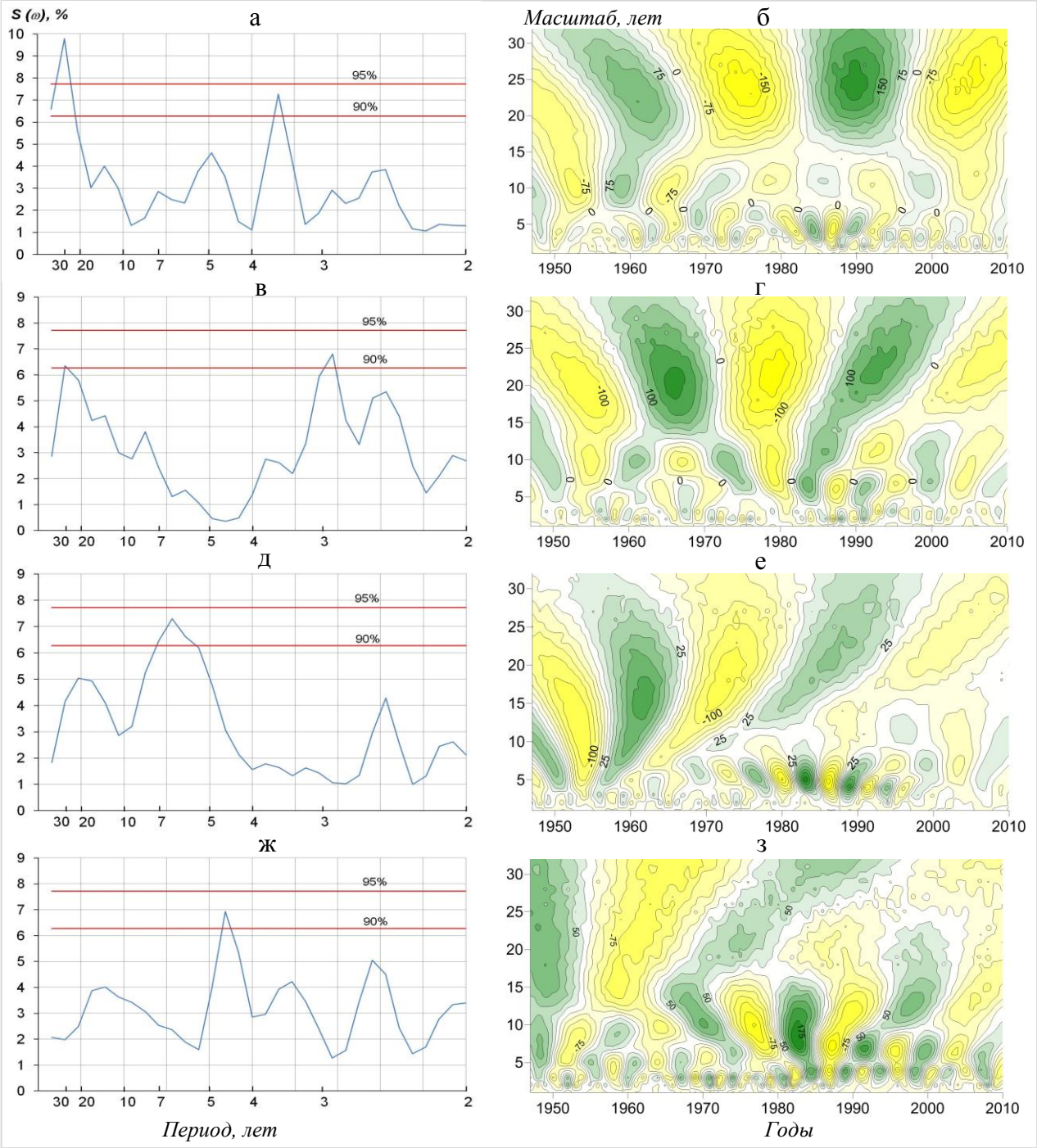

Рис. 6. Оценки спектральной плотности и вейвлет-спектр межгодовых изменений годовых сумм атмосферных осадков в юго-восточном (а, б), юго-западном (в, г), северо-восточном (д, е) и северо-западном (ж, з) районах

Оценка вклада различных составляющих в многолетние изменения годовых сумм атмосферных осадков показала, что в отличие от изменений

температуры, основной вклад в дисперсию ряда вносит цикличность, а доля дисперсии, объясняемая линейным трендом, значительно меньше.

Учитывая циклический характер колебаний атмосферных осадков, для их фонового прогнозирования использован динамико-адаптивный метод. Результаты расчетов показали, что в следующий 14-летний период ожидается повышение увлажненности территории, т.е. будут преобладать годы с осадками выше нормы.

Согласованность в изменениях атмосферных осадков и температуры воздуха на территории Забайкалья очень слабая и, чаще всего, статистически не достоверная.

Повышение средней годовой температуры воздуха сопровождалось уменьшением средней по Забайкалью продолжительности залегания снежного покрова, которое с середины прошлого века составило примерно 5 дней. Однако ее изменения по территории произошли неравномерно. В западной части региона продолжительность залегания снежного покрова уменьшилась. Наибольшее уменьшение приурочено к прилегающим к Байкалу районам. В восточных районах, наоборот, преобладает ее увеличение. Причем площадь территории, где приращение имеет отрицательный знак, значительно больше территории, характеризующейся положительным приращением.

В многолетних изменениях высоты снежного покрова выявляется тенденция к его увеличению со второй половины 1960-х годов. На открытых площадках оно составило в среднем 2 см, или 24 % от нормы, а на защищенных – 4 см, или 21 % от нормы. Это происходит на фоне слабого роста количества зимних атмосферных осадков (ноябрь-февраль). Согласованность изменений высоты снежного покрова и осадков за этот период оценивается коэффициентом корреляции 0,72.

В третьей главе выполнена оценка вклада общей циркуляции атмосферы в формирование температурно-влажностного режима Забайкалья. В качестве параметров общей циркуляции атмосферы использованы характеристики планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) и Сибирского антициклона, телеконнекционные индексы северо-атлантического (NAO), арктического (AO), тихоокенско-североамериканского (PNA), западно-тихоокеанского (WP), скандинавского (SCAND), полярно-евразийского (POL) и южного колебаний (SOI). Кроме того, выполнено сопоставление изменений регионального климата и различных форм атмосферной циркуляции по классификации Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса.

Изменчивость величины атмосферного давления в центре Сибирского антициклона практически не влияет на термический режим Забайкалья. Это вызвано, главным образом тем, что его центр редко находится над Забайкальем.

Из рассмотренных телеконнекционных индексов циркуляции наиболее тесную связь температура воздуха, осредненная по территории Забайкалья, имеет с АО. Во все месяцы года корреляция между ними положительная

(табл. 2). С сентября по май коэффициенты корреляции статистически значимы.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между средней месячной температурой воздуха в Забайкалье и индексом АО

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
r	**0,42**	**0,43**	**0,60**	**0,37**	**0,35**	0,10	0,12	0,05	**0,25**	**0,28**	**0,39**	**0,31**

В холодный период года согласованность их колебаний еще выше, чем в отдельные месяцы. Коэффициент корреляции этой связи равен 0,63. Особенно хорошо сходство многолетнего хода температуры воздуха и индекса АО проявляется в низкочастотной области. Аппроксимация их межгодовых изменений полиномом третьей степени показало почти полное совпадение низкочастотных колебаний (рис. 7а). В частности, выявленное в Забайкалье в последние два десятка лет понижение температуры совпадает с уменьшением индекса АО. Основное расхождение между ними обусловлено разной величиной их линейных трендов, т.е. различием в колебаниях с периодом, существенно превышающим продолжительность рядов. Тем не менее, знак тренда индекса АО совпадает со знаком тренда температуры и, также как он, статистически значим.

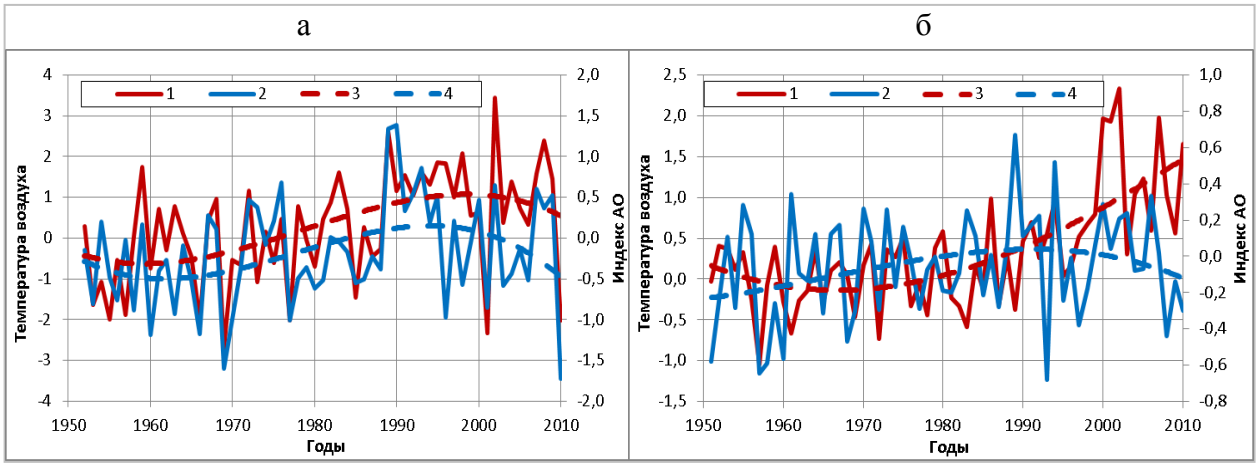

Рис. 7. Многолетние изменения аномалий средней температуры воздуха в Забайкалье и индексов АО в холодный (а) и теплый (б) периоды года

1 – температура воздуха; 2 – индекс АО; 3, 4 – полиномиальные тренды 3-го порядка

В теплый период года между изменениями температуры воздуха и индекса АО отмечается положительная статистически не значимая корреляция. Однако в низкочастотной области колебаний их многолетний ход противоположен (рис. 7б). Рост температуры теплого периода в 1990-х – 2000-х гг. происходит на фоне уменьшения индекса АО.

Отрицательную связь практически в течение всего года температура воздуха Забайкалья имеет с индексом SCAND. С ноября по апрель, а также в

июне, коэффициенты корреляции статистически значимы и в отдельные месяцы превышают по модулю значение 0,50 (табл. 3).

Таблица 3.

Коэффициенты корреляции между средней месячной температурой воздуха в Забайкалье и индексом SCAND

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
r	**-0,37**	**-0,29**	**-0,56**	**-0,38**	0,02	**-0,26**	-0,01	-0,15	-0,07	-0,17	**-0,65**	**-0,66**

Оценка многолетних изменений осредненных за холодный период года температуры воздуха и индекса SCAND показывает их хорошую согласованность. Отрицательная связь между ними оценивается коэффициентом корреляции равным –0,52. Хорошая согласованность отмечается и в длительных тенденциях, представленных полиномиальным трендом 3-го порядка (рис. 8а). На всем протяжении временных рядов эти тенденции противоположны.

В теплый период года согласованности многолетних тенденций, характерной для холодного периода, не отмечено (рис. 8б). Если примерно до двухтысячного года они были противоположны, то в начале XXI века рост температуры продолжается, несмотря на то, что значения индекса SCAND прекратили уменьшаться. Коэффициент корреляции, характеризующий связь скандинавского индекса с температурой воздуха, в теплый период года составил –0,15.

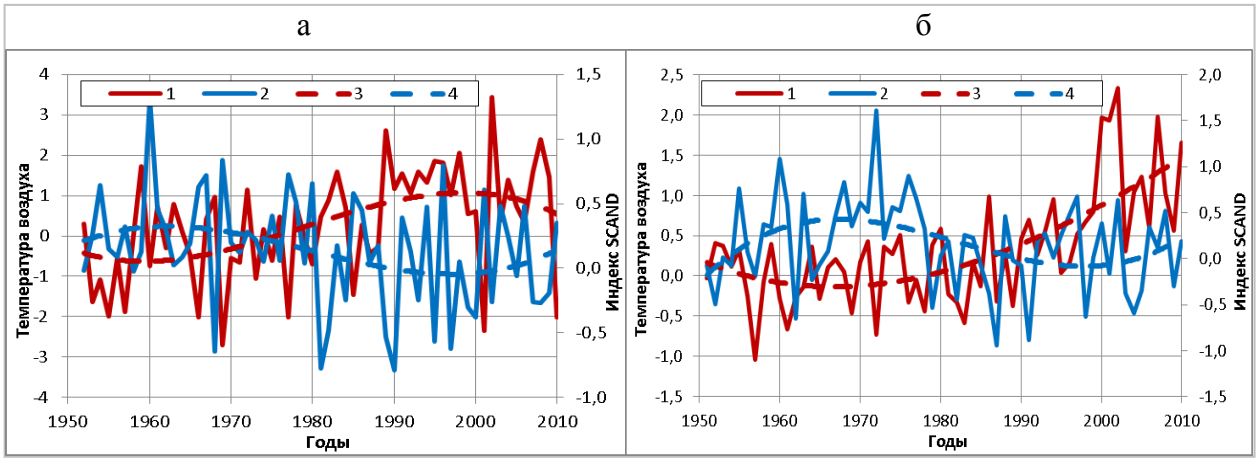

Рис. 8. Многолетние изменения аномалий средней температуры воздуха в Забайкалье и индексов SCAND в холодный (а) и теплый (б) периоды года

1 – температура воздуха; 2 – индекс SCAND; 3, 4 – полиномиальные тренды 3-го порядка.

Связь температуры воздуха в Забайкалье с индексом NAO существенно слабее. Значимые положительные коэффициенты корреляции она имеет только в январе – марте. В теплые месяцы года эти коэффициенты преимущественно отрицательны и, за исключением августа, не значимы. Для холодного периода года в целом характерны значимая положительная корреляция (***r*** = 0,47) между осредненными за этот период значениями

приземной температуры воздуха и индексами NAO и совпадение их основных тенденций. Совпадение этих тенденций не столь однозначно, как в случае с индексом AO, но, тем не менее, увеличение индекса NAO в 1970-х – 1990-х гг. и последующее его уменьшение сопровождалось соответствующими изменениями температуры. В теплый период года связь между ними статистически не достоверна при 5%-ном уровне значимости (***r*** = –0,17). Однако на низких частотах достаточно хорошо выражены противоположные тенденции, в том числе в последние два десятилетия уменьшению индекса NAO соответствует рост температуры.

Связь приземной температуры воздуха Забайкалья с индексом POL почти в течение всего года имеет положительную корреляцию, которая в шести месяцах статистически значима. Между осредненными за холодный период года температурой и значениями индекса POL корреляция слабоположительная и не значимая (***r*** = 0,13). В низкочастотной области также нет однозначной согласованности колебаний. В теплый период года согласованность изменений температуры и индекса POL несколько выше (***r*** = 0,30), однако многолетние тенденции не всегда совпадают.

Индекс WP имеет с температурой воздуха Забайкалья значимую отрицательную корреляцию в весенние месяцы и летом (июль, август) и положительную в некоторые месяцы осени и зимы (сентябрь, декабрь). Отсутствие связи между индексом WP и температурой воздуха в холодный период подтверждается и при анализе их осредненных за этот период значений. Коэффициент корреляции, характеризующий эту связь, равен –0,06. В низкочастотной области совпадает, главным образом, тенденция к росту обеих величин. Между осредненными индексом WP и температурой воздуха в теплый период года наблюдается обратная картина. Во-первых, коэффициент корреляции этой связи статистически значим (***r*** = –0,32). Во-вторых, отмечаются хорошо выраженные противоположные многолетние тенденции.

Корреляционный анализ согласованности многолетних изменений индекса PNA и температуры воздуха в Забайкалье показал почти полное ее отсутствие. Не значима корреляция и между осредненными их величинами за холодный и теплый периоды года. Тем не менее, в холодный период на низких частотах многолетние колебания совпадают.

Связь температуры воздуха в Забайкалье с индексом SOI в высокочастотной части спектра отсутствует. Ни в один из месяцев нет значимых коэффициентов корреляции между рядами их средних месячных значений. Однако в низкочастотных колебаниях в холодный период года выявлены их противоположные тенденции.

Межгодовые колебания температуры приземного воздуха хорошо согласуются с изменениями широты положения осевой изогипсы ПВФЗ на долготе Забайкалья. Чем больше широта ее расположения, тем выше температура воздуха. Коэффициенты корреляции между рядами средних месячных значений положения изогипсы и средних месячных температур, осредненных по территории, во все месяцы, за исключением августа,

статистически достоверны при 5%-ном уровне значимости и в семи из них превышают 0,60 (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между изменениями широты положения осевой изогипсы ПВФЗ и средней месячной температуры воздуха в Забайкалье

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
r	**0,40**	**0,66**	**0,62**	**0,72**	**0,67**	**0,68**	**0,67**	0,09	**0,45**	**0,29**	**0,69**	**0,30**

Согласованность изменений широты положения осевой изогипсы ПВФЗ и температуры воздуха, осредненных за год и холодный период года оценивается коэффициентами корреляции равными 0,54. В теплое время года согласованность несколько слабее (***r*** = 0.40). Сравнение низкочастотных составляющих их колебаний, представленных полиномиальным трендом третьего порядка, также показало схожесть их многолетних тенденций. В теплый период года, как в ходе положения осевой изогипсы, так и в ходе температуры воздуха, в 1990-х – 2000-х гг. отмечается тенденция их увеличения. Увеличение температуры при этом выражено более четко. Еще бóльшую схожесть демонстрируют низкочастотные колебания положения осевой изогипсы и температуры воздуха, осредненных за холодный период года и за год. В 1970-е – 1990-е гг. среднее положение ПВФЗ имело тенденцию к смещению на север, а в 1990-х – в 2000 гг. эта тенденция сменилась на противоположную. Смещения ПВФЗ сопровождались соответствующими изменениями температуры. Существенным отличием в их межгодовом ходе является отсутствие в изменениях положения осевой изогипсы многолетнего тренда, который достаточно четко проявляется в изменениях температуры воздуха. По-видимому, влияние географического положения ПВФЗ распространяется на характерные для Забайкалья внутривековые колебания температуры воздуха с периодом примерно до 60 лет.

Поскольку в изменениях положения ПВФЗ отсутствует линейный тренд, для последующей оценки согласованности их с термическим режимом из ряда температуры он также был исключен. Ряды обеих величин были подвергнуты фильтрации с помощью дискретного вейвлет-преобразования, позволившего исключить в рядах за холодный период года колебания с периодом 8 лет и менее, а в рядах за теплый период – 16 лет и менее. Между аппроксимирующими кривыми отмечается сильная корреляция, которая характеризуется коэффициентами, превышающими значение 0,80. Кривые хорошо согласуются, особенно в холодный период года (рис. 9а). В теплый период года совпадают, главным образом, основные тенденции (рис. 9б).

Выявленная зависимость позволяет утверждать, что одним из основных факторов, определяющих внутривековые колебания температуры в Забайкалье, являются изменения широтного положения осевой изогипсы планетарной высотной фронтальной зоны.

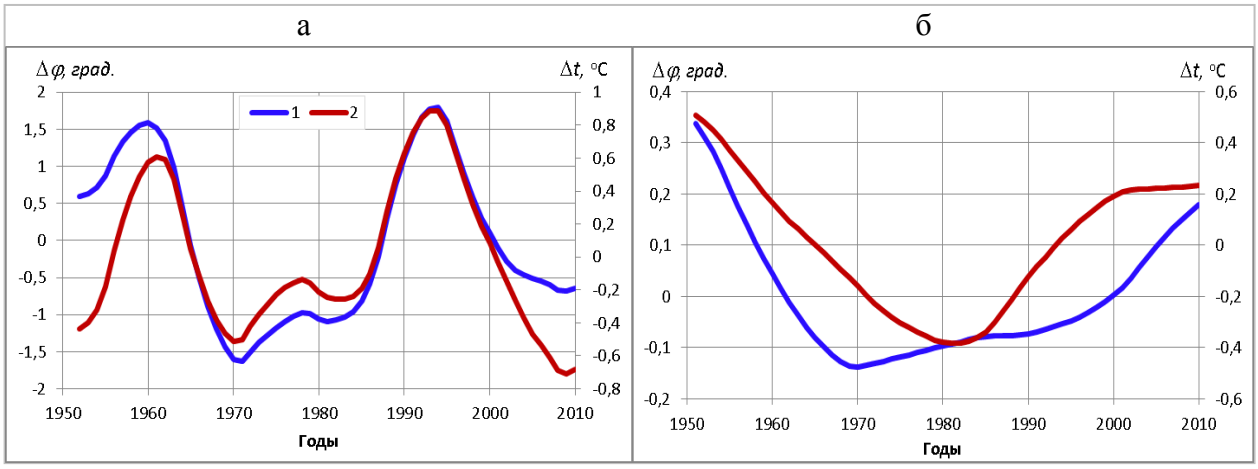

Рис. 9. Многолетние изменения положения осевой изогипсы ПВФЗ (1) и средней температуры воздуха Забайкалья (2) в холодный (а) и теплый (б) периоды года, сглаженные с помощью дискретного вейвлет-преобразования

Многолетние колебания температуры воздуха в Забайкалье бóльшую часть года значимо связаны с изменениями повторяемости западной W и восточной E форм атмосферной циркуляции по классификации Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса. С повторяемостью формы W их связь оценивается статистически достоверными положительными коэффициентами корреляции в девяти месяцах (табл. 5). В восьми месяцах температура воздуха имеет значимую отрицательную корреляцию с повторяемостью формы E. Изменчивость меридиональной формы атмосферной циркуляции C практически не влияет на термический режим Забайкалья.

Таблица 5

Коэффициенты корреляции между средней месячной температурой воздуха в Забайкалье и повторяемостью форм атмосферной циркуляции

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
W	**0,38**	**0,44**	**0,48**	0,18	**0,24**	0,15	0,17	**0,23**	**0,32**	**0,23**	**0,45**	**0,33**
E	**-0,44**	**-0,55**	**-0,50**	**-0,32**	**-0,24**	-0,13	-0,14	-0,19	-0,09	**-0,37**	**-0,52**	**-0,25**
C	0,14	**0,23**	0,08	0,20	0,10	0,01	0,03	-0,04	-0,21	0,19	**0,38**	0,11

Анализ многолетних изменений осредненных за холодный и теплый периоды года температуры воздуха в Забайкалье и повторяемостей различных форм атмосферной циркуляции подтвердил выводы, сделанные по средним месячным данным. Коэффициенты корреляции, характеризующие связь температуры с повторяемостью форм W и E в холодный период, статистически достоверны и составляют соответственно 0,54 и –0,53. В теплый период связь между ними менее тесная, но, тем не менее, статистически значимая. Коэффициент корреляции температуры с повторяемостью формы W равен 0,37, а с повторяемостью формы E составляет –0,29. Связь температуры с повторяемостью формы C в оба периода не значима.

На низких частотах хорошо выражена синфазность колебаний температуры воздуха и числа дней с формой W и асинфазность ее изменений с числом дней с формой E.

Исходя из выше изложенного, можно предположить, что наиболее сильное влияние арктического и скандинавского колебаний на температурный режим Забайкалья связано с их воздействием на западный перенос и положение планетарной высотной фронтальной зоны на долготах Забайкалья. Положительная фаза АО и отрицательная фаза SCAND способствует усилению западного переноса и смещению ПВФЗ в более высокие широты, обеспечивая повышение приземной температуры воздуха преимущественно в холодную часть года. Положительная фаза SCAND и отрицательная фаза АО, наоборот, усиливают восточную форму циркуляции и содействует смещению ПВФЗ в низкие широты, обусловливая понижение температуры.

Поскольку многолетние изменения температуры воздуха находятся в наибольшей зависимости от изменений параметров ПВФЗ и повторяемости форм атмосферной циркуляции, являющихся следствием воздействия других глобальных макроциркуляционных процессов, выполнена оценка их совместного вклада в температурный режим Забайкалья. Оценка выполнена с помощью линейной регрессионной модели, где в качестве предикторов использованы положение и интенсивность ПВФЗ, повторяемость форм W и E. Вклад оценивался по значению коэффициента детерминации. Доля дисперсии изменений температуры, объясняемая параметрами общей циркуляции атмосферы, в пяти месяцах превышает 50 % и еще в двух – 40 %.

Межгодовые колебания атмосферных осадков в Забайкалье в холодный период года хорошо согласуются с изменениями атмосферного давления в центре Сибирского максимума. Коэффициенты корреляции между рядами их месячных значений статистически достоверны с декабря по март и в октябре и достигают –0,38. Зависимость сумм осадков за весь холодный период (октябрь – апрель) от интенсивности Сибирского максимума за тот же период характеризуется еще более высоким коэффициентом корреляции (***r*** = –0,41). На низких частотах почти на всем временном ряду просматриваются противоположный ход анализируемых величин.

С телеконнекционными индексами у атмосферных осадков значительно менее тесная связь, чем у температуры воздуха. Более чем с другими индексами осадки связаны с индексами POL, NAO, PNA и WP.

С индексом POL осадки имеют преимущественно отрицательную связь в течение всего года. В феврале и с июля по октябрь эта связь характеризуется статистически достоверными коэффициентами корреляции. Однако зависимость сумм осадков от полярно-евразийского колебания, осредненных за холодный и теплый периоды года, не имеет значимых коэффициентов корреляции, которые составляют соответственно 0,02 и –0,21. В холодный период отсутствует согласованность колебаний этих величин и на низких частотах. В теплый период низкочастотные колебания осадков и индекса POL противоположны.

Многолетние изменения месячных сумм атмосферных осадков в Забайкалье имеют значимую отрицательную связь с индексом NAO в пяти месяцах. Причем они отмечаются преимущественно в разные сезоны. Коэффициент корреляции между суммой осадков и индексом NAO в холодный период статистически значим, и составляет –0,22. В их низкочастотных колебаниях хорошо прослеживается противофазность. В теплый период между осадками и индексом NAO отсутствует как корреляция (***r*** = –0,05), так и согласованность многолетних тенденций.

Связь осадков с индексом AO в холодный период года аналогична связи с NAO. Коэффициент корреляции между ними равен –0,23 и низкочастотные колебания происходят в противофазе.

С индексом PNA у месячных сумм осадков значимая отрицательная корреляция отмечается в феврале, марте, сентябре и декабре, т.е. преимущественно в холодное время года. Однако коэффициент корреляции между суммой осадков и средним индексом за холодный период близок к нулю. Тем не менее, на низких частотах колебания происходят в противофазе. Между суммой осадков за теплый период и индексом PNA согласованность отсутствует.

Со средними месячными значениями индекса WP атмосферные осадки имеют значимую корреляцию в четырех месяцах, а с индексами SCAND и SOI – в трех. Связь их величин в холодный и теплый периоды года не значима и отсутствует какая-либо согласованность в колебаниях на низких частотах.

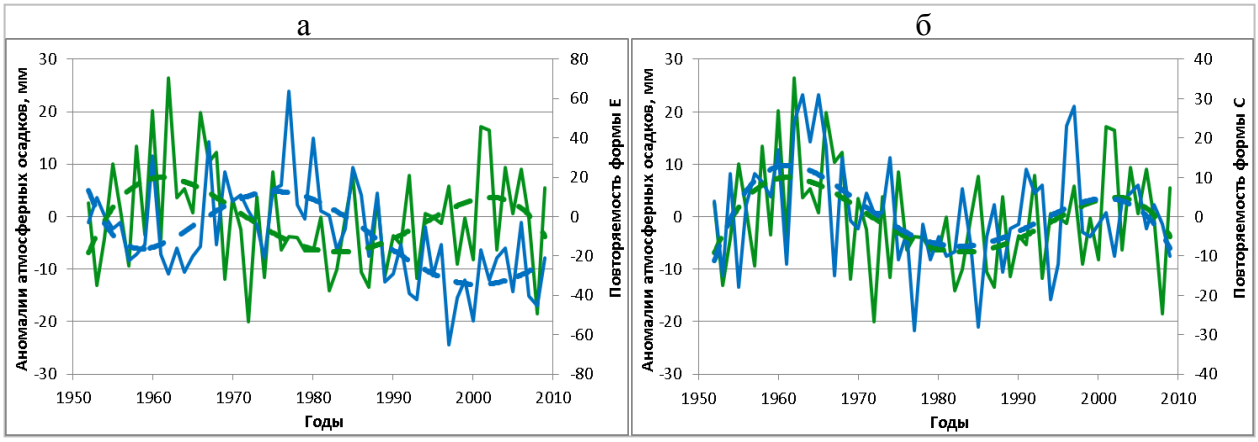

Рис. 10. Многолетние изменения аномалий сумм атмосферных осадков в Забайкалье и повторяемости атмосферной циркуляции формы Е (а) и С (б) в холодный период года

1 – атмосферные осадки; 2 – повторяемость форм циркуляции; 3, 4 – полиномиальные тренды 5-го порядка.

Анализ согласованности многолетних изменений сумм атмосферных осадков с изменениями повторяемости форм атмосферной циркуляции по классификации Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса показал, что как на уровне месячных данных, так и на уровне данных в холодный и теплый периоды года, она практически отсутствует. Однако при рассмотрении

низкочастотных колебаний можно обнаружить некоторую связь между ними. Если с формой W такая связь не обнаруживается, то с формами E и C она очевидна. Колебания осадков в холодный период года асинфазны с повторяемостью формы E (рис. 10а), а с повторяемостью формы C демонстрируют полную синфазность (рис. 10б).

Связь месячных сумм атмосферных осадков с положением осевой изогипсы ПВФЗ почти в течение всего года отрицательна, за исключением января, и статистически достоверна в пяти месяцах. Наибольшие значения коэффициентов корреляции этой связи характерны для октября – декабря. Согласованность осадков с интенсивностью ПВФЗ имеет иной характер. В холодный период года связь отрицательна, а в теплый период она положительна. При этом значимые коэффициенты корреляции распределились по три в каждом периоде.

Зависимость сумм атмосферных осадков за холодный и теплый периоды года от осредненных за эти периоды параметров ПВФЗ несколько слабее, чем месячных данных. Коэффициенты корреляции между осадками и положением ПВФЗ не значимы в оба периода, а между осадками и интенсивностью фронтальной зоны значим только в холодный период. При этом его величина очень мала ($\boldsymbol{r}$ = –0.23). Сравнение низкочастотных колебаний показывает, что многолетние изменения осадков и положения ПВФЗ в теплый период и осадков и интенсивности ПВФЗ в холодный период характеризуются асинфазностью.

Слабая согласованность атмосферных осадков с глобальными циркуляционными механизмами можно объяснить двумя причинами. Во-первых, как показывают результаты некоторых исследователей, на выпадение осадков в Забайкалье существенное влияние оказывают региональные особенности циркуляции. Во-вторых, значительная расчлененность рельефа исследуемой территории обусловливает слабую пространственную согласованность атмосферных осадков.

Четвертая глава посвящена исследованию влияния изменений климата на гидрологический режим рек и озер.

Реки Забайкалья относятся к трем крупным речным бассейнам: Амура, Лены и Енисея. Одной из крупных рек бассейна Амура и его составляющей является Шилка. Ленский бассейн в основном представлен Витимом. Самой большой рекой бассейна Енисея является р. Селенга, впадающая в оз. Байкал.

Многолетние изменения годового стока характеризуются цикличностью. Она присуща практически всем рекам Забайкалья. В многолетних изменениях годового стока р. Шилки у г. Сретенска выделяются циклы, имевшие до середины XX столетия продолжительность около 24 лет и увеличившие его к концу столетия до 27 лет. Спектральная плотность на этой частоте превышает 99%-ный доверительный интервал. Этот ритм имеет также явную тенденцию к увеличению амплитуды колебаний. В колебаниях годового стока р. Шилки достаточно надежно с 95%-ной доверительной вероятностью распознается также квазидвенадцатилетний ритм. Другие значимые гармоники при заданном доверительном интервале не выявляются.

В многолетних колебаниях годового стока р. Селенги в створе рзд. Мостового вейвлет-анализ позволил выявить ритмы двух масштабов. В низкочастотной области достаточно четко выделяются колебания с периодом 28-29 лет. Они характерны для всего временного ряда. Значимость циклов этого порядка подтверждается и при спектральном анализе. На частоте, соответствующей 26-летним колебаниям, спектральная плотность выходит за пределы 99%-ного доверительного интервала. Эти циклы сопоставимы с аналогичными циклами в режиме стока Шилки, но имеют несколько больший период.

Колебания годового стока р. Витима существенно отличаются от его изменений у рек Шилки и Селенги. Среди ритмов с разными периодами, выявленных с помощью вейвлет-анализа, наиболее выделяется квазидвенадцатилетний ритм. Наиболее четко он проявлялся в 1950 – 1970-х гг., а в 1980-х гг. его продолжительность уменьшилась до 8-9 лет. Этот ритм имеет аналоги, хотя и неполные, в колебаниях стока рр. Шилки и Селенги. Очень слабо и на ограниченном отрезке временного ряда проявляется примерно 19-летний ритм. В межгодовых изменениях стока Витима также имеют место колебания с периодом более 30 лет, которые при существующем ряде наблюдений оценить не представляется возможным. Однако все выявленные ритмы статистически недостоверны. Ни на одной из частот спектральная плотность не достигает даже 90%-ного доверительного интервала.

В многолетних изменениях годового стока рек Забайкалья отсутствуют длительные однонаправленные тенденции. Тренды со временем меняют величину и даже знак. Причиной этого является цикличность. Величина и знак тренда во многом зависят от продолжительности ряда наблюдений, используемого для анализа, и в большей степени определяется характером фазы водности в конце ряда. В случае завершения ряда многоводной фазой наиболее часто тренд имеет положительный знак, а в случае завершения маловодной фазой – отрицательный.

В результате преобладания на большей части Забайкалья в последние годы маловодных лет на многих реках проявляются отрицательные тренды. На реках, где маловодная фаза проявилась слабо или не проявилась совсем, выявляются положительные тренды. Отрицательные тренды проявляются почти на всех реках Амурского бассейна, на Селенге и ее правых притоках, части рек бассейна Лены и части рек, впадающих в оз. Байкал. Положительные тренды характерны для левых притоков Селенги, рек Верхняя Ангара, Баргузин и некоторых малых рек. Статистически значимыми из них являются тренды лишь на отдельных реках.

Преобладающее влияние цикличности на структуру многолетних колебаний расходов воды объясняется ее большим вкладом в общую дисперсию процесса речного стока. Коэффициент детерминации полиномиального тренда на разных отрезках временных рядов стока Шилки и Селенги в несколько раз превышает коэффициент детерминации линейного тренда.

Многолетние колебания стока обусловлены межгодовыми изменениями атмосферных осадков, в режиме которых также хорошо проявляется цикличность. Наиболее высокая степень согласованности осадков и стока отмечается в бассейне Амура. Коэффициенты корреляции между рядами стока рек этого бассейна, имеющих наиболее продолжительные ряды наблюдений, и средней суммы осадков превышают значение 0,70.

Согласованность стока р. Шилки и осредненных по ее бассейну годовых сумм атмосферных осадков хорошо иллюстрируется графиками спектральной плотности и вейвлет-спектрами их межгодовых изменений, особенно на уровне внутривековых циклов (рис. 11). Отличие спектрограмм состоит в том, что на низких частотах бóльшие значения спектральной плотности характерны для стока, а на высоких, наоборот, некоторое превосходство имеет спектральная плотность осадков. Вейвлет-анализ показывает наличие согласованности их колебаний не только по частотам, но и во времени. Фазам повышенного количества осадков соответствуют многоводные фазы, а фазам пониженного количества осадков – маловодные фазы.

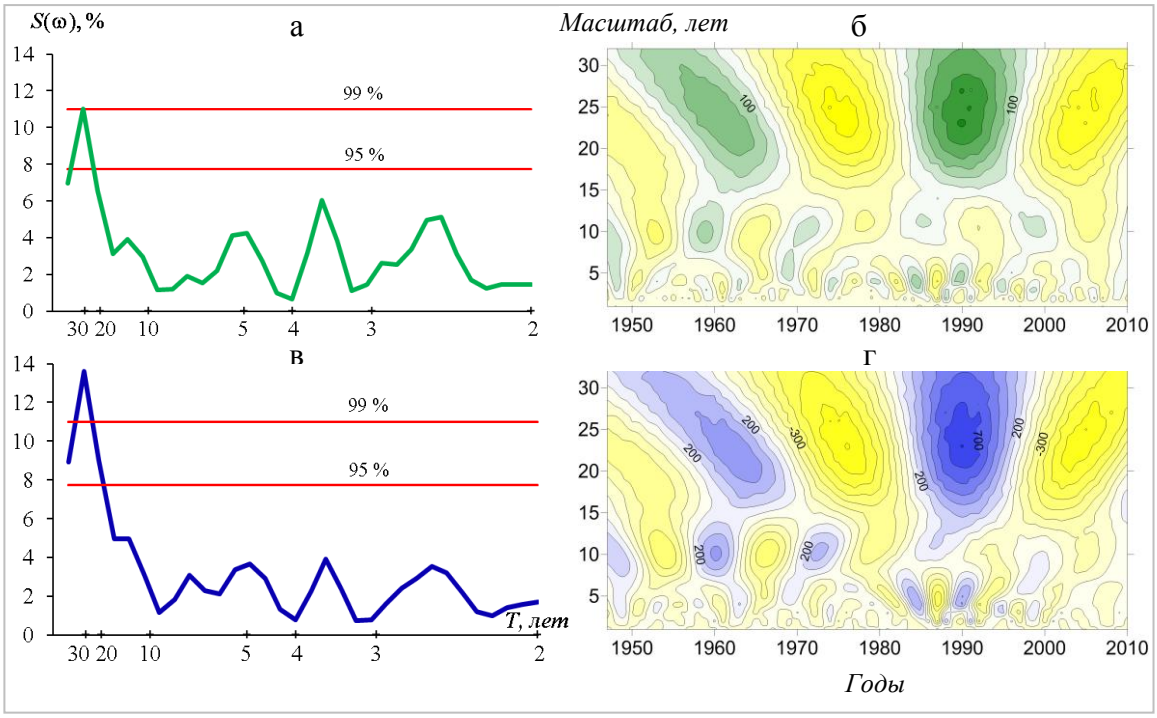

Рис. 11. Оценки спектральной плотности и вейвлет-спектры многолетних изменений годовых сумм атмосферных осадков (а, б) и стока р. Шилки (в, г)

Несколько меньшей согласованностью характеризуются межгодовые изменения стока и осадков в бассейнах Енисея и Лены.

При стабильности средних значений стока, тем не менее, обращает на себя внимание увеличение его изменчивости. В створе р. Шилка – г. Сретенск коэффициент вариации стока возрос от 0,30 в цикле 1906-1931 гг. до 0,50 в цикле 1983-2007 гг., т.е. в 1,6 раза. На р. Селенге у разъезда

Мостового он увеличился в 1,8 раза с 0,16 до 0,29 от цикла 1936-1958 гг. к циклу 1982-2007 гг.

В связи с увеличением изменчивости стока представляется более информативным раздельное построение трендов в многоводные и маловодные периоды. Рассмотрение тенденций отдельно в многоводные и маловодные периоды показало, что они имеют разные знаки (рис. 12). В многоводные периоды речной сток увеличивается, а в маловодные – уменьшается. Выявленные тренды многолетних изменений речного стока указывают на возрастание его экстремальности.

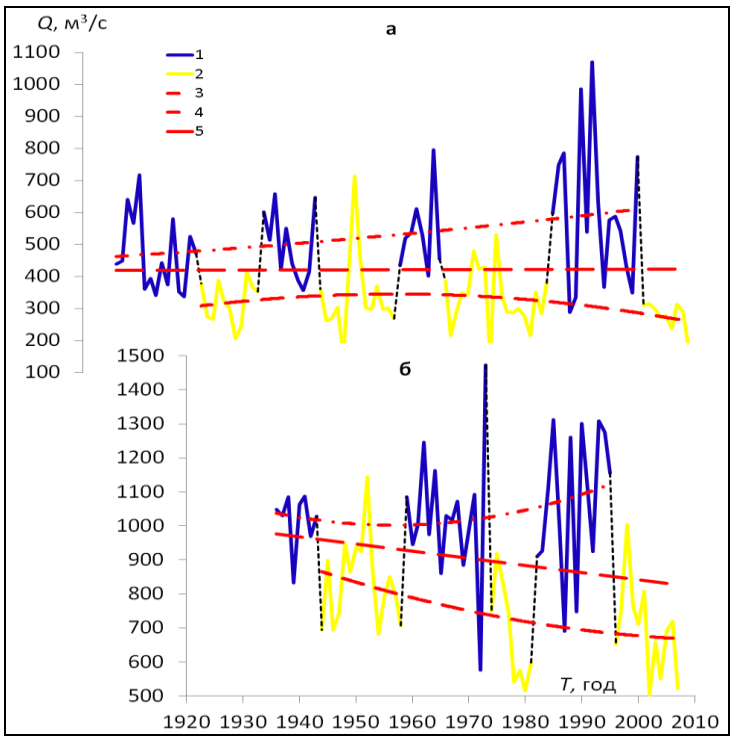

Рис. 12. Тенденции многолетних изменений стока р. Шилки у г. Сретенска (а) и р. Селенги у разъезда Мостового (б) в многоводные и маловодные фазы циклов
1 - многоводные фазы; 2 - маловодные фазы; 3 - полиномиальный тренд многоводных фаз; 4 - полиномиальный тренд маловодных фаз; 5 - линейный тренд общего ряда

В связи с преобладанием в структуре межгодовых колебаний стока внутривековой цикличности прогноз будущих изменений стока должен основываться на их закономерностях. Для этих целей использован динамико-адаптивный метод. Прогноз осуществлялся по данным наиболее длительных рядов рек Шилка и Селенга, бассейны которых занимают значительную часть Забайкалья. В результате полного перебора выбрана наиболее строгая циклическая траектория, длительность непересекающихся выборок которой составили на обеих реках 13 лет. Такая траектория соответствует средней продолжительности циклов равной 26 годам, что хорошо согласуется с результатами анализа цикличности. Расчет показал, что водность рек до 2020-х гг. будет повышенной, т.е. будут преобладать годы со средним годовым стоком, превышающим норму.

Частота возникновения максимальных расходов воды редкой повторяемости в последнюю многоводную фазу, отмечавшуюся с середины 80-х до конца 90-х годов XX века, на многих реках Забайкалья увеличилась, что является следствием общего увеличения стока в многоводные периоды. В бассейне Амура наибольший максимальный расход воды за весь период

наблюдений более чем в 70% створов приходится именно на эти годы. Второй и третий по величине расходы воды встречались в 52% и 65% створах соответственно. В 80% створов по 3 или 4 расхода из этого периода входили в пятерку максимальных расходов, имеющих наименьшую обеспеченность. Например, на р. Шилке у г. Сретенска в пятерку максимальных расходов, имеющих наименьшую обеспеченность, вошли 3 расхода из последнего многоводного периода, и наибольший за весь период наблюдений расход также приходится на этот период.

Наиболее высокие показатели повторяемости максимальных расходов последней многоводной фазы в числе значений наименьшей обеспеченности отмечены в бассейне Лены. В семи из девяти исследованных рядов наибольший расход приходится на указанный период. Пять максимальных расходов этих лет в створе р. Витим – п. Калакан имеют наименьшую обеспеченность.

В бассейне Енисея эти показатели несколько ниже. Первые по величине максимальные расходы приходились на период 80-х – 90-х гг. в 44% створов, вторые и третьи – в 50% и 41% створов соответственно. На Селенге, например, расход из этого периода оказался лишь четвертым по величине. Тем не менее, в десятку наибольших расходов входит 5 расходов из рассматриваемого периода. Как было выявлено при анализе годового стока, его цикличность на разных реках бассейна Енисея часто не совпадает, что и является причиной редкого попадания расходов воды последнего многоводного периода в число расходов наименьшей обеспеченности.

Выявленная закономерность дает основание предполагать, что в наступивший многоводный период, который будет продолжаться до 2020-х гг., вероятность формирования паводков редкой повторяемости возрастет. В связи с чем следует ожидать более частых угроз возникновения катастрофических наводнений.

Даты начала и окончания ледостава на реках Забайкалья, а также его продолжительность за исследуемый период изменились. В среднем по территории даты начала ледостава сдвинулись на 5 дней в сторону более позднего замерзания. Анализ показал, что изменение дат замерзания рек несколько больше зависит от температуры воздуха, чем от стока. Зависимость изменений пространственно осредненных по территории Забайкалья дат начала ледостава от соответствующе осредненных значений температуры воздуха и стока воды характеризуется достаточно высокими коэффициентами корреляции, соответственно 0,80 и 0,68.

Даты окончания ледостава в среднем по Забайкалью сдвинулись на 3 дня в сторону более раннего вскрытия. Изменение дат окончания ледостава, также как его начало, в большей степени зависит от температуры воздуха (***r*** = –0,89), чем от величины стока (***r*** = –0,61).

Изменение дат начала и окончания ледостава, соответственно, привели к изменениям его продолжительности. Уменьшение территориально осредненных величин продолжительности ледостава за полувековой период составило 8 дней. Наибольшая коррелированность его продолжительности

отмечается со средней температурой воздуха за период октябрь-апрель и выражается коэффициентом корреляции равным –0,65. Многолетние их изменения, аппроксимированные полиномом третьей степени, имеют противоположные тенденции.

Наметившаяся тенденция замедления роста температуры воздуха или даже ее понижение в ближайшие 15-20 лет будет способствовать прекращению дальнейшего смещения дат установления ледостава на более поздние сроки, а его разрушения на более ранние сроки.

Максимальная толщина льда на большинстве рек за 50-летний период уменьшилась. Ее изменение, в общем, согласуется с изменениями температуры воздуха. Наибольшая согласованность характерна для изменений максимальной толщины льда и средней температуры за период октябрь-март. Согласованность пространственно осредненных межгодовых изменений температуры воздуха и максимальной толщины льда характеризуется коэффициентом корреляции равным –0,76.

Повышение температуры воздуха проявилось не только в изменениях максимальной толщины льда. Анализ ее декадных значений за два периода: 1958/59 – 1987/88 и 1988/89 – 2006/07 годы, отличающихся по температуре воздуха, показал, что практически во всех исследованных створах толщина льда стала меньше в течение всего ледостава. Кроме общего уменьшения толщины льда изменились и даты наступления его максимальных значений. В среднем по Забайкалью эти даты сместились на более ранние сроки на одну декаду.

Величина стока в зимний период на подавляющем большинстве рек Забайкалья практически полностью определяется предшествующим увлажнением. Соответственно, все закономерности межгодовых изменений, присущие годовому стоку, характерны и для зимнего стока, в том числе превалирование цикличности над многолетними трендами.

Существенная зависимость зимнего стока от предшествующего увлажнения затушевывает влияние на него изменений, вызванных потеплением. С целью исключения влияния летне-осеннего стока зимний сток представлен в относительных величинах – в долях от годового стока.

Доля зимнего стока, осредненная по территории Забайкалья, за 50-летний период увеличилась. Ее увеличение составило около 1 % годового объема стока или 20 % объема зимнего стока. Анализ многолетних тенденций доли зимнего стока в отдельных створах показал, что в большинстве из них она возросла. В многолетних изменениях территориально осредненных значений доли стока и температуры воздуха в зимний период выявлены общие черты. Повышенным температурам в 1990-х – 2000-х годах соответствуют бóльшие по сравнению с предыдущим периодом доли зимнего стока. Несмотря на то, что коэффициент корреляции между температурой и долей стока не достоверен при 5%-ном уровне значимости ($\boldsymbol{r}$ = 0.21), согласованность между их полиномиальными трендами практически функциональна ($\boldsymbol{r}$ = 0.999).

Однако температура воздуха непосредственно не влияет на величину стока. Такая тесная связь обусловлена воздействием температуры воздуха на температуру грунтов и ледовый режим. Повышение температуры верхнего слоя грунта и смещение на более поздние сроки дат перехода ее значений через 0 ^{o}C обусловили увеличение разгрузки бассейновых запасов воды в реки. Уменьшение толщины льда способствовало увеличению пропускной способности русел рек. Оба эти фактора определили повышение доли зимнего стока. Тем не менее, объем стока в период ледостава в первую очередь зависит от предшествующего увлажнения и это указывает на то, что абсолютные его значения будут изменяться в соответствии с изменениями летне-осеннего стока.

В изменениях уровней воды озер Забайкалья длительных тенденций выявить не удалось. Для бессточных и периодически сточных озер характерной чертой межгодовых колебаний уровня является внутривековая цикличность, которая обусловлена режимом атмосферных осадков. В изменениях водности проточных озер она выражена слабее. В связи с прогнозируемым увеличением осадков в период до 2020-х гг. следует ожидать рост уровней воды бессточных и периодически сточных озер.

Изменения климата проявились в термическом и ледовом режиме озер Забайкалья повышением температуры воды летнего периода, увеличением количества дней с температурой воды более 10 ^{o}C, уменьшением продолжительности периода с ледовыми явлениями, уменьшением толщины льда.

В пятой главе представлены результаты оценки воздействия изменений климатических параметров на урожайность сельскохозяйственных культур и пожарную опасность лесов.

Рост температуры воздуха привел к увеличению продолжительности вегетационного периода на всей территории Забайкалья (рис. 13). Наибольшее его увеличение, превысившее 10 дней, произошло в центральных, южных, юго-восточных районах, а также в бассейне р. Селенги и районах, прилегающих к оз. Байкал севернее ее устья. Бóльшая часть этой территории относится к земледельческой зоне Забайкалья.

Суммы активных температур ($\boldsymbol{t}$ > 10 °C) за период с 1951 по 2010 гг. на большей части территории увеличились на 150 ÷ 350 °C. Больше чем на 350 °C они возросли в юго-восточных районах и на севере Байкала. Меньше 150 °C приросла сумма температур в Западном и Северном Забайкалье. В целом пространственное распределение трендов сумм активных температур аналогично распределению трендов средней температуры теплого периода. Между многолетними изменениями $\boldsymbol{\Sigma t}$ >10 °C и средней температуры теплого периода отмечается высокая степень корреляции ($\boldsymbol{r}$ = 0,97).

Оценка многолетних изменений засушливости на территории Забайкалья выполнена по одноименному индексу Д.А. Педя. Многолетний ход этого индекса, рассчитанный за период май – сентябрь, в основном повторяет ход температуры воздуха. Коэффициент корреляции между рядами индекса засушливости и температуры воздуха составляет 0,91.

Подобно температуре воздуха индекс Д.А. Педя в последние два десятилетия растет.

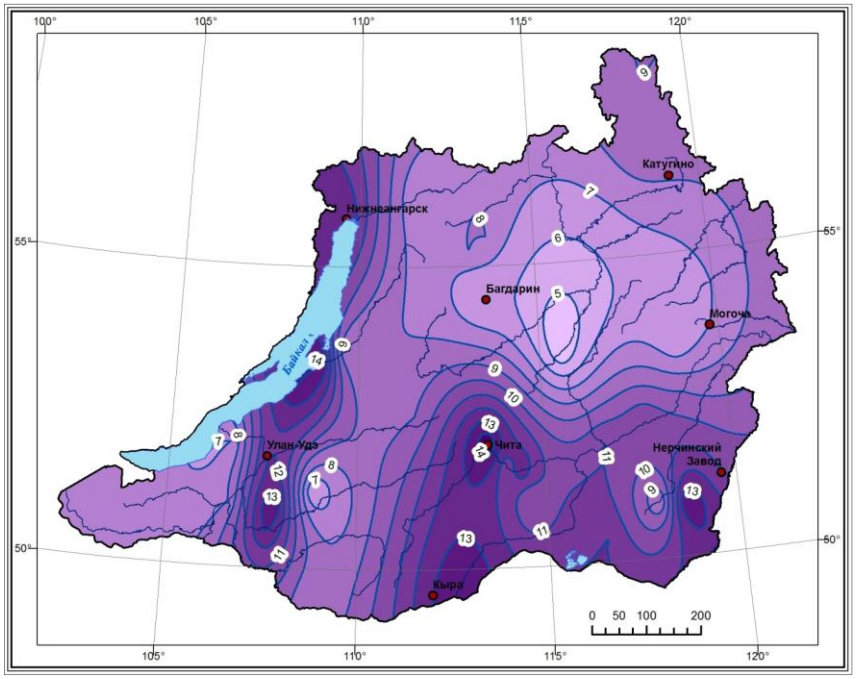

Рис. 13. Изменения продолжительности вегетационного периода в Забайкалье в 1951 – 2010 гг., сут.

Несмотря на существенную зависимость индекса Д.А. Педя от термических условий, тем не менее, значительный вклад в формирование его тенденций вносит и увлажненность. Хотя его зависимость от атмосферных осадков существенно меньше, все-таки коэффициент корреляции между ними статистически значим (***r*** = –0.49). Совпадение фазы пониженной увлажненности, начавшейся в 1999 г., с ростом температуры воздуха обусловило увеличение засушливости территории Забайкалья в начале XXI в.

Многолетний ход гидротермического коэффициента (ГТК) аналогичен ходу атмосферных осадков, а его зависимость от них оценивается коэффициентом корреляции равным 0,90. В последнее десятилетие отмечается уменьшение осредненного по Забайкалью ГТК, что в большей степени связано с уменьшением осадков и в меньшей степени – с увеличением температуры. Коэффициент корреляции между межгодовыми изменениями ГТК и температуры воздуха, хотя и статистически достоверен, но имеет незначительную величину (***r*** = –0.26). Несмотря на снижение в последние годы осредненного по Забайкалью значения ГТК, величина его линейного тренда за период с 1951 по 2010 гг. не значима.

Для межгодовых изменений осредненной по территории Забайкалья величины показателя биологической эффективности климата (БЭК) характерно периодическое чередование его пониженных и повышенных значений. Последняя фаза пониженного показателя БЭК приходится на первое десятилетие XXI столетия. Такой характер многолетних изменений присущ атмосферным осадкам. Зависимость БЭК от осадков очень высока. Коэффициент корреляции зависимости показателя БЭК от них равен 0,91.

Его зависимость от средней температуры теплого периода существенно меньше (***r*** = 0,26).

Многолетние изменения осредненного по территории Забайкалья значения биоклиматического потенциала (БКП), также как и показателя БЭК, во многом повторяют межгодовой ход атмосферных осадков. Его зависимость от их годовых сумм оценивается коэффициентом корреляции равным 0,83. В то время как средняя температура теплого периода оказывает на БКП меньшее влияние (***r*** = 0,43).

Наибольшая зависимость урожайности пшеницы от величины индексов засушливости и гидротермического коэффициента отмечалась в июне. При этом большее влияние на ее урожайность имеет индекс засушливости. Наиболее тесная связь урожайности овса с ГТК имеет место в июле, а с индексами Д.А. Педя – в июне. Урожайность ячменя в большей степени зависит от агрометеорологических условий в июне и июле. В меньшей степени проявляется влияние климатических условий в изменениях урожайности картофеля.

В многолетних изменениях годового количества и площадей лесных пожаров в Забайкальском крае можно выделить два периода: 1) с 1970 по 1997 гг; 2) с 1998 по 2009 гг. В первом периоде количество пожаров существенно не менялось от года к году. Их количество в среднем составляло 500 пожаров в год. С 1998 г ситуация кардинально изменилась. В течение семи лет из двенадцати регистрировалось более 1000 пожаров в год, а средняя их величина составила примерно 1300, т.е. возросла в 2,5 раза. Еще более существенно изменилась площадь, пройденная пожарами. Сравнение площадей за те же периоды показало, что они увеличились почти в 18 раз.

Многолетние изменения средних по территории края значений комплексного метеорологического показателя пожарной опасности лесов В.Г. Нестерова (КМППО) и общего годового количества пожаров и их площадей происходят достаточно согласованно. Коэффициент корреляции между рядами этих величин составляет соответственно 0,51 и 0,41. Период повышенных значений КМППО в конце XX – начале XXI вв. совпадает с периодом наибольшего количества лесных пожаров в Забайкальском крае (рис. 14). Во всех зонах, за исключением Читинской, согласованность межгодовых изменений количества пожаров и КМППО характеризуется статистически значимыми коэффициентами корреляции.

На территории Забайкальского края на протяжении большей части пожароопасного периода (88%) отмечаются I–III классы пожарной опасности (КПО), а среди них в большинстве зон преобладает III класс. Высокая пожарная опасность (IV класс) наблюдается в среднем 18 дней в году, а на чрезвычайную пожарную опасность (V класс) приходится в среднем 3 дня.

Наибольшая согласованность изменений количества пожаров отмечается с количеством дней с IV классом пожарной опасности. Это можно объяснить тем, что при III классе количество пожаров обычно невелико, а уровень чрезвычайной пожарной опасности (V класс) достигается крайне редко. С высокой степенью согласованности происходят

изменения количества пожаров и с суммой дней, в которые отмечался IV–V и III–V КПО. Корреляция пожаров с ними нередко выше, чем с количеством дней, в которые отмечался IV класс.

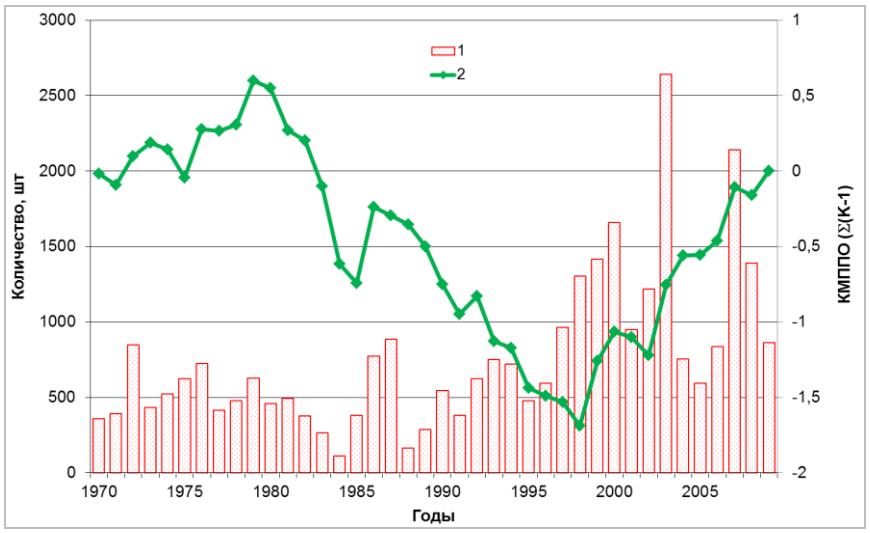

Рис. 14 Многолетние изменения годового количества лесных пожаров (1) и КМППО (2)

Основным метеорологическим фактором, определяющим потенциальную пожарную опасность лесов, являются атмосферные осадки. Основываясь на фоновом их прогнозе, представленном в главе 2, следует ожидать, что в период до 2020-х гг. потенциальная пожарная опасность лесов будет относительно низкой, сравнимой с той, что имела место в Забайкальском крае до 1998 г.

Преобладание лесных пожаров в некоторых зонах, большее их увеличение в этих зонах по сравнению с другими, отсутствие в Читинской зоне связи количества пожаров с величиной КМППО указывает на возможную антропогенную обусловленность их возникновения. С целью проверки данной гипотезы выполнена оценка зависимости количества пожаров от плотности населения, проживающего в этих районах. Оценка показала, что эта зависимость близка к функциональной. Чем больше населения проживает на данной территории, тем больше на ней возникает лесных пожаров.

Основываясь на зависимостях некоторых природных и природно-антропогенных систем от изменений климата, полученных в результате проведенных исследований, а также на прогнозах изменений климата и режима водных объектов Забайкалья, выработаны рекомендации органам власти по учету этих изменений в планировании социально-экономического развития регионов.

Заключение

1. Температура воздуха на территории Забайкалья повышается с середины XIX в. За период с 1951 по 2010 гг. в разных его районах ее средние годовые значения увеличились на 1,2 ÷ 2,7 ^{o}C. Межгодовые колебания температуры имеют циклический характер и происходят

согласованно с ее глобальными изменениями, однако превосходят их по темпам роста в два с половиной раза. Наибольший вклад в изменчивость температуры вносит квазишестидесятилетний ритм, который проявляется не только в Забайкалье, но и в Северном полушарии в целом. В этом цикле минимум температуры воздуха приходится на начало 1970-х гг., после чего до начала 2000-х гг. происходило потепление, т.е. восходящая ветвь естественного ритма совпала с периодом наиболее интенсивного роста температуры последних десятилетий.

2. В ближайшие 15-20 лет следует ожидать замедление повышения или даже понижение температуры воздуха в Забайкалье в холодной фазе квазишестидесятилетнего ритма. В последующие годы вероятно новое активное потепление в результате совпадения восходящей ветви квазишестидесятилетнего ритма и многолетней тенденции.

3. В межгодовых изменениях атмосферных осадков на территории Забайкалья практически отсутствуют долговременные однонаправленные тенденции. Тренды обладают временнóй неустойчивостью. Причиной этого является присущий атмосферным осадкам циклический характер их колебаний. Чередование влажных и сухих периодов определяет знак и величину тенденций. Наибольшую значимость в колебаниях годовых сумм осадков на большей части территории Забайкалья имеют внутривековые ритмы, продолжительностью около 30 лет. В период до 2020-х гг. ожидается повышенный фон атмосферных осадков.

4. Многолетние изменения температуры в Забайкалье в значительной степени обусловлены изменчивостью параметров общей циркуляции атмосферы, среди которых наибольшее влияние оказывают телеконнекционные индексы AO и SCAND, положение планетарной высотной фронтальной зоны, повторяемость форм атмосферной циркуляции W и E по классификации Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса. Потепление в 1970-х – 1990-х гг., последующая его приостановка и наметившаяся тенденция похолодания могут быть объяснены воздействием макроциркуляционных механизмов.

5. Многолетние изменения атмосферных осадков в Забайкалье менее согласованы с изменениями параметров крупномасштабной циркуляции атмосферы, чем изменения температуры воздуха. На изменчивость осадков большее влияние оказывают региональные факторы.

6. Преобладание в многолетнем режиме годового стока рек внутривековой цикличности обусловливает неустойчивость трендов во времени и отсутствие длительных однонаправленных тенденций. Вместе с тем выявлены разнонаправленные его изменения в различные по водности фазы цикла: сток многоводных периодов повышается, а маловодных снижается. При этом возрастает, соответственно, его изменчивость и экстремальность. Водность рек Забайкалья до 2020-х гг. будет повышенной, что наряду с тенденцией увеличения стока в многоводные фазы обусловит формирование паводков редкой повторяемости и, соответственно, возникновение более частых угроз катастрофических наводнений.

7. Повышение температуры воздуха в Забайкалье в зимний период привело к уменьшению за полувековой период продолжительности ледостава в среднем на 8 дней и толщины льда на большинстве рек в пределах от 4 до 32 %. Влияние изменений толщины льда и, вероятно, промерзания грунтов на водосборах проявилось в увеличении доли зимнего стока и его величины относительно предшествующего увлажнения. В ближайшее десятилетие существенных изменений в ледовом режиме происходить не будет.

8. Изменения климата проявились в термическом и ледовом режиме озер повышением температуры воды, уменьшением продолжительности периода с ледовыми явлениями, уменьшением толщины льда. Предполагаемое в ближайшие годы увеличение атмосферных осадков и речного стока обусловят рост уровней воды бессточных и периодически сточных озер Забайкалья.

9. Ресурсы тепла в вегетационный период на территории Забайкалья возросли, в то время как в изменении ресурсов влаги отмечается чередование периодов ее повышенных и пониженных значений. Рост теплообеспеченности территории способствует с одной стороны увеличению вегетационного периода, а с другой – повышению засушливости. Наступление очередной фазы повышенной увлажненности приведет к уменьшению индекса засушливости, повышению ГТК, показателя БЭК и БКП, что будет способствовать улучшению агроклиматических условий. Урожайность сельскохозяйственных культур в Забайкалье, находящаяся в значительной степени под влиянием недостаточности увлажнения территории, с его увеличением в ближайшее десятилетие повысится.

10. В период с 1998 по 2009 гг. на большей части территории Забайкальского края произошло увеличение количества лесных пожаров, что вызвано в основном повышением КМППО, обусловленном уменьшением атмосферных осадков и усиливающимся ростом температуры воздуха. Однако природные факторы определяют лишь потенциальную пожарную опасность лесов. Количество пожаров зависит в большей степени от антропогенных факторов. В период до 2020-х гг. ожидается уменьшение КМППО в связи с прогнозируемым повышением увлажненности территории.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, рекомендуемых перечнем ВАК РФ

1. Связь колебаний водности озер степной зоны Забайкалья с многолетними гидрометеорологическими изменениями на примере Торейских озер // Известия РГО. 1994. Вып. 5. С. 48-54.
2. Пространственно-временная изменчивость атмосферных осадков в Юго-Восточном Забайкалье // Известия РГО. 1996. Вып. 2. С. 73-80.
3. Многолетние изменения температуры воздуха в Юго-Восточном Забайкалье // Известия РГО. 1996. Вып. 3. С. 66-73.
4. Многолетние колебания стока рек Юго-Восточного Забайкалья // Известия РГО. 1998. Вып. 3. С. 72-77.

5. Изменение увлажненности бассейна верхнего Амура в XX веке // Доклады академии наук. 1999. № 4, т. 366. С. 547-548.

6. Вековые тенденции изменений климата на юго-востоке Забайкалья и в сопредельных районах Китая и Монголии // Метеорология и гидрология. 1999. № 10. С. 33-40.

7. 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. (соавторы Мещерская А.В., Богданова Э.Г., Мирвис В.М. и др.)

8. Адаптация к изменениям климата: региональный подход // География и природные ресурсы. 2010. № 2. С. 34-39.

9. Изменения климата в междуречье Аргуни и Онона в контексте глобального потепления // Вестник ЧитГУ. 2011. № 7 (74). С. 78-85.

10. Гидрологический режим озер Забайкалья в условиях меняющегося климата (на примере Ивано-Арахлейских озер) // Водное хозяйство России. 2011. № 3. С. 4 – 15.

11. Зависимость изменений химического состава воды рек Забайкальского края от величины речного стока // Вестник ЧитГУ. 2011. № 8 (75). С. 97-103. (соавтор Жулдыбина Т.В.)

12. Многолетний режим стока рек Забайкалья: анализ и фоновый прогноз // Водное хозяйство России. 2012. № 1. С. 63 – 72. (соавтор Смахтин В.К.)

13. Влияние изменений метеорологических условий на лесопожарную обстановку в Забайкальском крае // Метеорология и гидрология. 2012. № 6. С. 27-35.

14. Тенденции многолетних изменений речного стока в Забайкалье в многоводные и маловодные периоды // Доклады Академии наук. 2013. Том 450. № 6. С. 713-716.

15. Влияние изменений климата на речной сток в зимний период в Забайкалье // Метеорология и гидрология. 2013. № 7. С. 95-102. (соавтор Смахтин В.К.)

Монографии

16. Энциклопедия Забайкалья. Читинская область. Том 1. Общий очерк. – Новосибирск: Наука. 2000. 302 с. (соавторы Аленочкин В.А., Багова В.З., Баева В.В. и др.)

17. Алханай: природные и духовные сокровища. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 280 с. (соавторы Итигилова М.Ц., Синица С.М., Стрижова Т.А. и др.)

18. Вода России. Малые реки. – Екатеринбург: Аква-Пресс, 2001. 804 с. (соавторы Черняев А.М., Дальков М.П., Прохорова Н.Б. и др.)

19. Ивано-Арахлейский заказник: природно-ресурсный потенциал. – Чита: Поиск, 2002. 232 с. (соавторы Стрижова Т.А., Абрамов Б.Н., Мальчикова И.Ю. и др.)

20. Ландшафтное и биологическое разнообразие бассейна реки Хилок: опыт изучения и управления. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 308 с. (соавторы Мальчикова И.Ю., Итигилова М.Ц., Макаров В.П. и др.).

21. Adaptation to climate change in river basins of Dauria: ecology and water management. – Beijing: People`s Daily Ppress, 2013. 104 p. (соавторы Simonov E., Goroshko O., Egidarev E. et al.)

22. Ивано-Арахлейские озера на рубеже веков (состояние и динамика). – Новосибирск: изд-во СО РАН, 2013. 337 с. (соавторы Итигилова М.Ц., Пронин Н.М., Юргенсон Г.А. и др.)

23. Современные проблемы экологической безопасности трансграничных регионов – Новосибирск: Наука, 2013. 320 с. (соавторы Афонин А.В., Гагаркина С.В., Глазырина И.П. и др.)

Другие публикации

24. Закономерности увлажнения степной зоны и их влияние на минерализацию озер // Материалы международной конференции “Комплексное изучение аридной зоны Центральной Азии”. Ч.2. – Кызыл: 1994. С. 40-47.

25. Климатические ресурсы Читинской области // Материалы научной конференции «Природные ресурсы Забайкалья и проблемы природопользования». – Чита: 2001. С. 85-86. (соавтор Сницаренко Н.И.)

26. Климатические и антропогенные изменения стока рек бассейна верхнего Амура и их учет в инженерных расчетах // Пути решения проблем Прибайкалья и Забайкалья. Труды Восточно-Сибирского отделения Академии проблем водохозяйственных наук, вып. 1. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2002. С. 56-63. (соавторы Зима Л.Н., Заслоновский В.Н.)

27. Изменения климата Забайкалья в приграничных районах с Монголией //Regional climate change // Workshop proceedings. – Ulaanbaatar, 2002. p. 16-23.

28. Изменения уровня Торейских озер и гнездящиеся континентальные околоводные птицы // Наземные позвоночные Даурии. Сборник научных трудов государственного природного биосферного заповедника «Даурский». Вып. 3 – Чита: Поиск, 2003, С. 44-59. (соавтор Ткаченко Е.Э.)

29. Уровенный режим озер // Материалы международного симпозиума «Изменения климата и окружающей среды Центральной Азии». – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2003. С. 50-53.

30. Changes of air temperature on north periphery in steppe zone // The Sixth International Workshop proceeding on Climate Change in Arid and Semi-Arid Region of Asia. – Ulaanbaatar: 2004. p. 23-26

31. Изменения температуры воздуха и увлажненности территории Забайкалья и приграничных районов Китая // Материалы международной конференции «Природоохранное сотрудничество Читинской области (Российская Федерация) и Автономного района Внутренняя Монголия (КНР) в трансграничных экологических регионах» – Чита: Изд-во Забакал. гос. гум.-пед. ун-та, 2007, с. 247-250.

32. Изменения климата в Забайкалье // Материалы XIII научного совещания географов Сибири и Дальнего Востока. - Т. 2. - Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2007. с. 97-98.

33. Криолитозона Забайкалья в условиях глобального изменения климата: проблемы и приоритетные задачи исследования //Материалы международного симпозиума «Изменение климата Центральной Азии: социально-экономические и экологические последствия». – Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2008. с. 46-52. (соавторы Шестернев Д.М., Еникеев Ф.И., Чупрова А.А.).

34. Региональные изменения климата: выработка стратегий адаптации // Материалы международного симпозиума «Изменение климата Центральной Азии: социально-экономические и экологические последствия». – Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2008. с. 182-184.

35. Влияние изменений климата на гидрологический режим рек бассейна реки Онон // Материалы научной конференции «Эволюция биогеохимических систем (факторы, процессы, закономерности) и проблемы природопользования» и симпозиума «Геоэкологические, экономические и социальные проблемы природопользования» – Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2011. с. 195-197. (соавтор Смахтин В.К.).

36. Увеличение изменчивости речного стока как фактор, повышающий экологические риски // Материалы III Всероссийской научной конференции «Экологический риск и экологическая безопасность» Т. 1. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2012. С. 108-110.

37. Пожарная опасность лесов Забайкалья в условиях меняющегося климата // Материалы III Всероссийской научной конференции «Экологический риск и экологическая безопасность» Т. 1. - Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2012. С. 244-246.

38. Influence of climate change on wildlife in the Daurian ecoregion // Eurasian Steppes. Ecological Problems and Livelihoods in a Changing World. Marinus J.A. Werger & Marja A. Van Staalduinen (eds). Springer Science+Business Media B.V. 2012. – p. 397-424. (соавторы Kirilyuk V.E., Tkachuk T.E., Kirilyuk O.K.).

39. Многолетние изменения приземной температуры в Забайкалье // Материалы международной научной конференции «Региональный отклик окружающей среды на глобальные изменения в Северо-Восточной и Центральной Азии» Т. 1. - Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2012. С. 232-234.

40. Изменение климата и гидрологического режима рек и озер в Даурском экорегионе // Проблемы адаптации к изменению климата в бассейне рек Даурии: экологические и водохозяйственные аспекты. – Чита: Экспресс-изд-во, 2012. С. 24 – 45.

41. Изменение климата в бассейне реки Аргунь // Природоохранное сотрудничество в трансграничных экологических регионах: Россия – Китай – Монголия. – Чита , 2012. С. 70 – 76. (соавтор Носкова Е.В.).

42. Изменения агроклиматических ресурсов Забайкалья в условиях глобального потепления // Труды Второй всероссийской научной конференции с международным участием «Окружающая среда и устойчивое развитие регионов». Т. 2. – Казань: Изд-во «Отечество», 2013. С. 10-12 (соавтор Носкова Е.В.).