

УДК 551.583.14

П. В. НОВОРОЦКИЙ

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск

### МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В БАССЕЙНЕ РЕКИ БУРЕЯ

*В бассейне Буреи за период наблюдений 1936–2008 гг. выявлены устойчивые положительные тренды температур. Средняя скорость увеличения среднегодовой температуры воздуха здесь составляет 0,23 °C/10 лет, а за последние 33 года — 0,47 °C/10 лет. Предварительные оценки показывают, что к 2050 г. в бассейне реки возможно увеличение среднегодовой температуры воздуха на 0,9–1,9 °C, что, несомненно, повлияет на экосистемы бассейна реки и может привести к деградации многолетней мерзлоты, особенно в южных районах бассейна.*

Ключевые слова: климат, температура, тренды, бассейн Буреи, многолетняя мерзлота.

*Stable positive temperature trends have been revealed within the Bureya basin for the observing period 1936–2008. Here, the mean annual air temperature increases at an average rate of 0.23 °C/10 years, with 0.47 °C/10 years corresponding to the last 33 years. Preliminary estimates show that conceivably, by the year 2050, the mean annual air temperature within the river basin might increase by 0.9–1.9 °C, which will necessarily affect the ecosystems of the river basin and lead to a permafrost degradation, especially in the southern areas of the basin.*

Keywords: climate, temperature, trends, Bureya basin, permafrost.

В последние десятилетия в масштабах всей планеты зафиксировано существенное изменение климата, которое выражается в повышении приземной температуры воздуха. По данным многих авторов, за период инструментальных наблюдений (с 1850-х до 2008 г.) среднегодовая глобальная температура возросла на 0,6–0,7 °C. В будущем прогнозируется еще более интенсивный рост температуры воздуха. В результате этого приземная температура воздуха к 2050 г., по оценкам разных авторов, в масштабах всей планеты может повыситься по сравнению с современным периодом на 1–3 °C [1, 2]. Климатические изменения существенным образом повлияют на экосистемы нашей планеты, речные бассейны.

Многолетние колебания температуры воздуха в бассейне Буреи существенно влияют на ее природные и антропогенные экосистемы, гидрологический и водный режим Буреинского водохранилища, на мощность и распространение многолетнемерзлых пород на этой территории и многие другие природные процессы.

Река Бурей (рис. 1) образуется в результате слияния двух рек — Правой илевой Буреи, и впадает в Амур двумя рукавами на 1666 км от устья. Правая Бурей берет начало на южных склонах хр. Эзоп. Истоки Лев. Буреи находятся на западных склонах хр. Дуссе-Алинь. Длина Буреи 623 км (от истока Правой Буреи — 739 км). Площадь водосбора 70 700 км<sup>2</sup>. Бассейн реки в основном горный, ограничен на севере и северо-востоке хребтами Дуссе-Алинь и Эзоп с максимальными абсолютными высотами 2241 и 2175 м. На востоке его граница проходит по вершинам Буреинского горного массива, имеющего максимальную высоту 2167 м. С запада бассейн ограничен хр. Турана, средние высоты которого составляют 900–1200 м. В средней части бассейна реки находятся Верхнебуреинская и Тьрминская равнины с высотами 300–500 м; равнины частично заболочены. Площадь болот и заболоченных земель в бассейне р. Бурей составляет 8 % территории. Ниже с. Пайкан река выходит из гор и до устья течет в пределах предгорий кряжа Турана и хр. Мал. Хинган по Зейско-Буреинской равнине [3].

По классификации климатов Б. П. Алисова [4], принятой в России, бассейн р. Бурей находится в муссонной Дальневосточной области. По оценкам Е. С. Петрова [5], климат в верхней и средней частях бассейна реки по величине индекса континентальности Ценкера ультраконтинентальный, в нижнем течении реки — резко континентальный. В сезонном поле ветра муссонная составляющая климата здесь ослабевает и отмечается лишь муссонная тенденция [5].

Климатические условия бассейна Буреи можно охарактеризовать по данным метеостанций, расположенных в северной (с. Софийский прииск, 902 м над ур. моря), центральной (пос. Чекунда, 233 м над ур. моря) и южной (пос. Каменка, 115 м над ур. моря, с. Архара, 133 м над ур. моря) частях.

Рис. 1. Бассейн р. Бурей.

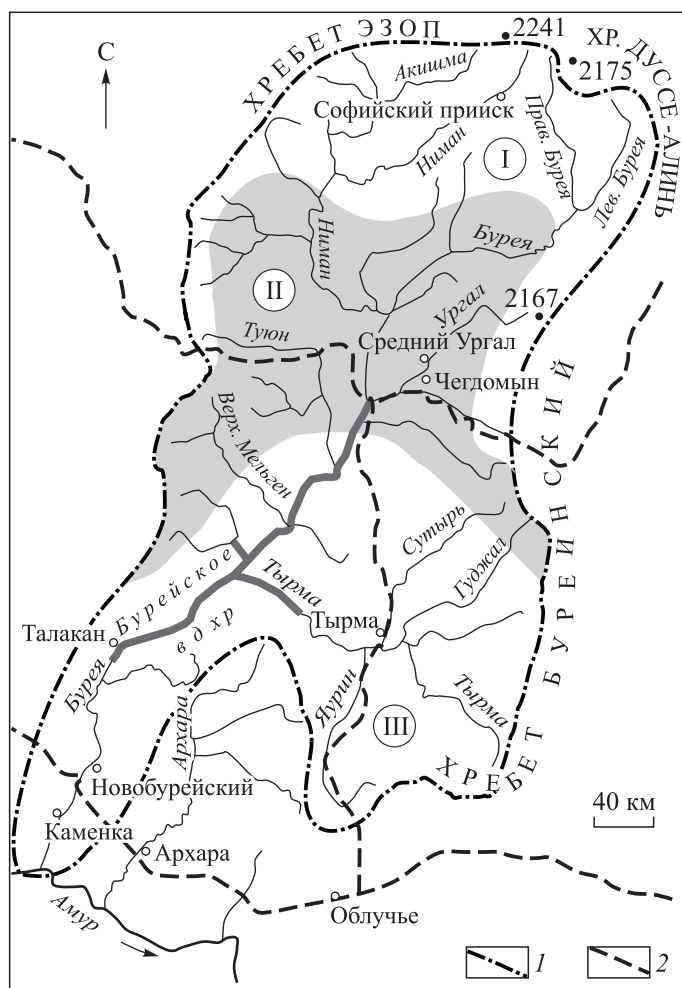
I–III — геокриологические районы; 1 — граница бассейна; 2 — железная дорога.

Климатические данные по этим станциям взяты из Научно-прикладного справочника [6]. Данные, приведенные в этом справочнике, получены за период наблюдений 1891–1985 гг. Наиболее низкая средняя годовая температура воздуха ( $-7,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) отмечается в северной горной части бассейна. В центральной части бассейна среднегодовая температура равна  $-4,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в южной —  $-0,8\div-2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Наиболее холодный месяц года — январь. Средняя январская температура воздуха в северной части составляет  $-32,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в центральной —  $-33,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в южной —  $-26,7\div-30,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный минимум температуры на севере опускается до  $-54\text{ }^{\circ}\text{C}$  (1952 г.), на юге — до  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  (1931 г.).

Лето в долинах бассейна Буреи теплое и умеренно прохладное. Самый теплый месяц года июль. Средняя июльская температура воздуха в северной части составляет  $15,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в центральной —  $18,9$ , в южной —  $20,6\div 20,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный максимум температуры на севере поднимается до  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$  (1974 г.), на юге — до  $36\text{ }^{\circ}\text{C}$  (1982 г.). Величина средней годовой суммы осадков составляет в северной части бассейна  $721\text{ мм}$ , в центре —  $714\text{ мм}$ , на юге —  $635\text{ мм}$ . При этом в теплый период выпадает свыше 90 % годового количества осадков, из них на лето приходится примерно 60 %, что составляет около  $400\text{ мм}$  [3, 5, 6].

В бассейне Буреи, особенно в северной его части, встречаются многолетние мерзлые породы (ММП). К. П. Караванов [3] в бассейне реки выделяет три геокриологических района. Нами были уточнены границы этих районов на основании современных данных, приведенных на сайте <http://www.permafrost.su>. Первый из районов (см. рис. 1) включает в основном северную часть бассейна. Это северные отроги хр. Турана, южные склоны хр. Эзоп, южные и западные склоны хр. Дуссе-Алинь и северная часть Буреинского хребта. Данный район характеризуется преимущественно сплошным типом распространения ММП (90–95 %) и слабо прерывистым (70–95 %), изредка по долинам и нижним склонам рек Акишма, Ниман, Прав. и Лев. Бурейя — сильно прерывистым (50–75 %). Температура грунтов этих типов ниже  $-3$ ,  $-2\div-3$ ,  $-1,5\div-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  соответственно, мощность ММП составляет  $300\div 500$ ,  $100\div 200$  и  $50\div 100\text{ м}$  соответственно.

Второй район (см. рис. 1) охватывает центральную часть водосбора Буреи — бассейн средней части р. Ниман, полностью бассейны рек Нимаган, Умалта, Ургал, Туюн и Солони. Район отличается преобладающим распространением ММП сильно прерывистого типа (долины и нижние части склонов долин рек) и массивно-островного типа (25–50 % территории занято ММП), характерных для приводораздельных зон. Мощность первого типа варьирует в пределах  $50\div 100\text{ м}$ , второго — не превышает  $50\text{ м}$ . В верхней части бассейна р. Туюн на водоразделах распространены небольшие участки слабо прерывистого типа ММП. Южной части водосбора Буреи (третий район) принадлежат бассейны ее притоков, таких как Тырма, Дубликан, Ягдынья, Верх. и Ниж. Мельгин. Для них характерно распространение массивно-островного (долины рек) и островного типов ММП. В самой южной части бассейна Буреи развит редкоостровной тип ММП толщиной менее  $50\text{ м}$ .



**МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Материалами для исследования многолетних колебаний температуры воздуха в бассейне Буреи послужили оценки среднемесячных температур воздуха за период с 1936 по 2008 г. по метеостанциям Софийский Прииск (52,27° с. ш., 133,99° в. д.), Чекунда (50,87° с. ш., 132,25° в. д.), Каменка (49,78° с. ш., 129,92° в. д.). Также были использованы многолетние данные по температуре воздуха ближайшей к району исследований метеостанции Архара (49,42° с. ш., 131,10° в. д.). Для выполнения исследований были использованы климатологические справочники, фондовые материалы Дальневосточного управления гидрометслужбы, а также сайт: <http://www.thermograph.ru>.

**ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ**

В ходе выполненной работы проведен анализ температуры воздуха в бассейне Буреи за период наблюдений с 1936 по 2008 г. Оценены аномалии температуры, рассчитанные как отклонения средней температуры воздуха от нормы за определенный период года. В настоящее время для оценки нормы Всемирной метеорологической организацией рекомендован тридцатилетний период 1961–1990 гг., который и был взят нами за основу.

В целом для земного шара самыми теплыми были 1998, 2003 и 2005 гг., отклонение от нормы составило соответственно +0,58, +0,47 и +0,48 °С ([www.climate.mcom.ru](http://www.climate.mcom.ru)). В среднем для бассейна Буреи самыми теплыми были 1989–1990, 1995 и 2008 гг.; отклонение от нормы составило 1,5–2,2 °С. В последние годы здесь продолжается повышение среднегодовой температуры воздуха: в среднем за период 2001–2008 гг. она превысила норму на 1,1 °С. Важно отметить, что изменение температуры воздуха оказалось заметно больше глобальной. Разность между максимумом и минимумом среднегодовой температуры здесь достигает 4,5 °С (рис. 2, табл. 1), в то время как для земного шара она лишь несколько превосходит 1 °С [1, 2].

За весь период наблюдений 1936–2008 гг. среднегодовая температура воздуха в бассейне Буреи составила –3,8 °С и изменялась от –1,6 °С в теплые годы до –6,1 °С в холодные, что равноценно смещению по широте на ±(2–3)° севернее или южнее. Кривая годового хода температуры воздуха (см. рис. 2) не совсем точно воспроизводит изменение температуры в целом для Северного полушария. В бассейне отмечается общий фон повышения среднегодовых температур воздуха с 1940-х гг. до современного периода. На этом фоне наблюдаются относительно короткие периоды похолоданий и потеплений. С середины 1970-х гг. и особенно в 1980-е гг. наступает стабильное и самое продолжительное потепление с начала инструментальных наблюдений за температурой воздуха (см. табл. 1, рис. 2).

В климатологии для определения средних показателей климата (норм) обычно рассчитывают метеорологические величины за 30-летний период. В справочниках по климату для разных регионов СССР, изданных в 1960-е гг., был использован период 1931–1960 гг. По рекомендациям Всемирной метеорологической организации для оценки норм и исследований изменения климата в 1990-е гг. предложен период 1961–1990 гг. Современные средние многолетние метеорологические величины по данным сайта (<http://www.pogoda.ru>) оцениваются за период 1981–2010 гг. В табл. 1 представлены статистические характеристики и средние температуры воздуха за эти интервалы времени.

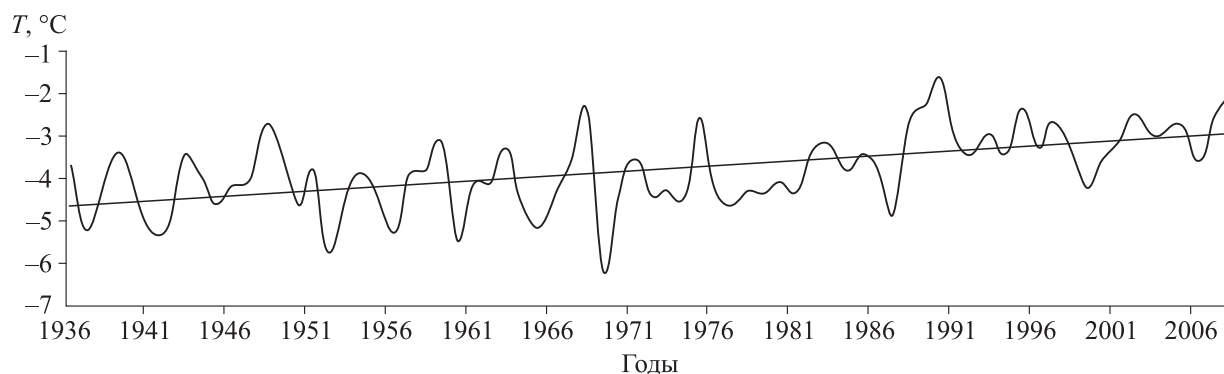


Рис. 2. Многолетние колебания среднегодовой температуры воздуха (°С) в бассейне Буреи за период 1936–2008 гг.

Прямая — линейный тренд:  $y = 0,0226x - 4,6103$ ;  $R^2 = 0,277$ .

Таблица 1

**Среднемесячные и среднегодовые температуры воздуха (°С) и их статистические характеристики за различные периоды в бассейне Буреи**

Характеристика	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Среднее за годы:													
1936–2008 (1)	-30,2	-24,3	-13,0	0,1	8,5	15,2	18,5	16,1	9,1	-1,0	-16,3	-28,0	-3,8
1936–1960 (2)	-31,4	-25,1	-14,1	-0,6	7,9	14,9	18,5	16,3	9,2	-1,0	-16,8	-28,3	-4,2
1961–1990 (3)	-30,1	-24,9	-12,7	0,1	8,5	15,2	18,3	15,8	8,9	-1,4	-16,2	-27,8	-3,9
1981–2008 (4)	-28,7	-22,9	-11,8	1,0	8,9	15,7	18,7	16,3	9,3	-0,7	-15,9	-27,5	-3,1
Разность (4–2)	2,6	2,2	2,3	1,6	1,0	0,8	0,2	0,0	0,1	0,4	0,9	0,8	1,1
Максимум	-23,1	-16,7	-5,2	3,5	12,0	17,9	20,7	18,3	11,6	2,2	-11,0	-20,9	-1,6
Минимум	-35,1	-31,0	-19,0	-3,6	5,5	12,4	16,0	13,7	6,7	-3,8	-21,0	-33,8	-6,1
σ	2,8	2,5	2,7	1,7	1,4	1,2	1,0	1,0	1,1	1,4	2,3	2,9	0,9
Макс.–мин.	12,0	14,3	13,8	7,1	6,5	5,5	4,7	4,6	4,9	6,0	10,0	12,9	4,5

Примечание. Максимум, минимум и среднеквадратическое отклонение (σ) вычислены за период 1936–2008 гг.

Наиболее неустойчивый температурный режим отмечается в холодный период года. В этот период диапазон изменений среднемесячной температуры воздуха составляет от 12 до 14 °С. Из всех сезонов года наиболее стабилен температурный режим в теплый период года — колебания температуры воздуха от года к году не превышают 5–6 °С. Это же подтверждают величины среднеквадратического отклонения σ. В холодный период года — в среднем в два-три раза выше, чем в теплое полугодие (см. табл. 1).

Для оценки вклада отдельных месяцев в изменение среднегодовой температуры воздуха за весь период наблюдений выполнено сравнение средних месячных температур воздуха за последние 28 лет периода современного потепления со средними температурами за начальный период наблюдений 1936–1960 гг. (см. табл. 1, разность 4–2). Наибольшее потепление за весь период наблюдений в бассейне Буреи произошло в первую половину года, с января по май (от 1,0 до 2,6 °С). Меньше всего тенденция к потеплению выражена в период с июля по сентябрь (от 0 до 0,2 °С). В октябре–ноябре потепление составляет от 0,4 до 0,9 °С (рис. 3).

За период наблюдений 1936–2008 гг. методом наименьших квадратов в многолетних изменениях приземной температуры воздуха в бассейне Буреи выявлен статистически значимый (уровень достоверности превышает 95 %) положительный линейный тренд роста среднегодовой температуры воздуха со скоростью 0,23 °С за 10 лет (табл. 2). За весь период наблюдений отмечаются примерно согласованные тенденции изменения температуры воздуха как по сезонам, так и в целом за год на всех станциях. Наибольшее потепление по сезонам года отмечается в зимне-весенний период (0,30–0,47 °С/10 лет); оно в два-три раза превышает потепление летом и осенью.

Начало современного потепления в большинстве регионов Земли, как и в бассейне Буреи, относится к 1970-м гг. В Институте глобального климата и экологии Росгидромета и РАН (ИГКЭ) ежегодно составляются обзоры состояния и изменения климата России, ее отдельных регионов (<http://climatechange.igce.ru>). В этих обзорах современный период повышения температуры воздуха как в глобальном, так и региональном масштабе начинается с 1976 г. Для сопоставимости получаемых тенденций изменения климата с другими исследованиями (в частности, с работами ИГКЭ) в предлагаемой работе современный период потепления принят также с 1976 г.

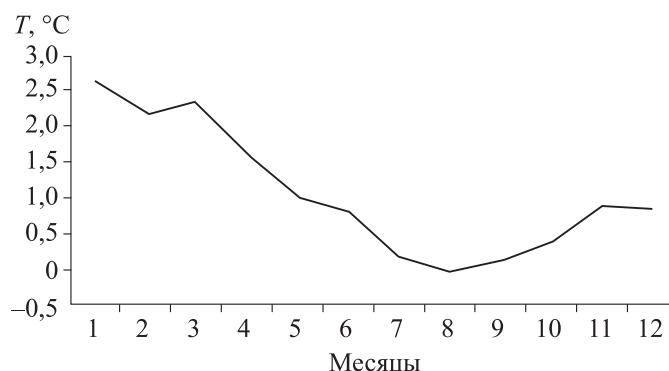


Рис. 3. Годовой ход отклонений среднемесячных температур воздуха в бассейне Буреи за период 1981–2008 гг. от температур за период 1936–1960 гг.

Оценка линейных трендов температуры воздуха (*Amp*, °C/10 лет) и вкладов (*D*, %) тренда в полную дисперсию рядов для метеостанций за разные периоды

Метеостанция	Зима		Весна		Лето		Осень		Год	
	<i>Amp</i>	<i>D</i> , %	<i>Amp</i>	<i>D</i> , %	<i>Amp</i>	<i>D</i> , %	<i>Amp</i>	<i>D</i> , %	<i>Amp</i>	<i>D</i> , %
1936–2008 гг.										
Софийский Прииск	0,31	11	0,30	16	0,13	11	0,15	8	0,23	25
Чекунда	0,47	21	0,34	20	0,08	4	0,13	6	0,26	31
Архара	0,34	14	0,35	20	0,04	1	0,10	4	0,21	23
Каменка	0,46	26	0,35	25	0,10	7	0,17	14	0,27	37
Бассейн Буреи	0,37	17	0,32	20	0,08	5	0,13	7	0,23	28
1976–2008 гг.										
Софийский Прииск	0,29	22	0,46	10	0,28	12	0,53	19	0,39	22
Чекунда	0,63	10	0,35	6	0,40	21	0,55	15	0,48	27
Архара	0,87	20	0,54	15	0,26	14	0,50	19	0,55	44
Каменка	0,74	16	0,48	14	0,38	21	0,45	17	0,51	42
Бассейн Буреи	0,59	11	0,44	11	0,31	17	0,53	19	0,47	28

Для станций бассейна Буреи и его ближайшего окружения оценены температурные тренды за период 1976–2008 гг. (см. табл. 2). Скорость роста среднегодовой температуры воздуха за этот период в среднем для станций составила +0,47 °C/10 лет, что более чем в два раза превышает изменение температуры за период 1936–2008 гг. В целом для земного шара за период 1976–2008 гг. тренд повышения температуры составил +0,17 °C/10 лет и +0,33 °C/10 лет для Северного полушария (суши) (<http://climatechange.igce.ru>). Таким образом, скорость потепления в бассейне Буреи более чем в два раза превышает скорость глобального потепления и в полтора раза выше, чем в целом в Северном полушарии. Средняя скорость потепления в 1976–2008 гг. для территории России составила 0,51 °C/10 лет (<http://climatechange.igce.ru>). В целом по России темпы потепления оказались в 1,08 раза выше, чем в бассейне Буреи.

За период с 1976 по 2008 г. наиболее значительно происходит потепление на юге бассейна Буреи на ст. Архара, особенно в зимний период года. Здесь зимний тренд потепления в три раза выше, чем в северных районах на Софийском Прииске. Весной максимальное потепление вновь отмечается на ст. Архара (0,54 °C/10 лет). В летние сезоны тренды максимума потепления отмечаются в Чекунде и Каменке (0,38–0,40 °C/10 лет), минимальные — на ст. Архара и Софийский Прииск (0,26–0,28 °C/10 лет). Осенью наибольшая скорость повышения температуры воздуха прослеживается на ст. Чекунда (0,55 °C/10 лет), минимальная — на ст. Каменка (0,45 °C/10 лет) (см. табл. 2).

На основании выявленных тенденций изменения приземной температуры воздуха в бассейне Буреи можно рассчитать ее на середину XXI в. (2050 г.). Если предположить, что в будущем в бассейне реки будут сохраняться выявленные нами тенденции повышения температуры воздуха, то средняя годовая температура воздуха в среднем по бассейну при скорости повышения 0,23 °C или 0,47 °C за 10 лет к 2050 г. может увеличиться соответственно на 0,92 °C или 1,88 °C по сравнению с современным периодом. Такое повышение температуры воздуха будет равносильно смещению природных зон в равнинной части бассейна реки на 100–200 км к северу, в горных районах — на 100–200 м вверх по вертикали.

В районе исследования широко распространена многолетняя мерзлота, которая четко реагирует на изменение климата. Потепление в бассейне реки увеличит деградацию многолетней мерзлоты, особенно в южной части. Оттаивание мерзлых пород в результате потепления может привести к катастрофическим последствиям в районах прохождения железнодорожных магистралей и трубопроводов в населенных пунктах. Деградация льдонасыщенных пород в результате потепления будет сопровождаться просадками земной поверхности и развитием опасных мерзлотных (криогенных) геологических процессов: термокарста, термоэрозии. Возникнет угроза разрушения зданий и инженерных сооружений, возведенных с сохранением мерзлого основания.

В зависимости от режима выпадения осадков и дренажных условий разрушение многолетней мерзлоты может привести к дополнительному выбросу парниковых газов, превращению лесов в бо-

лота, лугов — в водно-болотные экосистемы, а также вызвать серьезные проблемы эрозии. Таяние вспученных льдом торфяников будет сопровождаться интенсивными просадками их поверхности. Усилятся оползневые процессы на оттаивающих склонах, скорость смещения талого грунта, развитие термокарста [1, 2, 7, 8].

Анализ данных последних двадцатилетних мониторинговых наблюдений и геотермических исследований в Якутии [1, 2, 7, 8] свидетельствует о широко распространенной деградации верхних горизонтов криолитозоны (повышение температуры многолетнемерзлых пород, уменьшение их площади, возрастание глубины сезонного протаивания). Повышение температуры мерзлоты в этих районах может быть вызвано как потеплением климата, так и возрастанием отложений снега.

Основными параметрами многолетней мерзлоты являются ее среднегодовая температура, глубина залегания нижней границы (вертикальная мощность), а также мощность сезонноталого слоя. Распространение разных типов многолетней мерзлоты (сплошной, прерывистой, островной, редкоостровной) довольно тесно связано с климатическими условиями местности. Температурный режим приземного слоя воздуха влияет на температурный режим почвы. Данные по среднегодовой температуре воздуха для пунктов, расположенных в разных типах многолетнемерзлых пород, приведены в [8]. Их анализ показал, что на территории со сплошным типом ММП среднегодовая температура воздуха ниже  $-9^{\circ}\text{C}$ ; при преимущественно сплошном типе преобладает диапазон температур от  $-6,5$  до  $-9^{\circ}\text{C}$ ; при прерывистом — от  $-4,5$  до  $-6,4^{\circ}\text{C}$ ; массивно-островном — от  $-3$  до  $-4,4^{\circ}\text{C}$ ; островном — от  $-2,1$  до  $-3,0^{\circ}\text{C}$ ; редкоостровном — от  $-1,0$  до  $-2,0^{\circ}\text{C}$ ; спорадическом — от  $-0,5$  до  $-1,0^{\circ}\text{C}$ ; перелетки — от  $-0,2$  до  $-0,5^{\circ}\text{C}$ ; сезонном — выше  $-0,1^{\circ}\text{C}$ .

По данным наблюдений за период 1981–2008 гг. средняя годовая температура воздуха в северной части бассейна Буреи на ст. Софийский Прииск равна  $-6,3^{\circ}\text{C}$ , в центральной части бассейна (ст. Чекунда) она составляет  $-3,2^{\circ}\text{C}$ , на юге бассейна на ст. Каменка —  $-0,8^{\circ}\text{C}$ . Если оправдается прогнозируемый нами сценарий повышения температуры воздуха к 2050 г. на  $0,9$ – $1,9^{\circ}\text{C}$ , тогда в северной его части среднегодовая температура воздуха на ст. Софийский Прииск составит  $-4,4$ – $-5,4^{\circ}\text{C}$ , в центральной части на ст. Чекунда —  $-1,3$ – $-2,3^{\circ}\text{C}$ , южной части бассейна на ст. Каменка —  $0,1$ – $1,1^{\circ}\text{C}$ . Исходя из этих температурных данных, можно предположить следующие изменения ММП. В южной части бассейна будет преобладать сезонная мерзлота, в центральной — редкоостровная и островная, в северной — прерывистая и массивно-островная. Южная граница многолетней мерзлоты по сравнению с современным периодом должна переместиться на  $100$ – $200$  км в северном направлении в центральную часть бассейна.

При прогнозировании температуры воздуха можно говорить лишь о некоторых фоновых средних характеристиках климатического режима, характерных для метеостанций, расположенных обычно на открытых выровненных пространствах в долинах рек и очень редко (как ст. Софийский Прииск) на вершине сопки. В бассейне Буреи преобладает горный рельеф, который приводит к большой пространственной неоднородности температурных полей почвы и приземного воздуха. Как показывают исследования, тепловой режим почвогрунтов во многом определяется величиной и структурой составляющих теплового и радиационного балансов [5, 8, 9].

Величина и структура элементов теплового и радиационного баланса в горах изменяется в зависимости от высоты местности, крутизны и ориентации склонов, закрытости горизонта, характера подстилающей поверхности. Поэтому в горных районах микро- и мезоклиматические пространственные изменения составляющих теплового и радиационного балансов в пределах малых горных водосборов бывают сопоставимы с макромасштабными, т. е. изменения в пределах  $100$ – $1000$  м сопоставимы со сдвигом по широте на  $5$ – $10^{\circ}$  [9]. В связи с этим изменения многолетней мерзлоты в почвогрунтах горных территорий конкретных мест при повышении фоновой температуры колеблются в ту или другую сторону сильнее или слабее, чем на равнинных участках местности.

## ВЫВОДЫ

В бассейне Буреи последние 72 года происходит чередование аномально теплых и холодных периодов. На фоне многолетних колебаний в температуре воздуха выявлены устойчивые положительные тренды к потеплению. За период 1936–2008 гг. среднегодовая температура воздуха здесь возросла со скоростью  $0,23^{\circ}\text{C}/10$  лет. Наибольшее потепление по сезонам года отмечается в зимне-весенний период ( $0,32$ – $0,37^{\circ}\text{C}/10$  лет), скорость потепления летом и осенью снизилась в  $3$ – $4$  раза. За период 1976–2008 гг. рост среднегодовой температуры воздуха составил  $0,47^{\circ}\text{C}/10$  лет, что более чем в два раза превышает скорость глобального потепления.

Выявленные тенденции потепления климата показывают, что к 2050 г. среднегодовая температура воздуха в бассейне Буреи может увеличиться на 0,9–1,9 °С, что равносильно смещению природных зон на 100–200 км к северу и в горных районах на 100–200 м вверх по вертикали. Потепление будет способствовать деградации многолетней мерзлоты, особенно на южной границе ее распространения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Оценочный** доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. 1: Изменения климата. — М.: Росгидромет, 2008. — 227 с.
2. **IPCC 2007.** Climate Change, 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Eds. S. Solomon, D. Quin, M. Manning et al. — Cambridge, United Kingdom; New York: Cambridge Univ. Press, 2007. — 996 p.
3. **Мордовин А. М., Шестёркин В. П., Антонов А. Л.** Река Бурея: гидрология, гидрохимия, ихтиофауна. — Хабаровск: Изд-во Ин-та водных и экологических проблем ДВО РАН, 2006. — 149 с.
4. **Алисов Б. П.** Климат СССР. — М.: Высш. шк., 1956. — 104 с.
5. **Петров Е. С., Новороцкий П. В., Леншин В. Т.** Климат Хабаровского края и Еврейской автономной области. — Владивосток; Хабаровск: Дальнаука, 2000. — 174 с.
6. **Научно-прикладной** справочник по климату СССР. Сер. 3. Ч. 1–6, вып. 25: Хабаровский край, Амурская область. — СПб.: Гидрометеиздат, 1992. — 560 с.
7. **Оценочный** отчет. Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования. — <http://www.greenpeace.org>
8. **Гаврилова М. К.** Климаты холодных регионов Земли: Учебное пособие. — Якутск: Изд-во СО РАН, 1998. — 206 с.
9. **Адаменко В. Н., Богданов А. Л., Новороцкий П. В.** К оценке пространственно-временной изменчивости составляющих теплового и водного баланса восточной части трассы БАМ // Метеорология и гидрология. — 1981. — № 11. — С. 58–70.

*Поступила в редакцию 22 декабря 2011 г.*