

**ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА ЗАБАЙКАЛЬЯ
ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА ПО ДАННЫМ
НАБЛЮДЕНИЙ И ОЖИДАЕМЫЕ ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ
В ПЕРВОЙ ЧЕТВЕРТИ XXI ВЕКА**

*А. В. Мещерская¹, В. А. Обязов², Э. Г. Богданова¹,
В. М. Мирвис¹, Б. М. Ильин¹, Н. И. Сницаренко²,
М. П. Голод¹, А. А. Смирнова¹, А. И. Обязова²*

¹ Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова
194021 Санкт-Петербург, ул. Карбышева, 7
e-mail: avmeshcher@mail.ru

² Забайкальское УГМС
672038 Чита-38, ул. Новобульварная, 165
e-mail: zabugms@mail.chita.ru

Поступила в редакцию 15.10.2008

Введение

В 2008 г. опубликован «Оценочный доклад об изменениях климата и их последствий на территории Российской Федерации» (Оценочный доклад, 2008). В первом томе этого доклада (глава 3) приведены обобщающие материалы, характеризующие по эмпирическим данным изменения большого числа гидрометеорологических величин на территории России преимущественно во второй половине XX века.

Публикация этого климатического обобщения не исключает дополнительного анализа региональных изменений климата, который позволяет привлечь большой объем информации и учесть особенности местных условий. В приведенных ниже результатах анализа изменений климата Забайкалья корректировка касается изменений скорости ветра, осадков, облачности и снежного покрова.

Характерные черты климата Забайкалья хорошо известны и рассмотрены в многочисленных публикациях. Предметом данной работы является, прежде всего, не климат Забайкалья, а его изменения за период с 1936 по 2007 г. и более короткие периоды.

В работе использованы данные десяти длиннорядных метеорологических станций, равномерно расположенных по террито-

рии Читинской области и Республики Бурятия. Массив исходных данных включал суточные и срочные данные за 1936—2000 гг., подготовленные во ВНИИГМИ—МЦД (Разуваев и др., 1995), а также данные месячного и сезонного осреднения, продленные для большинства метеорологических величин до 2007 г. Анализ изменения характеристик снежного покрова выполнен по данным наблюдений 48 метеорологических станций.

Оценки изменения климатических характеристик получены путем расчета и анализа линейных трендов.

1. Изменения температурного режима

Согласно оценочному докладу (Оценочный доклад, I том, 2008), Забайкалье, наряду с другими районами Восточной Сибири и Северо-Западом европейской части России (ЕЧР) относятся к регионам с наиболее значительным повышением температуры воздуха за последние десятилетия. Однако хорошо известно, что количественные оценки изменения температуры воздуха существенно зависят от сезона и длины рассматриваемого периода.

В тщательно выполненной по суточным данным работе (Мирвис, 1999) показано, что в течение XX столетия на территории России в годовом цикле статистически значимый максимум потепления пришелся на март — апрель и декабрь — начало января. Однако более общепринято мнение (Груза, Ранькова, 2003), что, по крайней мере, во второй половине XX века наибольшее потепление климата на территории России наблюдалось зимой. Применительно к последнему 30-летнему периоду этот вывод частично изменился (Оценочный доклад, I том, 2008). Если на ЕЧР максимальное потепление по-прежнему приходится на зимние месяцы, то в Сибири (кроме Приамурья и Приморья) наибольшее повышение температуры воздуха произошло весной и летом. Это подтверждает рис. 1, на котором приведены временные ряды зимней, летней и среднегодовой температуры воздуха в Чите за 1891—2007 гг. и за период с 1988 по 2007 г. За длинный ряд лет повышение температуры воздуха составило 2,8 °С зимой, 0,6 °С летом и 1,6 °С за год. Однако за двадцатилетие — с 1988 по 2007 г. — повышение зимней температуры воздуха замедлилось. Увеличение среднегодовой температуры воздуха в Чите на 0,8 °С за этот короткий период в основном определялось резким повышением летней температуры воздуха — на 2,3 °С.

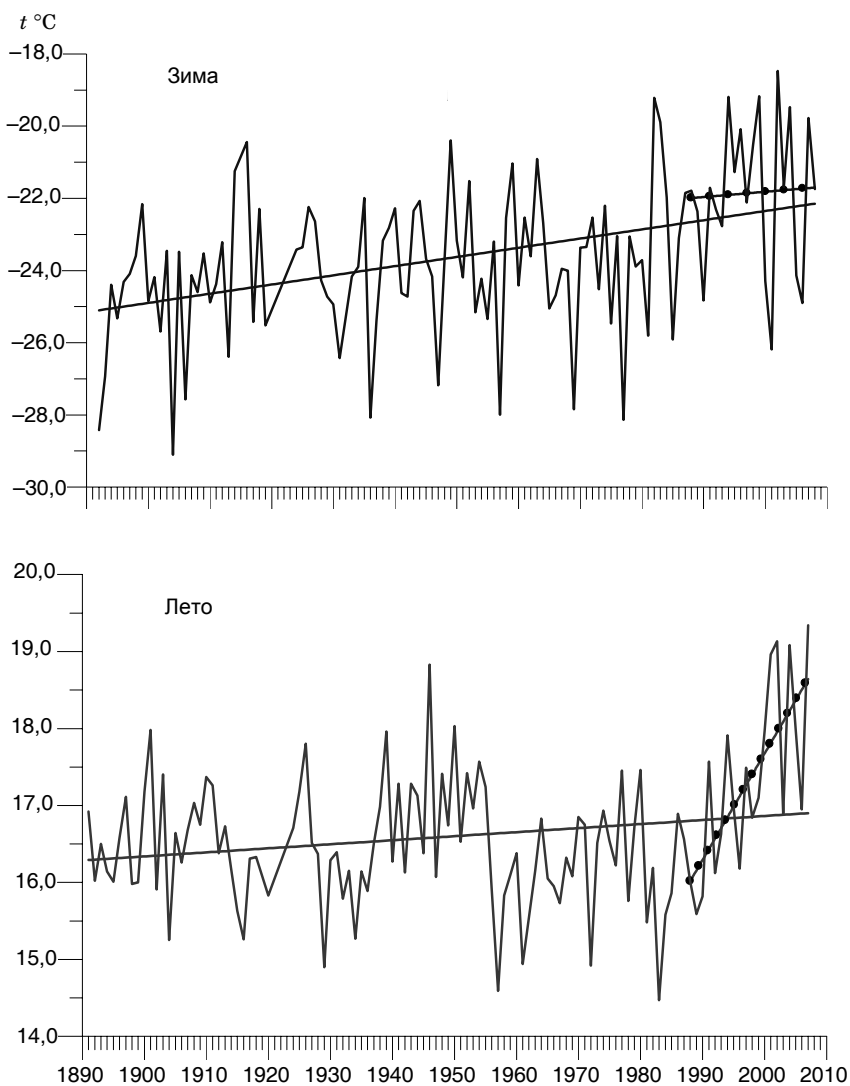


Рис. 1. Временные ряды зимней (декабрь—февраль), летней (июнь—август) и средней годовой температуры воздуха за 1891—2007 гг. и линейные тренды этих рядов за весь период и за 1888—2007 гг. в Чите.

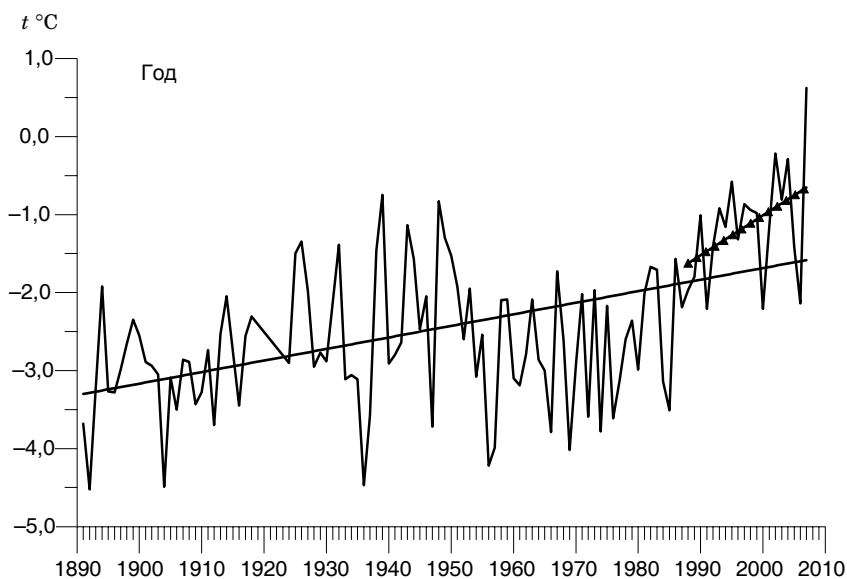


Рис. 1. Продолжение.

На рис. 2 представлено изменение температуры воздуха в Чите и Улан-Удэ по месяцам годового цикла. Повышение температуры воздуха произошло во все месяцы года. За рассматриваемый 33-летний период наиболее выражено потепление в феврале: на 4,8 °C в Чите и на 4,1 °C в Улан-Удэ. Наименьшее повышение температуры отмечается в ноябре и декабре (на 0,7—0,8 °C). В Чите изменения температуры воздуха статистически значимы во все месяцы, кроме ноября и декабря. Анализ изменения температуры воздуха по другим станциям Забайкалья можно найти в работе Обязова (1996а).

Помимо изменений средних значений температуры воздуха, рассмотрены изменения экстремальных значений суточных минимумов температуры воздуха. На рис. 3 приведены абсолютные минимумы температуры воздуха (кривые 1 и 2) и абсолютные максимумы минимальной температуры воздуха (кривые 3 и 4) в Чите для каждых суток года, выбранные по данным 30-летия с 1961 по 1990 г. (кривые 1 и 3) и 9-летия с 1998 по 2006 г. (кривые 2 и 4).

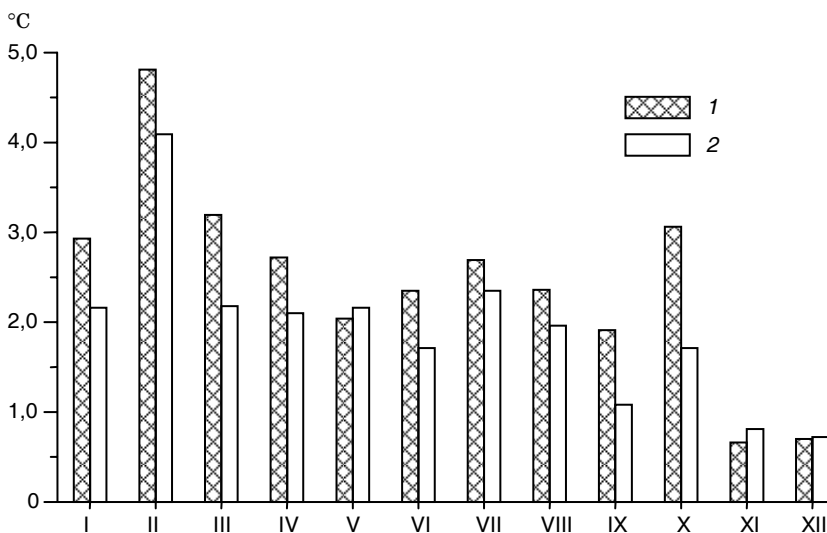


Рис. 2. Изменение температуры воздуха (°C) за 1975—2007 гг. в Чите (1) и Улан-Удэ (2) по месяцам годового цикла.

В совокупности кривые 1, 3 и 2, 4 характеризуют изменения размаха распределения минимальных температур воздуха за 30-летний и 9-летний периоды. Все четыре кривые аппроксимированы 15-суточными скользящими средними.

Из рис. 3 видно, что для всех дней года абсолютные суточные минимумы из 30-летнего периода (см. кривую 1) всегда ниже абсолютного минимума из последнего 9-летия (см. кривую 2). Это является еще одним свидетельством потепления климата Забайкалья, хотя определенную роль может играть разная длина периодов.

Что касается абсолютных максимумов минимальной температуры воздуха, то для обоих рассмотренных периодов они различаются мало (см. кривые 3 и 4).

С практической точки зрения представляет интерес изменение дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0, 5 и 8 °C весной и осенью и изменение продолжительности теплого периода с температурой воздуха устойчиво выше 0 °C, вегетационного периода с температурой воздуха устойчиво выше 5 °C и отопительного периода с температурой воздуха ниже 8 °C. Мето-

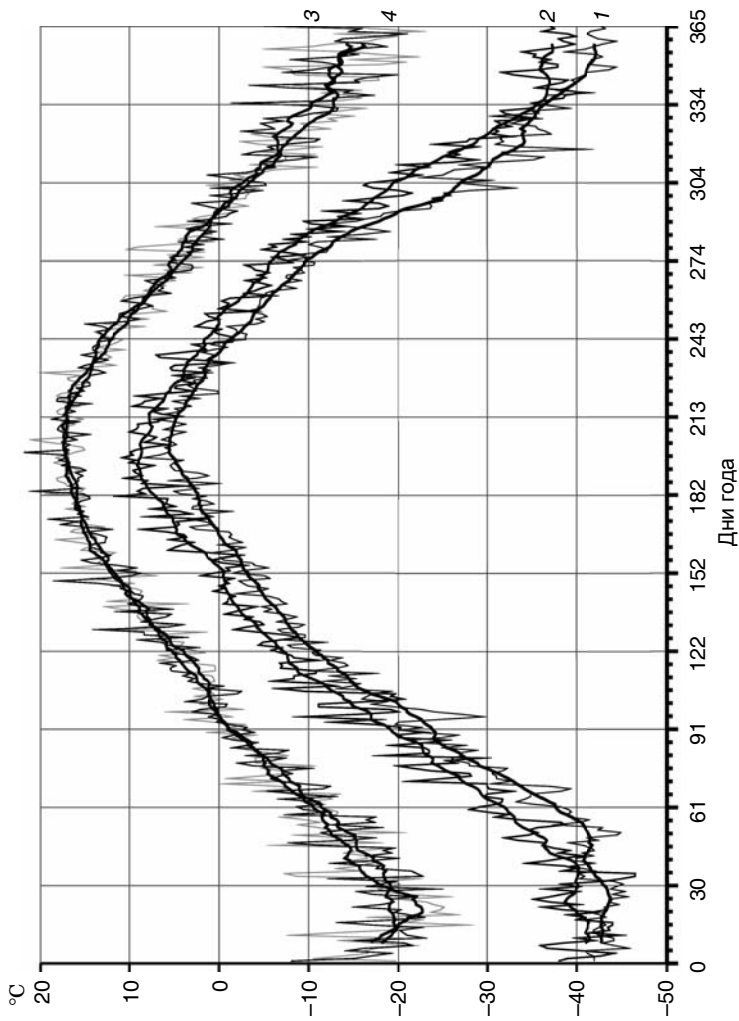


Рис. 3. Годовой ход экстремальных значений суточных минимумов температуры воздуха, наблюдавшихся в Чите в периоды 1961—1990 и 1998—2006 гг.
 1 и 2 — абсолютные минимумы температуры воздуха за 1961—1990 гг. (1) и 1998—2006 гг. (2), 3 и 4 — абсолютные максимумы минимальной температуры воздуха за 1961—1990 гг. (3) и 1998—2006 гг. (4).

дика расчета этих характеристик по суточным данным о температуре воздуха подробно изложена в работе Мирвис и др. (1996).

Оценки изменения продолжительности перечисленных периодов выполнены в двух вариантах. Первый состоял в расчете линейных трендов рядов продолжительности периодов, второй — в расчете разностей средних многолетних значений продолжительности перечисленных периодов за два временных интервала — 10-летие (с 1998 по 2007 г.) и 30-летие (с 1961 по 1990 г.), рекомендованных ВМО для расчета норм метеорологических величин.

Результаты расчетов для Читы и Улан-Удэ приведены в табл. 1. Ее анализ показывает, что за 33 года продолжительность теплого периода увеличилась в Чите на 19 дней, а в Улан-Удэ на 15 дней. Продолжительность вегетационного периода в этих городах выросла на 11 и 10 дней соответственно, а продолжительность периода с температурой воздуха ниже 8 °С уменьшилась на 11 и 12 дней.

Таблица 1

Изменение продолжительности периодов (число дней) со средней суточной температурой воздуха выше 0, 5 °С и ниже 8 °С

Предел, °С	Период					
	1961— 1990, средние	1975—2007			1998— 2007, средние	Разность за 1998— 2007 и 1961— 1990 гг.
		Средние	95 %-ный довер. ин- тервал	Линейный тренд (за 33 года)		
<i>Чита</i>						
>0	182	189	4,0	19	194	12
>5	145	150	2,9	11	154	9
<8	125	128	3,1	-11	135	-10
<i>Улан-Удэ</i>						
>0	191	196	4,6	15	198	7
>5	154	159	3,1	10	162	8
<8	132	135	3,6	-12	140	-8

Примечание. Жирным шрифтом выделены статистически значимые изменения продолжительности периодов заданных пределов.

Оценки разностей продолжительности теплого, вегетационного и отопительного периодов за последние 10 лет и за 30 лет (второй вариант расчетов) соответствуют несколько меньшим, но достаточно близким значениям, полученным в первом варианте расчетов, по крайней мере в Чите (сравните 5-й и 7-й столбцы).

2. Изменение характеристик ветра

Переходя к оценкам изменения ветрового режима на территории Забайкалья, очень кратко остановимся на особенностях годового цикла средней месячной скорости ветра. На всех рассмотренных станциях максимум средней месячной скорости ветра приходится на апрель—май, а минимум — на зимние месяцы. Такой годовой цикл скорости ветра определяется циркуляционными условиями, в частности развитием зимой сибирского антициклона. Известно, что на большей части европейской территории России годовой цикл среднемесячной скорости ветра существенно иной. Он характеризуется максимальной скоростью ветра зимой и минимальной — летом.

В данной работе рассмотрено изменение во времени двух характеристик: среднегодовой скорости ветра и числа штилей. Для количественной оценки этих изменений исходные ряды аппроксимировались прямой и рассчитывалось отношение первого значения тренда к последнему.

За период 1936—2007 гг. скорость ветра уменьшилась на шести из десяти станций, не изменилась на двух и увеличилась также на двух станциях.

На рис. 4 для примера представлены ряды и линии регрессии среднегодовой скорости ветра на станциях Баргузин, Чита и Улан-Удэ. Самое значительное уменьшение скорости ветра за рассматриваемый период произошло на станции Баргузин, где скорость ветра уменьшилась в 3,8 раза, или на 3,1 м/с. Существенно уменьшилась также скорость ветра на станции Кыра: в 2,7 раза, или на 1,6 м/с. В Улан-Удэ скорость ветра уменьшилась в 1,6 раза. Увеличение скорости ветра выявлено только в Чите и в Чаре (в 1,2 раза). К сожалению, данные именно этих двух станций Забайкалья использованы при построении рис. 3.32 из I тома

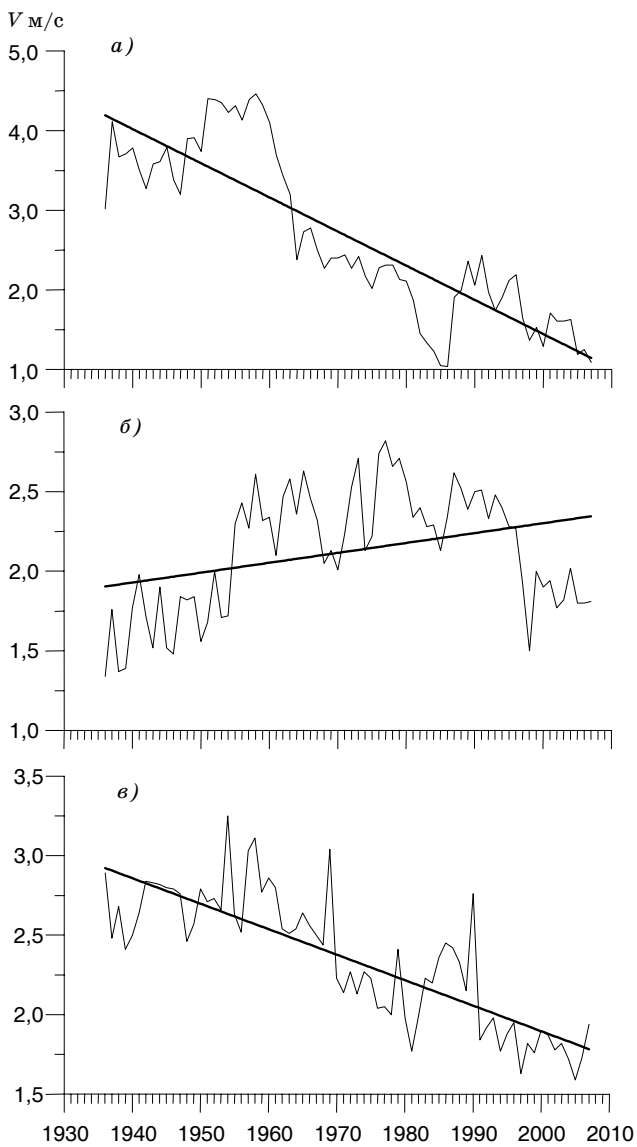


Рис. 4. Средняя годовая скорость ветра.
a — Баргузин, *б* — Чита, *в* — Улан-Удэ.

Оценочного доклада (2008). Для Забайкалья более характерно уменьшение скорости ветра в 1936—2007 гг., а не увеличение.

Следует заметить, что преимущественное уменьшение скорости ветра типично почти для всей территории России, особенно для внутриматериковых районов (Мещерская и др., 2006; Баранова и др., 2007). Причины этой закономерности не совсем ясны. Они не связаны с заменой флюгера на анеморумбометр, поскольку при расчетах трендов показания анеморумбометра приводились к показаниям флюгера, что обеспечивало однородность исходных рядов.

Возможно, уменьшение скорости ветра на территории России произошло вследствие повсеместного падения давления и уменьшения барических градиентов, особенно в области сибирского максимума (Баранова и др., 2007).

Забайкалье, вообще, отличается большим числом штилей. За период с 1936 по 2000 г. среднее число штилей на некоторых станциях близко к 50 % общего числа срочных измерений скорости ветра. К таким станциям относятся Чара (54 %), Могоча (49 %), Троицкий Прииск (48 %). В Чите, Сретенске и Баргузине число штилей близко к 30 %.

Для Забайкалья, как и для всей территории России, характерно уменьшение числа штилей в 1936—2000 гг. Из десяти рассмотренных станций число штилей уменьшилось на восьми. Рекордсменом является Чита, где за указанный период число штилей уменьшилось в пять раз (рис. 5). Почти в два раза уменьшилось число штилей в Борзе, Чаре и Троицком Прииске.

Одна из причин уменьшения числа штилей состоит в замене флюгера на более чувствительный анеморумбометр. Количественные способы приведения флюгерных наблюдений к анемометрическим в части повторяемости штилей пока не разработаны.

Однако «инструментальная» причина уменьшения числа штилей, очевидно, не единственная: замена флюгера на анеморумбометр была осуществлена в конце 60-х — начале 70-х годов прошлого века, а уменьшение числа штилей на некоторых станциях, например в Чите, началось намного раньше (см. рис. 5).

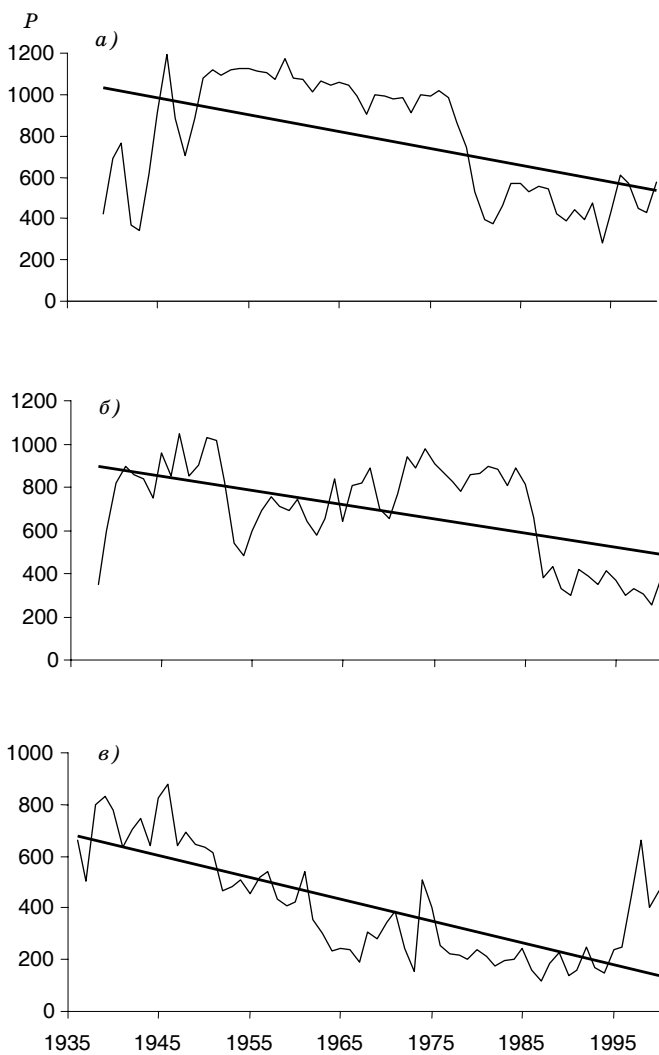


Рис. 5. Число штелей P .
a — Чара, *б* — Троицкий Прииск, *в* — Чита.

Таблица 2

**Годовой цикл среднемесячной скорости ветра (м/с) на станциях
Забайкалья за 1951—2007 гг.**

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Могоча	0,9	1,1	1,9	2,8	2,8	2,1	1,7	1,6	1,8	1,6	1,1	0,8	1,7
Улан-Удэ	1,6	1,6	2,2	3,1	3,0	2,7	2,4	2,2	2,2	2,2	2,1	1,7	2,2
Чара	0,5	0,7	1,4	2,3	2,5	1,9	1,4	1,3	1,5	1,3	0,8	0,5	1,3
Чита	1,2	1,5	2,4	3,4	3,4	2,7	2,2	2,0	2,3	2,2	2,0	1,4	2,2
Борзя	2,0	2,3	3,5	4,7	4,7	3,5	3,0	2,9	3,3	3,3	2,7	2,0	3,2

3. Изменение облачности

Переходя к оценкам изменения облачности в Забайкалье необходимо сделать одно отступление. В архиве ВНИИГМИ—МЦД (Разуваев и др., 1995) результаты срочных наблюдений за облачностью приведены по гринвичскому времени, которое отличается от местного времени в Забайкалье на 8 часов (7-й часовой пояс плюс декретный час). Это обстоятельство учитывалось при выборе сроков наблюдений в Забайкалье таким образом, чтобы они приходились на дневные (12—13 ч) и ночные (24 ч) часы по местному времени.

Расчеты и анализ среднего многолетнего балла облачности (нормы) на станциях Забайкалья по месяцам, за год, а также за теплый и холодный период года с 1936 по 1999 г. выполнены за ночной и дневной сроки наблюдений.

Характерное значение нормы общей облачности в Улан-Удэ и Чите в дневное время составляет 7 баллов в теплый период года и 5—7 баллов в холодный (рис. 6 а). Балл облачности уменьшается с севера на юг. В ночные часы норма на 1—2 балла меньше по сравнению с дневными.

Доля нижней облачности в Улан-Удэ и Чите мала (рис. 6 б), как и на всей территории Забайкалья. Минимальные значения нижней облачности отмечаются ночью в холодную часть года (в Чите норма 0,2—1,0 балл). В теплый период днем характерное значение нормы нижней облачности 4—5 баллов на севере и 3—3,5 балла в центральных и южных районах рассматриваемой территории. В ночные часы нормы нижней облачности несколько

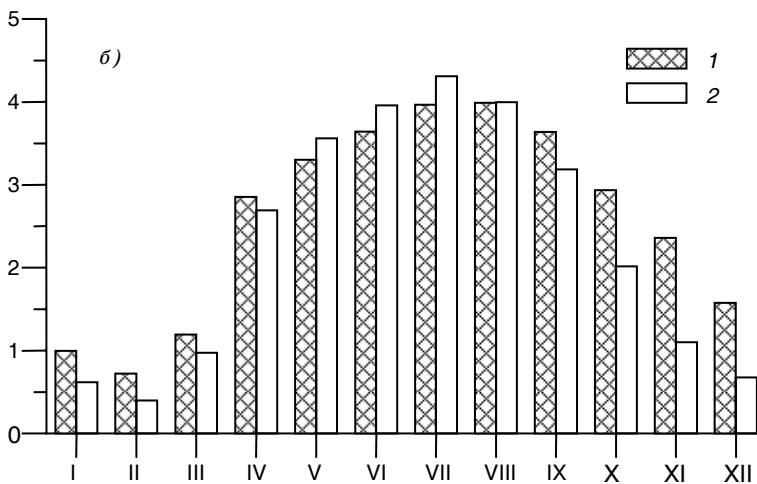
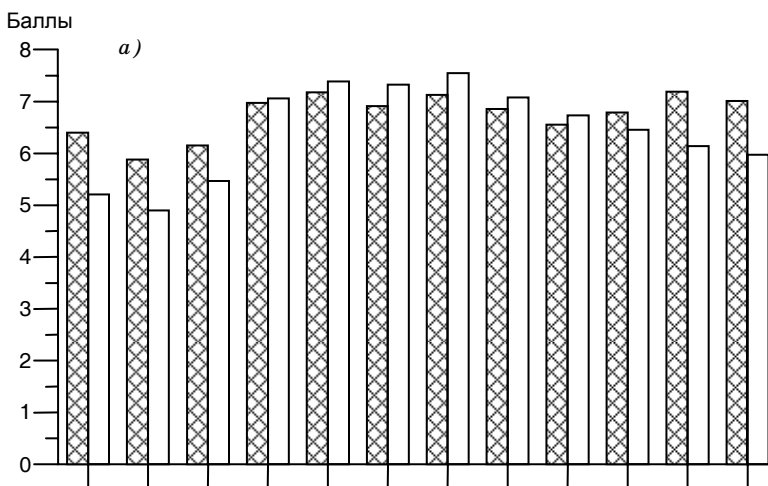


Рис. 6. Годовой цикл общей (*a*) и нижней (*б*) облачности (баллы) по наблюдениям в 13 ч за 1936—1999 гг. на станции Улан-Удэ (1) и в 11 ч на станции Чита (2) (время местное).

меньше, чем в дневные (на 1—2 балла в теплую часть года и еще меньше в холодную).

Расчеты линейных трендов балла нижней и общей облачности в ночные и дневные часы по месяцам и сезонам выявили ряд закономерностей. Нижняя облачность за рассматриваемый период уменьшилась почти на всех метеорологических станциях по наблюдениям за оба срока, но особенно сильно в дневные часы. Общая облачность днем также уменьшилась. Однако в ночное время балл общей облачности увеличился на семи станциях из десяти.

На рис. 7 приведены ряды общей (*а*) и нижней (*б*) облачности, осредненной по 10 станциям Забайкалья, по наблюдениям в 12—13 ч местного времени в среднем за год, а также за зимний и летний сезоны с 1936 по 1999 г. Выявилась тенденция к уменьшению общей облачности на 8 % летом, на 9 % зимой и на 5 % за год при средних многолетних значениях общей облачности, равных 7,1; 5,4 и 6,3 балла соответственно. В переходные сезоны общая облачность в Забайкалье также уменьшилась в среднем на 12 % весной и на 10 % осенью. Слабые линейные тренды общей облачности проявились на фоне значительных колебаний.

На рис. 7 *б* приведены ряды нижней облачности за год и два сезона. Линейные тренды для всех трех рядов отрицательные. Статистически значимое уменьшение нижней облачности составляет соответственно 39, 49 и 30 % от нормы, равной 2,3 балла за год, 0,6 балла за холодную половину года и 4,0 балла за теплую.

Уменьшение нижней облачности, которое наблюдалось почти на всей территории Забайкалья, согласуется с приведенным ниже выводом об уменьшении количества осадков.

4. Анализ изменений характеристик снежного покрова в Забайкалье

По данным 48 метеорологических станций Забайкалья выполнена оценка пространственно-временной изменчивости высоты и продолжительности залегания снежного покрова за период с 1951 по 2007 г. Для оценки временных изменений привлекались также данные, опубликованные в Справочнике по климату СССР (1968). При этом сравнивались характеристики снежного покрова за период с начала наблюдений до 1965 г. с современными данными

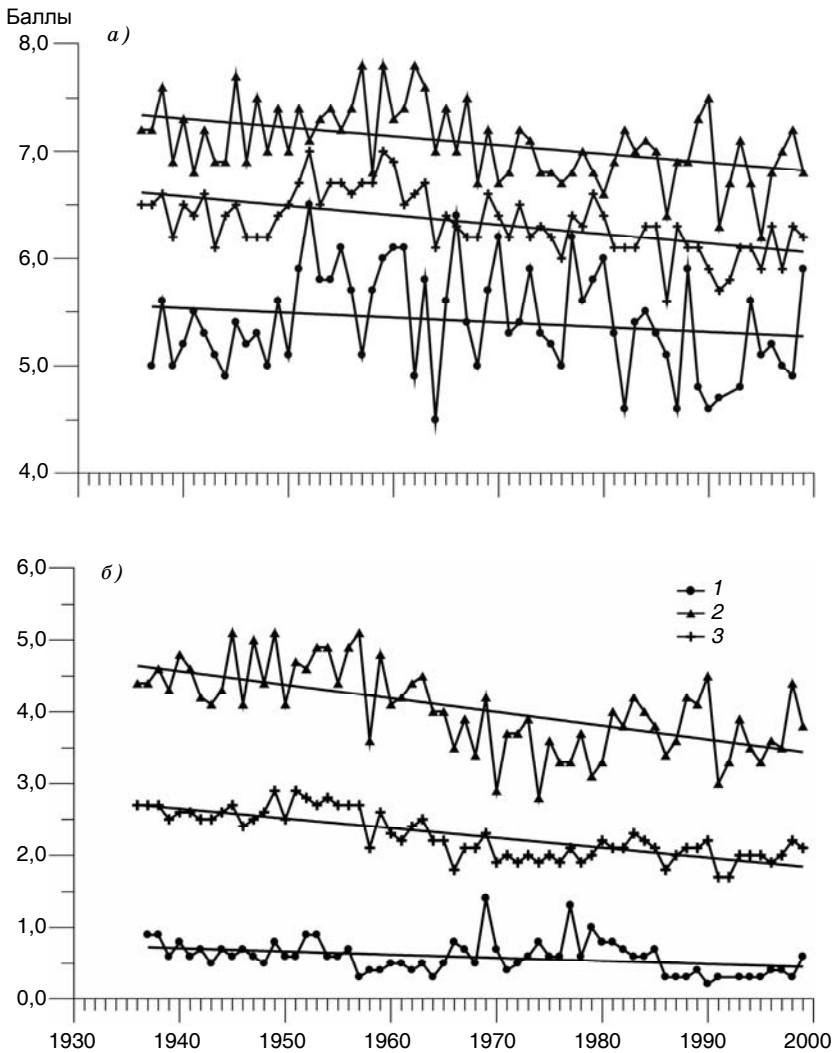


Рис. 7. Временные ряды общей (а) и нижней (б) облачности, осредненной по данным дневных наблюдений на десяти станциях Забайкалья за зимний (декабрь—февраль) (1) и летний (июнь—август) (2) сезоны, а также за год (3).

за период с 1966 по 2007 г. Анализировалась также зависимость высоты и продолжительности залегания снежного покрова от температуры воздуха и количества атмосферных осадков.

Устойчивый снежный покров на территории Забайкалья устанавливается, как правило, в октябре—ноябре. В северных и горно-таежных южных районах периодически отмечается залегание снега в сентябре. Разрушение снежного покрова происходит обычно в марте—апреле, в северных районах — в апреле—мае.

Продолжительность залегания снежного покрова изменяется в среднем от 57 до 211 дней. На 63 % метеорологических станций она составляет от 125 до 175 дней. Пространственное распределение длительности периода с устойчивым снежным покровом в целом хорошо согласуется с распределением средней годовой температуры воздуха в Забайкалье. Наибольшая продолжительность характерна для северо-восточных территорий, характеризующихся более низкими температурами, а также для горных районов, расположенных выше 1000 м над уровнем моря. В южных степных и лесостепных районах продолжительность залегания снега наименьшая, а в отдельные годы устойчивый снежный покров не устанавливается.

С середины прошлого века средняя по Забайкалью продолжительность залегания снежного покрова уменьшилась примерно на пять дней, что обусловлено увеличением продолжительности теплого периода, связанным с повышением температуры воздуха, особенно существенным весной.

На рис. 8 приведены количественные оценки изменения продолжительности залегания снежного покрова в Забайкалье. В западной части Забайкалья произошло уменьшение продолжительности залегания снежного покрова. Наиболее значительное уменьшение отмечается в прилегающих к Байкалу районах. В восточных районах, наоборот, преобладает увеличение. При этом площадь территории, где приращение имеет отрицательный знак, значительно больше площади территории, характеризующейся положительным приращением.

Средняя многолетняя высота снежного покрова в период максимального накопления снега (третья декада февраля) по данным

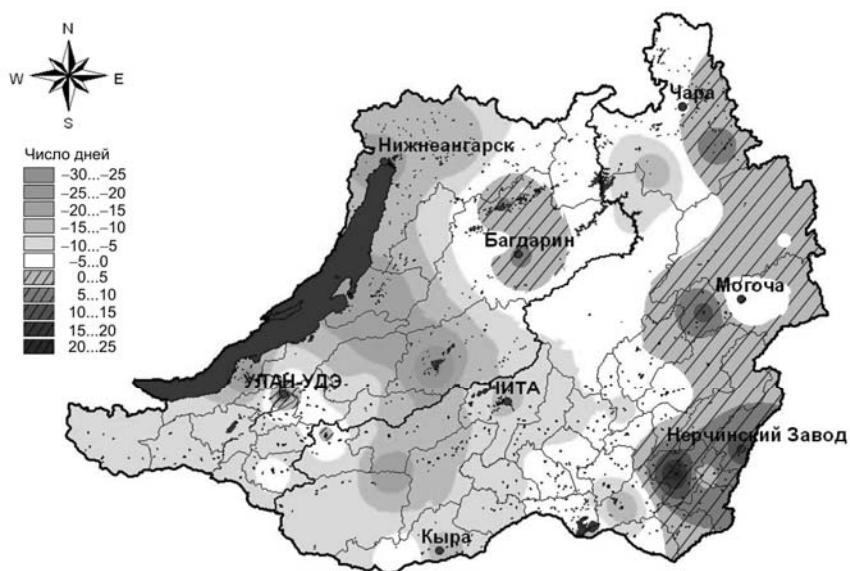


Рис. 8. Изменение (число дней) продолжительности залегания снежного покрова в Забайкалье.

измерений на открытых метеорологических площадках изменяется от 2 до 34 см, а по данным измерений на защищенных метеоплощадках — от 4 до 42 см. Распределение высоты снежного покрова по территории Забайкалья соответствует распределению зимних (ноябрь—февраль) атмосферных осадков. Наибольшее количество осадков выпадает в прибрежной части озера Байкал и уменьшается в направлении Центрального Забайкалья, а затем вновь возрастает в восточном направлении. Соответственно минимальные значения высоты снега характерны для центральных и южных лесостепных и степных районов. На отдельных станциях южных районов в 25—30 % случаев снежный покров в третьей декаде февраля отсутствовал. Наибольшая мощность снежного покрова отмечается в западных и восточных районах. Кроме того, значительной высотой снега характеризуются горно-таежные территории.

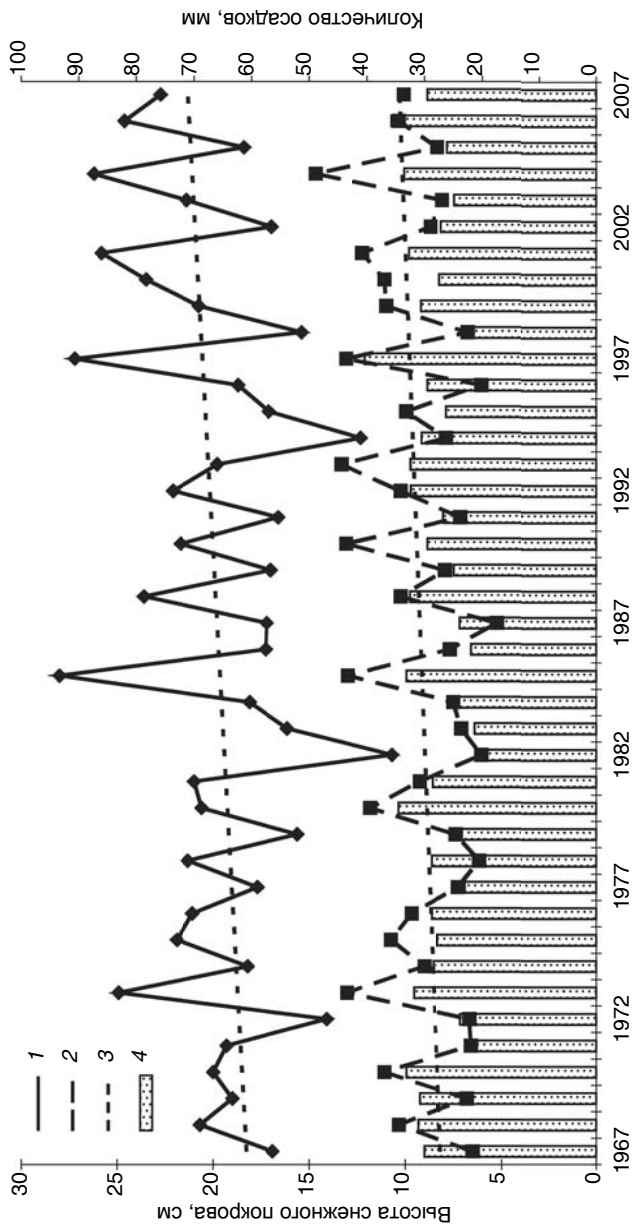


Рис. 9. Изменение высоты снежного покрова за многолетний период в Забайкалье.

1 и 2 — высота снежного покрова на защищенных (1) и открытых (2) участках, 3 — линейный тренд высоты снежного покрова, 4 — количество атмосферных осадков.

В многолетних изменениях высоты снежного покрова выявляется слабая тенденция к увеличению со второй половины 1960-х годов (рис. 9). На открытых площадках оно составило в среднем 2 см, или 24 % нормы, а на защищенных — 4 см, или 21 % нормы. Однако сравнение высоты снежного покрова за периоды до и после 1965 г. (Справочник, 1968) показывает, что однозначной тенденции изменений нет. Только примерно в 40 % пунктов наблюдений отмечено увеличение высоты снежного покрова. При этом в половине случаев увеличение или уменьшение не превысило 1 см. Очевидно, что основной вклад в тенденцию к увеличению средней по рассматриваемой территории высоты снежного покрова дают станции с хорошим снегонакоплением, которые занимают меньшую площадь, чем станции в лесостепных и степных районах с минимальной высотой снежного покрова.

Увеличение средней по территории Забайкалья высоты снежного покрова (см. рис. 9) происходит на фоне слабого роста количества атмосферных осадков в ноябре—феврале (Обязов, 1996). Увеличение количества осадков за этот период составляет в среднем 2,4 мм. При этом коэффициент линейного тренда равен всего 0,06 мм/год, тренд статистически незначим. Согласованность изменений средней высоты снежного покрова и средних сумм осадков по территории Забайкалья за этот период оценивается коэффициентом корреляции 0,72.

5. Изменение количества осадков

Оценки изменения количества осадков выполнены по материалам однородных рядов срочных наблюдений за 1936—2007 гг. Измеренное количество осадков скорректировано на уровне суточных сумм с применением современной методики Голубева — Богдановой (Богданова и др., 2002), в которой учтены все основные систематические погрешности осадкомера: ветровой недоучет и суммарный эффект процессов смачивания, испарения и конденсации на поверхности осадкомерного сосуда. В этом состоит отличие рассмотренных ниже рядов количества осадков от приведенных в I томе Оценочного доклада (2008), где коррекция рядов данных состояла только во введении поправок на смачивание и в приведении дождемерных наблюдений к осадкомерным.

На рис. 10 представлен годовой цикл средних многолетних месячных сумм осадков за 1936—2007 гг. на станции Чита (*а*) и Улан-Удэ (*б*). Годовой цикл осадков выражен очень сильно с минимумом зимой и максимумом летом.

Разности между нормами измеренных и исправленных сумм осадков, т. е. средние многолетние значения поправок к измеренным суммам, составляют всего несколько миллиметров и летом, и зимой. Однако в процентах от многолетней нормы различия большие — летом они составляют 4—8 %, а зимой достигают 40—50 %, что обусловлено малостью норм зимних осадков.

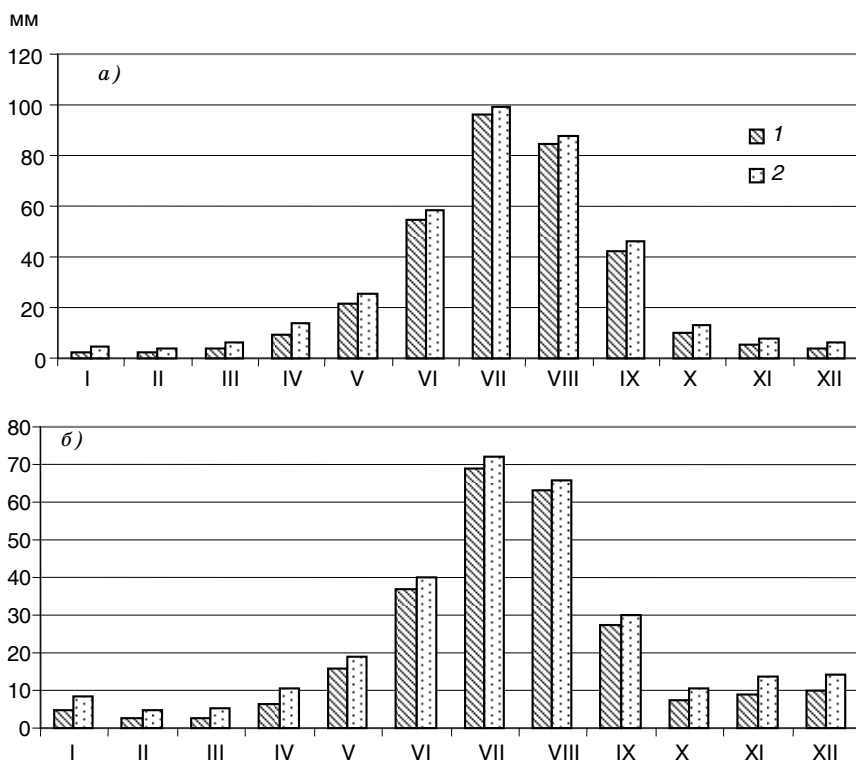


Рис. 10. Годовой цикл средних многолетних месячных сумм осадков (мм) в Чите (*а*) и Улан-Удэ (*б*) за 1936—2007 гг.

1 — измеренное количество осадков, 2 — исправленное.

Для перечисленных в табл. 3 станций Забайкалья были рассчитаны линейные тренды количества осадков за год и по сезонам. Годовое количество осадков уменьшилось на большей части территории. Исключение составили северные районы, где оно увеличилось.

В среднем по десяти станциям это уменьшение за 1936—2007 гг. составило 7,5 % средней многолетней нормы за 1961—1990 гг. Весной, летом и осенью отрицательные тренды осадков на станциях также преобладают, составляя в среднем 9, 3 и 19 % соответственно.

Тренды зимних осадков неустойчивы по знаку от станции к станции, но в среднем по всем станциям за 72 года количество осадков уменьшилось на 9 %. Полезно еще раз обратить внимание на очень маленькие суммы зимних осадков при их большой из-

Таблица 3

Изменение Δ (в процентах от нормы за 1961—1990 гг.) количества скорректированных осадков на станциях Забайкалья за год и по сезонам в 1936—2007 гг.

Станция	Год		Весна		Лето		Осень		Зима	
	Норма, мм	Δ %	Норма, мм	Δ %	Норма, мм	Δ %	Норма, мм	Δ %	Норма, мм	Δ %
Чара	351,3	8,4	62,0	7	215,4	9	70,3	11	13,0	-11
Троицкий Прииск	410,8	4,4	56,4	51	279,1	2	65,4	-33	9,8	-15
Баргузин	374,6	-5,0	33,7	-15	174,2	-6	104,2	-6	62,6	7
Могоча	456,6	-12,6	64,0	-47	304,9	-3	70,8	-25	17,1	8
Чита	372,9	-13,9	47,3	12	252,8	-7	57,7	-50	15,1	-10
Срегенск	379,3	-4,2	60,2	8	241,4	-7	60,9	-11	16,7	9
Улан-Удэ	288,1	-15,5	30,4	-57	177,7	-7	51,7	-31	28,5	-58
Кяхта	368,9	6,4	47,2	27	236,1	-6	70,0	-7	15,6	9
Кыра	393,1	-16,1	44,0	-52	285,3	-12	56,6	-8	7,3	-10
Борзя	342,7	-14,0	46,9	-26	221,7	-6	57,5	-34	16,5	-17
Среднее	374,8	-7,5	49,2	-9	238,9	-3	66,5	-19	20,3	-9

Примечание. Жирным шрифтом выделены изменения, статистически значимые на 5%-ном уровне.

менчивости, так что тренды зимних осадков малонадежны, и это подтверждается оценками статистической значимости трендов.

На рис. 11 приведен временной ряд аномалий годовых сумм осадков, осредненных по десяти станциям Забайкалья и 11-летние скользящие средние этого ряда. Аномалии рассчитывались в отклонениях от средней многолетней нормы на каждой станции за 1961—1990 гг.

На фоне общего уменьшения количества осадков (см. табл. 3) намечается цикличность в ряде осадков, близкая к 26 годам (рис. 11): первый цикл с середины 50-х годов до конца 70-х, второй цикл с начала 80-х до середины первого десятилетия XXI века. Впервые 26-летняя цикличность в рядах осадков Забайкалья показана в работе (Обязов, 1996). Особый интерес представляют длительные периоды уменьшения количества осадков, в частности последний период с начала 90-х годов по настоящее время. Этому сухому периоду соответствует повышение температуры

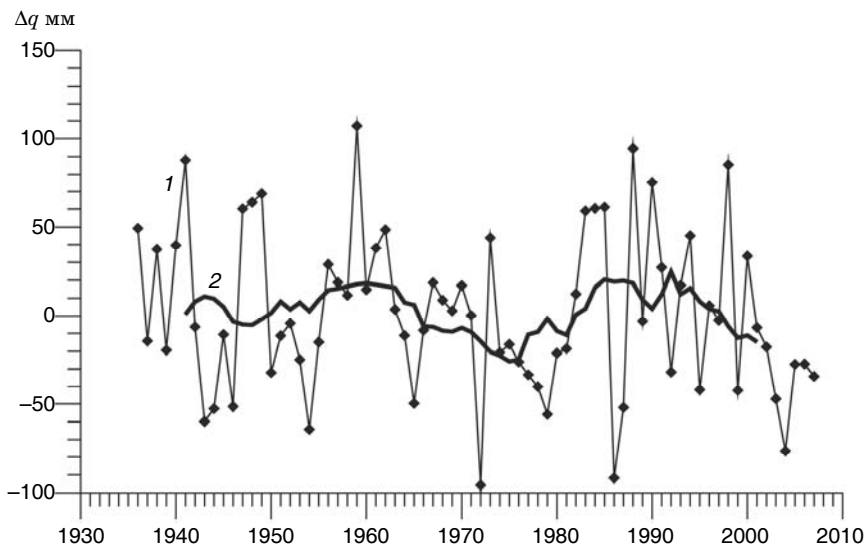


Рис. 11. Временной ряд аномалий Δq годовых сумм осадков (1), осредненных по десяти метеорологическим станциям Забайкалья и 11-летние скользящие средние (2) этого ряда.

воздуха весной и летом. Такое сочетание представляется крайне негативным как для сельского хозяйства, так и с точки зрения пожароопасности рассматриваемого региона.

Заметим, что Забайкалье относится к районам довольно высокой пожароопасности. По данным наблюдений за 1991—2000 гг. повторяемость высоких значений ($4000 < H < 10\,000$) известного индекса H пожароопасности В. Г. Нестерова (Нестеров, 1949) составила в Забайкалье 15—30 дней в пожароопасный период с мая по сентябрь (Школьник и др., 2008). В начале этого периода опасность пожаров повышается из-за повышенной ветровой активности в апреле—мае (см. табл. 2).

Пожароопасная обстановка в Сибири в XXI веке (Школьник и др., 2008), оцененная по региональной климатической модели ГГО, к концу века усугубится. Повторяемость умеренной пожароопасности ($1000 < H < 4000$) в Забайкалье возрастет на 2—4 дня, а высокой пожароопасности — на 3—5 дней.

6. Изменения климата Забайкалья, ожидаемые в первой четверти XXI века

Полное описание ожидаемых в XXI веке изменений климата на территории России, в том числе в Забайкалье, содержится в I томе Оценочного доклада (2008), а также в работе Мелешко и др. (2008). Для оценок, выполненных под руководством В.П. Мелешко и В. М. Катцова, использованы ансамбли из 6—16 моделей нового поколения в предположении сценария A2 увеличения концентрации парниковых газов.

В Оценочном докладе (2008) отмечается, что достоверность прогнозов будущих изменений климата зависит от многих факторов (принципиальные сложности прогноза развития энергетики на длительный период и связанных с ним будущих выбросов парниковых газов, неточности описаний в физико-математических моделях климатически значимых процессов), и указывается, что недостаточное пространственное разрешение современных моделей общей циркуляции атмосферы и океана создает большие проблемы для прямого использования результатов расчетов на региональном и локальном уровнях.

В табл. 4 приведены ориентировочные оценки изменения некоторых метеорологических величин в Забайкалье в первой четверти XXI века. Они получены путем интерполяции с соответствующих карт (Оценочный доклад, I том, 2008), относящихся к первой половине XXI века.

Таблица 4

Ожидаемые изменения климата Забайкалья в первой четверти XXI века

Метеорологическая величина	Ожидаемые изменения
Температура приземного воздуха	Повышение на 1,0—1,5 °С зимой и на 0,5—1,0 °С летом
Годовая амплитуда экстремальных температур воздуха	Уменьшение на 0,5—1,0 °С на большей части территории Забайкалья
Число дней с летними заморозками	Уменьшение на 6—8 дней в северной части Забайкалья и на 8—10 дней в его южной части
Общая облачность	Статистически незначимое увеличение зимой и слабое (на 1—2 %) уменьшение в восточных районах летом
Количество осадков	Увеличение на 7—10 % зимой на всей территории Забайкалья; увеличение летом до 2 % в южных и до 2—5 % в северных районах Забайкалья; возможное увеличение доли конвективных осадков на 3—4 %.
Влагосодержание верхнего (10 см) слоя почвы	Весной и летом статистически незначимое уменьшение в центральных и северных районах Забайкалья и слабое увеличение в южных
Глубина сезонного протаивания почвы	Увеличение на 25 см в центральных и северных районах Забайкалья и на 50 см в южных

Примечание. Изменения всех метеорологических величин в первой четверти XXI века (2011—2030 гг.) представлены в процентах от значений за базовый период (1980—1999 гг.).

Заключение

При анализе тенденций изменения во времени разных компонентов климата целесообразно некоторое внимание уделить согласованности тенденций между собой.

Характерное для XX столетия повышение на территории России среднегодовой температуры воздуха согласуется в Забайкалье с тенденцией уменьшения общей и, особенно, нижней облачности. Повышение температуры воздуха, прежде всего, весной определяет увеличение продолжительности теплого периода и уменьшение продолжительности залегания снежного покрова на большей части территории Забайкалья.

Несколько сложнее обстоит дело с высотой снежного покрова, которая возросла с середины 60-х годов на территории Забайкалья в среднем на несколько сантиметров. Тенденцию некоторого увеличения средней высоты снежного покрова естественно сравнить с тенденцией изменения количества осадков зимой. Последние различаются в зависимости от полноты введения поправок, а также разного числа станций. При полной корректировке рядов осадков (п. 5) преобладает статистически незначимая тенденция к уменьшению сумм зимних осадков за зимний период (декабрь—февраль) с 1936 по 2007 г. При введении только поправок на смачивание (п. 4) количество зимних осадков очень слабо возрастает (за период с 1967 по 2007 г.), но изменения тоже статистически незначимы. Следует напомнить об уменьшении нижней облачности в холодный период с 1936 по 2007 г., что лучше согласуется с первой оценкой трендов осадков.

Линейные тренды рядов осадков являются достаточно грубой аппроксимацией, поскольку в рядах осадков выявляются четкие циклические изменения. Период повышенного увлажнения с 60—70-х годов сменяется более сухим периодом в 80—90-е годы, что хорошо согласуется с аналогичными изменениями общей облачности (связь с нижней облачностью слабее).

Сопоставление трендов температуры воздуха и количества осадков на территории Забайкалья также свидетельствует об их хорошей согласованности: с конца 80-х годов интенсивное повышение температуры воздуха летом сопровождается резким уменьшением количества осадков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баранова А. А., Голод М. П., Мещерская А. В., 2007. Изменение градуированных скоростей ветра на территории России во второй половине XX века. — Труды ГГО, вып. 556, с. 116—138.

Богданова Э.Г., Голубев В.С., Ильин Б.М., Драгомилова И.В., 2002. Новая модель корректировки измеренных осадков и ее применение в полярных районах России. — Метеорология и гидрология, № 10, с. 8—94.

Груза Г. В., Ранькова Э. Я., 2003. Колебания и изменения климата на территории России. — Известия РАН. Физика атмосферы и океана, т. 39, № 2, с. 66—185.

Мелешко В. П., Катцов В. М., Говоркова В. А., Спорышев П. В., Школьник И. М., Шнееров Б. Е., 2008. Климат России в XXI веке. Часть 3. Будущие изменения климата, рассчитанные с помощью ансамбля моделей общей циркуляции атмосферы и океана СМIP3. — Метеорология и гидрология, № 4, с. 5—21.

Мещерская А. В., Ерёмин В. В., Баранова А. А., Майстрова В. В., 2006. Изменение скорости ветра на севере России во второй половине XX века по приземным и аэрологическим данным. — Метеорология и гидрология, № 9, с. 46—57.

Мирвис В. М., Гусева И. П., Мещерская А. В., 1996. Тенденции изменения временных границ теплого и вегетационного сезонов на территории бывшего СССР за длительный период. — Метеорология и гидрология, № 9, с. 106—116.

Мирвис В. М., 1999. Оценка изменений температуры воздуха на территории России за последнее столетие — Современные исследования Главной геофизической обсерватории, т. I, с. 220—235.

Нестеров В. Г., 1949. Горимость леса и методы ее определения. — М.: Гослесбуиздат.

Обязов В. А., 1996. Пространственно-временная изменчивость атмосферных осадков в юго-восточном Забайкалье. — Изв. РГО., вып. 2, с. 73—80.

Обязов В. А., 1996а. Многолетние изменения температуры воздуха в юго-восточном Забайкалье. — Изв. РГО, вып. 3, с. 66—77.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, 2008. I том. Изменения климата. — 227 с.; II том. Последствия изменений климата. — 288 с. — М.: Изд. Росгидромета.

Разуваев В. Н., Апасова Е. Г., Маргуганов Р. А., 1995. Шести- и трехчасовые метеорологические наблюдения по данным 223 станций СССР. — Труды ВНИИГМИ—МЦД. — 69 с.

Справочник по климату СССР, 1968. Вып. 23, часть IV. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. — Л.: Гидрометеиздат.

Школьник И. М., Молькентин Е. К., Надёжина Е. Д., Хлебникова Е. И., Салль И. А., 2008. Экстремальность термического режима в Сибири и динамика пожароопасной обстановки в XXI веке: оценки с помощью региональной климатической модели ГГО. — Метеорология и гидрология, № 3, с. 5—15.