УДК 551.324 + 551.501.776

БИОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РЕКРЕАЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

В.В. Севастьянов, Е.С. Сапьян, Л.Б. Филандышева

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

Горное рекреационное природопользование является важным научным и практическим направлением деятельности различных государств. Рассмотрены закономерности распределения классов погоды момента с высотой местности в условиях Алтае-Саянской горной страны в летний период. Предложена методика биоклиматической оценки горных территорий для рекреационной деятельности в условиях крайне редкой сети метеорологических станций.

Ключевые слова: биоклиматический потенциал, классы погоды, Алтай, Саяны, климатические показатели, рекреационные ресурсы.

Введение

В настоящее время активно развивается специфическое горное рекреационное природопользование, направленное на активный отдых, восстановление здоровья и сил людей. Это научное и практическое направление реализуется в различных государствах, на территориях которых располагаются горные регионы. В соответствии с определением, изложенном в Европейской хартии горных регионов и утвержденным Советом Европы, «горные регионы – это местности, где высота, рельеф и климат создают особые условия, влияющие на повседневную человеческую деятельность» [Селиверстов, 2002].

Более 40 % территории России составляют горные территории с высотой более 1 000 м над уровнем моря. Основные горные регионы России (Хибины, Кавказ, Урал, Алтай, Саяны, Кузнецкий Алатау, хребты Прибайкалья и Забайкалья, Дальнего Востока и др.) постепенно осваиваются туристско-рекреационной и спортивной сферами деятельности.

Алтае-Саянская горная область является одной из наиболее перспективных областей для развития рекреационного природопользования. При этом степень изученности эколого-климатических характеристик в горных районах недостаточная. Это связано, прежде всего, с малым количеством метеорологических станций в горах. Большинство станций находится в широких долинах и котловинах, поэтому основная часть горных территорий, особенно верхние уровни, оказываются совершенно неосвоенными в метеорологическом отношении, хотя необходимость в этом становится все более очевидной по многим причинам, включая туризм и рекреацию, развитие которых требует проведения оценки биоклиматического потенциала территории.

В ряде работ, посвященных исследованию закономерностей изменения биоклиматических условий в горах, использовались комплексные метеорологические показатели – классы погоды момента (КПМ). Эта классификация погоды наиболее полно отвечает требованиям, предъявляемым к биоклиматической оценке территорий [Русанов, 1973, 2004; Исаев, 2001; Сухова, Русанов, 2004; Трубина и др., 2010].

Изученные комплексные биоклиматические показатели позволяют с большой долей вероятности прогнозировать влияние горных климатов на тепловое состояние человека, на условия климатотерапии и климатопрофилактики, а также на рациональную организацию режима труда, быта и отдыха населения. Без такой биоклиматической основы, по нашему мнению, невозможно решение сложных эколого-климатических и социальных проблем.

Цель и задачи исследования

Целью исследования является необходимость выявления основных закономерностей изменения с высотой в горах биоклиматических показателей, связанных с теплообменом организма человека при различных видах деятельности. Эти показатели являются очень важными как для целей рекреации, так и для эффективной хозяйственной деятельности.

Для достижения цели необходимо было решить следующие задачи: 1) определить систему погодно-климатических показателей, наиболее полно отражающих влияние погоды на человека в горных условиях; 2) разработать способы определения специализированных биоклиматических показателей в условиях редкой сети метеорологических станций, а также методы представления этих данных в удобной форме для практического использования; 3) оценить изменение комплексного воздействия погоды и кли-

мата на организм человека в связи со сменой климатических условий в горах на основе многофакторного подхода и выбора оптимальных современных информационных методов.

Используемый материал и методика исследования

В качестве основных исходных материалов были использованы данные о структуре климата в погодных моментах в горах Южной Сибири [Биоклиматический атлас..., 1977]. Для составления этого атласа взяты метеорологические наблюдения на 177 метеорологических станциях обширной территории Сибири и Дальнего Востока за период 1936–1960 гг. Ежедневные метеорологические данные были обработаны по специальной методике [Русанов, 1973]. По обработанным материалам были составлены таблицы повторяемости температуры воздуха в определенных градациях при различных сочетаниях влажности воздуха, скорости ветра и облачности. С помощью этих таблиц были выделены классы погоды момента, подсчитаны их повторяемости и построены климатограммы для всех станций.

Для характеристики биоклиматических условий Алтае-Саянской горной области были использованы данные на 23 метеорологических станциях. Все выбранные станции расположены между 50–55° с.ш. Сюда вошли как предгорные станции, так и расположенные в горах (табл. 1). Большинство метеорологических станций находятся в низкогорной части региона. Самой высокогорной является станция Кара-Тюрек, расположенная на отроге Катунского хребта, ее абсолютная высота равна 2 600 м.

Дополнительно были использованы материалы из справочников по климату СССР [Справочник по климату..., 1965–1970] и Научно-прикладным справочникам [Научно-прикладной справочник..., 1990–1993], данные из архивов ВНИИГМИ-МЦД (1936–2015), а также научные статьи и монографии [Русанов, 1973, 2004; Башалханова и др., 1989; Сухова, 2009; Луковская, Севастьянов, 2011].

Для практического использования характеристик биоклиматических показателей в пределах Алтае-Саянской горной области, где отсутствуют метеостанции, применены косвенные методы оценки по-

вторяемости различных классов и групп погоды. Для установления закономерностей изменения биоклиматических условий в горах использованы комплексные метеорологические показатели КПМ за 13 ч, которые характеризуют дневные погодные условия, когда пребывание людей на открытом воздухе наиболее вероятно.

Разработанная В.И. Русановым [1973] классификация погоды наиболее полно отвечает требованиям, предъявляемым к биоклиматической оценке территорий. Эти показатели отражают тепловое состояние человека и условия его теплообмена с окружающей средой. Экспертные оценки отмечают, что классы погоды момента можно считать наиболее оптимальными и физически обоснованными для комплексной оценки влияния погоды и климата на здоровье человека [Трубина и др., 2004, 2010].

Каждый класс погоды момента оценивает тепловое состояние человека и определяется строго ограниченными интервалами температуры и влажности воздуха, скорости ветра и нижней облачности (табл. 2).

Все классы погоды ограничены пятиградусными интервалами температуры воздуха. Характеристики относительной влажности воздуха разделены на четыре градации: 0–29, 30–59, 60–79 и ≥ 80 %. По скорости ветра на высоте флюгера выделено пять градаций: 0–1, 2–3, 4–7, 8–15 и ≥ 15 м/с. Количество облачности нижнего яруса разделено на две градации: 0–5 и 6–10 баллов (ясно и облачно соответственно). Деление метеорологических величин на соответствующие градации обосновано их физиологическим воздействием на человека [Русанов, 1973, 2004]. В табл. 2 приведены характеристики КПМ для теплого времени года с положительными температурами. Всего выделено семь классов погоды.

Особенностью летнего сезона в высокогорных районах является наличие в летние месяцы отдельных дней с отрицательными температурами воздуха в дневное время. Повторяемость таких дней с июня по август составляет от 13 до 17 %. Все эти случаи относятся условно к КПМ VI класса (резко холодно).

В табл. 3 приведены характеристики классов погоды момента с учетом напряжения систем терморегуляции (СНСТ), преобладающего теплоощущения человека и условия климатотерапии.

Таблица 1

Распределение количества горных метеорологических станций на различных высотных уровнях

Table 1

The number of mountain meteorological stations at different altitude levels

Показатель	Высота, м				Всего
	< 500	500–1 000	1000–1 500	> 1 500	
Количество метеорологических станций	9	6	4	4	23

Таблица 2

Классы погоды момента и группы погод при положительных температурах воздуха

Table 2

The moment weather classes and weather groups at air temperatures above zero

Нижняя облачность, баллы	Относительная влажность, %	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °C							
			выше 35	30,0–34,9	25,0–29,9	20,0–24,9	15,0–19,9	10,0–14,9	5,0–9,9	0,0–4,9
0–5 (ясно)	0–29	0–1	I	I	II	III	III	IV	V	VI
		2–3	I	I	II	III	IV	V	VI	VI
		4–7	I	II	III	IV	IV	V	VI	VI
		8–15	I	II	III	IV	V	VI	VI	VI
	30–59	0–1	I	I	II	III	III	IV	V	VI
		2–3	I	I	II	III	IV	V	VI	VI
		4–7	I	II	III	IV	IV	V	VI	VI
		8–15	I	II	III	IV	V	VI	VI	VI
	60–79	0–1	VII	I	II	II	III	IV	V	VI
		2–3	VII	I	II	III	IV	V	VI	VI
		4–7	VII	II	III	IV	V	VI	VI	VI
		8–15	VII	II	III	IV	V	VI	VI	VI
	80–100	0–1	VII	VII	VII	VII	III	IV	V	VI
		2–3	VII	VII	VII	III	IV	V	VI	VI
		4–7	VII	VII	VII	IV	V	VI	VI	VI
		8–15	VII	VII	III	IV	V	VI	VI	VI
6–10 (облачно)	0–29	0–1	II	II	III	IV	IV	V	V	VI
		2–3	II	III	III	IV	V	V	VI	VI
		4–7	II	III	IV	IV	V	VI	VI	VI
		8–15	II	III	IV	IV	V	VI	VI	VI
	30–59	0–1	I	II	III	III	IV	V	V	VI
		2–3	I	II	III	IV	V	VI	VI	VI
		4–7	II	III	IV	IV	V	VI	VI	VI
		8–15	II	III	IV	V	V	VI	VI	VI
	60–79	0–1	VII	II	II	III	IV	V	V	VI
		2–3	VII	II	III	IV	V	VI	VI	VI
		4–7	VII	II	III	IV	V	VI	VI	VI
		8–15	VII	III	IV	V	VI	VI	VI	VI
	80–100	0–1	VII	VII	VII	III	IV	V	V	VI
		2–3	VII	VII	III	IV	V	VI	VI	VI
		4–7	VII	II	III	IV	V	VI	VI	VI
		8–15	VII	II	III	IV	V	VI	VI	VI

Примечание. I класс – жарко и сухо; II – тепло; III – комфортно; IV – умеренно холодно; V – холодно; VI – резко холодно; VII – жарко и влажно.

Note. I class – hot and dry; II – warm; III – comfortable; IV – moderately cold; V – cold; VI – sharply cold; VII – hot and humid.

Таблица 3

Степень напряжения системы терморегуляции человека и теплоощущение при разных классах погоды момента при положительной температуре воздуха [Русанов, 1981]

Table 3

The tension of the human thermoregulation system and heat perception at different classes of weather at air temperature above zero [Rusanov, 1981]

Показатель	Классы погоды момента						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
СНСТ	Сильное	Слабое и среднее	Минимальное	Слабое	Среднее	Сильное	Чрезмерное
Условия климатотерапии	Ограничены	Возможны все виды при строгом контроле	Все виды, при облачной погоде исключена гелиотерапия	Все виды в сочетании с физическими упражнениями	Возможно длительное пребывание на воздухе		Ограничены
Теплоощущения	Жарко и сухо	Тепло	Комфортно	Умеренно холодно	Холодно	Резко холодно	Жарко и влажно

Для оценки степени благоприятности климата для туристско-рекреационной деятельности в Алтае-Саянской горной области в качестве исходных были использованы климатограммы КПМ за летний период: июнь–август [Биоклиматический атлас..., 1977]. Оцифрованные исходные данные обрабатывались современными статистическими методами для выявления и моделирования закономерностей распределения КПМ в горных условиях. Проводился корреляционный и регрессионный анализ повторяемости различных КПМ, а также интегрированных групп погоды в зависимости от абсолютной высоты местности.

Результаты и обсуждение

Для пространственно-временной характеристики биоклиматических показателей для целей рекреации в Алтае-Саянской горной стране определены взаимные корреляционные зависимости повторяемостей КПМ от метеорологических величин и от абсолютной высоты местности.

Для биоклиматической характеристики условий в теплый период года выделено семь КПМ. Наиболее тесные корреляционные связи повторяемости некоторых КПМ наблюдаются с температурой воздуха и абсолютной высотой местности. В летний период года физически обоснована тесная зависимость температуры воздуха от высоты местности.

Выбор такого предиктора, как абсолютная высота местности, для оценки повторяемости КПМ позволяет оценить климато-рекреационные ресурсы горных территорий Сибири.

Следует отметить, что случаи дискомфорта жаркой и влажной погоды (КПМ VII) в условиях резко континентального климата Западной Сибири и тем более в горах в рассматриваемый период не отмечались.

Жаркая сухая погода (КПМ I) тоже является дискомфортной и бывает на Алтае и в Саянах относительно редким явлением. Такие погодные условия создаются в июле в предгорных и низкогорных районах (Бийск, Белокуриха, Чемал, Минусинск и др.). Все эти станции располагаются ниже 300–400 м. Повторяемость жарких сухих погод (КПМ I) в среднем не превышает 6–8 %, или 2–3 дня чаще всего в июле.

С увеличением высоты местности в горах наблюдается закономерное уменьшение повторяемости теплой погоды (КПМ II). В самом теплом месяце в июле такой класс погоды отмечается только до высоты 1 000–1 100 м. В низкогорных районах повторяемость КПМ II составляет 20–25 %. Коэффициент корреляции между КПМ II и абсолютной высотой равен 0,77 (табл. 4).

Повторяемость комфортной погоды (КПМ III) тоже быстро уменьшается с высотой. В июле такой класс погоды наблюдается до высоты 1 500–1 600 м. В предгорных районах ее повторяемость составляет 35–40 %. Коэффициент корреляции между КПМ III и высотой местности равен 0,79.

Повторяемость умеренно-холодной погоды (КПМ IV) и холодной погоды (КПМ V) от высоты местности меняется слабо. Коэффициенты корреляции статистически не значимы на уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Повторяемость резко холодной погоды (КПМ VI) в июле резко увеличивается с высотой. Коэффициент корреляции между КПМ VI и высотой местности равен 0,83. Такие погоды летом формируются после прохождения холодных арктических атмосферных фронтов на высотах 200–300 м. Повторяемость таких погод с высотой возрастает. Например, их повторяемость в июле на высоте 2 600 м (Кара-Тюрек) достигает 60 %. Повторяемость резко холодной погоды достигает в июле 100% уже на высоте 3 500–3 600 м. В другие летние месяцы резко холодная погода может наблюдаться и на меньших абсолютных высотах.

В качестве примера на рис. 1 приведены графики корреляционной зависимости повторяемости КПМ II, КПМ III и КПМ VI от абсолютной высоты в самом теплом месяце (в июле).

Для трех летних месяцев были рассчитаны коэффициенты парной корреляции между повторяемостью КПМ и абсолютной высотой места. Физическое обоснование таких зависимостей объясняется тем, что в теплый период года повторяемость КПМ теснее всего связана с температурой воздуха [Луковская, Севастьянов, 2011], которая в свою очередь зависит от абсолютной высоты.

Результаты корреляционного и регрессионного анализа повторяемости КПМ и абсолютной высоты местности за все летние месяцы приведены в табл. 4.

Рис. 1. Корреляционная зависимость повторяемости (%) КПМ II, КПМ III, КПМ VI от абсолютной высоты местности. Алтай, Саяны. Июль

Fig. 1. Correlation dependence of repeatability (%) of KPM II, KPM III, and KPM VI on the absolute height. Altai, Sayans. July

Таблица 4

Уравнения регрессии зависимости повторяемости (%) классов погоды $P_{\text{КПМ II}}$, $P_{\text{КПМ III}}$, $P_{\text{КПМ VI}}$ от абсолютной высоты местности и их статистические характеристики

Table 4

Regression equations of repeatability (%) of weather classes $P_{\text{КПМ II}}$, $P_{\text{КПМ III}}$, $P_{\text{КПМ VI}}$ dependence on the absolute altitude and their statistical characteristics

Месяц	Уравнение регрессии	$R \pm m$	R^2	F	Значимость уравнения при $\alpha = 0,05$
Июнь	$P_{\text{КПМ II}} = -0,0057 \cdot h + 11,9$	$-0,82 \pm 0,12$	0,6803	44,7	Значимо
	$P_{\text{КПМ III}} = -0,0107 \cdot h + 26,9$	$-0,74 \pm 0,15$	0,5542	26,1	Значимо
	$P_{\text{КПМ VI}} = 0,0226 \cdot h + 7,3$	$0,86 \pm 0,11$	0,7445	61,2	Значимо
Июль	$P_{\text{КПМ II}} = -0,011 \cdot h + 20,0$	$-0,85 \pm 0,12$	0,7268	35,7	Значимо
	$P_{\text{КПМ III}} = -0,014 \cdot h + 36,1$	$-0,79 \pm 0,13$	0,6316	36,0	Значимо
	$P_{\text{КПМ VI}} = 0,017 \cdot h + 0,2$	$0,83 \pm 0,12$	0,6808	43,4	Значимо
Август	$P_{\text{КПМ II}} = -0,0101 \cdot h + 21,8$	$-0,79 \pm 0,13$	0,6303	35,8	Значимо
	$P_{\text{КПМ III}} = -0,0128 \cdot h + 36,7$	$-0,76 \pm 0,14$	0,585	29,6	Значимо
	$P_{\text{КПМ VI}} = 0,0136 \cdot h - 4,7$	$0,82 \pm 0,12$	0,6753	43,7	Значимо

Примечание. h – высота, м; R – коэффициент корреляции; m – погрешность коэффициента корреляции; R^2 – коэффициент детерминации; F – критерий Фишера.

Note. h – altitude, m; R – the correlation coefficient, m – correlation coefficient error, R^2 – the coefficient of determination; F – Fisher's criterion.

Теснота корреляционной связи между повторяемостью КПМ и абсолютной высотой во все летние месяцы оказалась достаточно высокой (коэффициент корреляции находится в пределах 0,74–0,86). Значимость парных коэффициентов корреляции между повторяемостью КПМ II, КПМ III и КПМ VI и высотой была оценена сравнением рассчитанных коэффициентов корреляции с табличными критическими значениями по критерию Стьюдента [Исаев, 1988]. Все коэффициенты корреляции статистически значимы при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Коэффициент детерминации R^2 показывает, что до 60–70 % вариаций повторяемостей КПМ объясняется изменением высоты местности, которая в свою очередь в большой степени определяет температурный режим.

Дисперсионный анализ с использованием F -критерия Фишера показал, что полученные уравнения тоже являются значимыми (достоверными) при уровне значимости $\alpha = 0,05$, или 5%.

Для практического использования показателей рекреационного природопользования целесообразно использовать интегральные оценки погоды.

Для интегральной оценки климаторекреационных ресурсов при положительных температурах в летний период вместо семи КПМ используются четыре группы погод: оптимальные (ОП), удовлетворительные (УП), неудовлетворительные (НУП) и крайне неудовлетворительные (КНУП) [Башалханова и др., 1989].

В группу ОП входят КПМ II, КПМ III и КПМ IV. Для них характерны погоды малооблачные, сопровождающиеся минимальным или средним напряжением систем терморегуляции человека.

Оптимальные погоды хорошо переносятся на открытом воздухе здоровыми и больными людьми, позволяют проводить туристические походы, прогулки, климатотерапию. Работы на открытом воздухе ведутся без ограничения.

Удовлетворительные погоды объединяют малооблачные и ясные погоды КПМ V и КПМ VI. Степень функционального напряжения систем терморегуляции средняя и сильная. Эти погоды не вызывают дискомфорта, позволяют проводить туристические походы и работы на открытом воздухе.

Неудовлетворительные погоды включают все облачные погоды от КПМ II до КПМ VI. Влияние значительной облачности для оценки условий отдыха и работы значительно сложнее из-за воздействия на тепловое состояние человека и влияния различных атмосферных явлений, которые приводят к появлению дискомфорта у здоровых людей, а у больных могут вызывать нарушения состояния здоровья (обострение некоторых хронических заболеваний, метеопатии).

Группа крайне неудовлетворительных погод характеризует степень напряжения систем терморегуляции как сильную и чрезмерную. В нее отнесены КПМ I, КПМ VII и КПМ XIII.

В свою очередь предложенные четыре интегрированные группы погоды для целей горного рекреационного природопользования могут быть еще объединены. Так, ОП и УП могут быть объединены в группу благоприятных погод (БП), по крайней мере, для рекреационного природопользования в горах.

К неблагоприятным погодам (НБП) относятся НУП и КНУП.

Таким образом, предложенные интегрированные группы погоды характеризуют степень функционального напряжения систем терморегуляции организма человека, и поэтому лучшим образом отражают их пригодность как для организации лечебно-оздоровительной, так и туристско-рекреационной деятельности. Их соотношение приведено в табл. 5.

Для горных районов, где нет метеорологических станций или не была произведена ранее оценка повторяемостей КПМ, возможно использование косвенных способов определения повторяемостей интегральных групп погод.

Применение косвенных методов, основанных на корреляционных зависимостях повторяемости групп погод от средних месячных значений метеорологических показателей, которые используются для характеристики КПМ, показано в работе [Луковская, Севастьянов, 2011]. Средние месячные значения температуры воздуха, скорости ветра, относительной влажности могут быть получены расчетными способами [Севастьянов, 1998, 2009].

В табл. 6 для примера показана теснота корреляционной связи между повторяемостью дней с ОП и средними месячными метеорологическими величинами и абсолютной высотой местности.

Из корреляционной матрицы следует, что наибольшая теснота связи числа дней с ОП отмечается со средней месячной температурой воздуха.

В теплый период такая же статистически значимая корреляционная зависимость отмечается между средней месячной температурой воздуха и абсолютной высотой местности. Именно абсолютная высота местности и, следовательно, температура воздуха летом являются главным лимитирующим фактором процессов теплообмена при различных группах погоды.

Высокая теснота связи повторяемости групп погоды от абсолютной высоты места (табл. 6) позволяет в летние месяцы использовать ее в качестве предиктора для определения числа дней с разными группами погоды.

При этом отмечается высокая степень корреляционной зависимости между числом дней с ОП и абсолютной высотой местности. Этот факт позволил использовать зависимости групп погоды от высоты местности для анализа их закономерностей в горных районах. Статистический анализ (коэффициент детерминации R^2) показал, что число дней с ОП определяется высотой местности с вероятностью более 66 %. Другие климатические показатели и географические факторы климата влияют значительно в меньшей степени. Корреляционные зависимости числа дней с группами погоды от абсолютной высоты местности показаны на рис. 2.

Уравнения линейной регрессии числа дней с разными группами погоды и их статистические характеристики приведены в табл. 7.

Таблица 5

Интегральная характеристика классов погоды момента в летний период [Башалханова и др., 1989]

Table 5

Integral characteristic of the moment weather classes in the summer period [Bashalkhanova et al., 1989]

Группы погоды		Класс погоды момента
Благоприятные погоды	Оптимальные Удовлетворительные	II, III, IV – все погоды с облачностью 0–5 баллов V, VI – с облачностью 0–5 баллов
Неблагоприятные погоды	Неудовлетворительные Крайне неудовлетворительные	II, III, IV, V, VI – погоды с облачностью 6–10 баллов I, VII, XIII – ясные и облачные погоды

Таблица 6

Парные коэффициенты корреляции между числом дней с оптимальной погодой ($N_{оп}$), температурой воздуха (T , °C), абсолютной высотой местности (h , м), относительной влажностью (F , %), скоростью ветра (V , м/с). Июнь

Table 6

Paired correlation coefficients between the number of days with optimal weather ($N_{оп}$), air temperature (T , °C), the absolute height (h , м), relative humidity (F , %), wind speed (V , м/с). June

	$N_{оп}$	T , °C	F , %	V , м/с
$N_{оп}$	1			
T , °C	0,90	1		
F , %	–0,21	–0,33	1	
V , м/с	–0,38	–0,21	–0,21	1
h , м	–0,80	–0,90	–0,04	0,26

Рис. 2. Зависимость числа дней с оптимальной (ОП), удовлетворительной (УП) и неудовлетворительной погодой (НУП) от высоты местности

Fig. 2. The number of days with optimal, satisfactory and unsatisfactory weather dependence on the terrain height

Таблица 7

Регрессионная зависимость числа дней с интегральными группами погод от абсолютной высоты местности

Table 7

Regression dependence of the number of days with integral weather groups on the absolute altitude of the terrain

Месяц	Группы погоды	Уравнение регрессии	$R \pm m$	R^2	F	Значимость уравнения ($\alpha = 0,05$)
Июнь	Оптимальные	$N_{оп} = -0,0048 \cdot h + 15,75$	$0,81 \pm 0,09$	0,65	76,7	Значимо
	Удовлетворительные	$N_{уп} = 0,0033 \cdot h + 1,515$	$0,75 \pm 0,10$	0,56	55,1	Значимо
	Неудовлетворительные	$N_{нуп} = 0,0015 \cdot h + 12,74$	$0,45 \pm 0,15$	0,20	6,1	Значимо
Июль	Оптимальные	$N_{оп} = -0,0051 \cdot h + 17,53$	$0,79 \pm 0,10$	0,62	56,0	Значимо
	Удовлетворительные	$N_{уп} = 0,0033 \cdot h - 0,8639$	$0,81 \pm 0,09$	0,66	76,2	Значимо
	Неудовлетворительные	$N_{нуп} = 0,0018 \cdot h + 14,34$	$0,44 \pm 0,14$	0,19	12,5	Значимо
Август	Оптимальные	$N_{оп} = -0,0041 \cdot h + 17,1$	$0,66 \pm 0,12$	0,43	27,8	Значимо
	Удовлетворительные	$N_{уп} = 0,0024 \cdot h + 0,03$	$0,72 \pm 0,13$	0,52	42,9	Значимо
	Неудовлетворительные	$N_{нуп} = 0,0017 \cdot h + 14,0$	$0,41 \pm 0,15$	0,17	6,8	Значимо

Примечания. h – высота, м; R – коэффициент корреляции, m – погрешность коэффициента корреляции, R^2 – коэффициент детерминации; F – критерий Фишера.

Note. h – altitude, m; R – the correlation coefficient, m – correlation coefficient error, R^2 – the coefficient of determination; F – Fisher's criterion.

Приведем общие закономерности изменения с высотой числа дней с различными интегральными группами погоды в летние месяцы. Следует отметить, что в разные месяцы изменение числа дней с группами погод на единицу высоты (вертикальных градиентов) остается практически постоянным. В уравнениях регрессии (табл. 7) коэффициент при h показывает, как меняется число дней с группой погоды при изменении высоты на один метр. Знак «минус» показывает, что количество дней с высотой уменьшается, а знак «плюс» показывает их увеличение. Устойчивость коэффициентов уравнений регрессии подчеркивает их высокую степень достоверности. Анализ уравнений регрессии показал, что стандартная погрешность определения числа дней с группами погод не превышает 1–2 дня.

В летний период с июня по август число дней с ОП уменьшается на один день при увеличении высоты местности на 200 м. Коэффициент корреляции составляет 0,80. Повторяемость ОП составляет 15–16 дней на высоте 200–300 м в предгорьях и умень-

шается до 2–3 дней на высоте 2 600–2 800 м. Такие погоды хорошо переносятся на открытом воздухе здоровыми и больными людьми.

К дням с УП относятся случаи с КПМ V и КПМ VI (холодно и резко холодно соответственно) при ясной погоде. В предгорьях такие условия возникают после прохождения холодных атмосферных фронтов. Число дней с УП увеличивается с высотой. Рост числа дней с УП на один день отмечается с увеличением высоты на 300 м. В высокогорных районах дней с теплыми и комфортными погодами практически не бывает. Коэффициент корреляции между числом дней с УП и высотой равен 0,76. В низкогорных районах число таких дней невелико, так как летом воздух после прохождения холодных атмосферных фронтов быстро прогревается. Число дней с УП в низкогорных районах составляет 3–4 случая за месяц, но на больших высотах бывает более 10 дней. УП, как правило, не вызывают дискомфорта теплоощущений у отдыхающих в одежде по сезону. Климатолечение назначается в

сочетании с двигательным режимом. При такой погоде проводятся спортивные мероприятия на воздухе, в том числе ближний и дальний туризм. Степень функционального напряжения систем терморегуляции средняя и сильная.

Число дней с НУП тоже увеличивается с высотой. Однако их зависимость от высоты места выражена слабее. Число пасмурных дней в предгорных районах изменяется от 10 до 18 дней в месяц. На больших высотах число пасмурных дней изменяется в пределах 15–18 дней. Увеличение НУП на один день за месяц отмечается при увеличении высоты местности на 500 м.

Крайне неудовлетворительные погоды – экстремальные погоды, степень напряжения терморегуляции организма человека сильная и чрезмерная. К ним отнесены КПМ I, КПМ VII и КПМ XIII. К КПМ XIII относятся все типы погоды при положительной температуре воздуха и при скорости ветра более 15 м/с. При таких погодных условиях исключается проведение на воздухе всех лечебных процедур и спортивных мероприятий.

Для туристско-рекреационных целей в горных условиях, в отличие от санаторно-курортных, целесообразно выделить две группы погод: БП и НБП (см. табл. 5).

Так, к благоприятным погодам для туристических целей отнесены ОП и УП группы погоды. При путешествиях летом при ясной погоде по мере увеличения высоты в горах естественно понижается температура воздуха, но дополнительная современная экипировка может сохранять среднее или минимальное напряжение системы терморегуляции путешественников.

Неблагоприятные погоды объединяют НУП и КНУП. В пределах Алтае-Саянской горной страны из числа КНУП лишь изредка (1–2 дня) отмечается КПМ I (жарко и сухо) и только в низкогорной зоне. В этом случае наблюдается дискомфорт в любой одежде, и человек испытывает сильную степень напряжения систем терморегуляции. Следует учесть, что жаркие и влажные погоды (КПМ VII) и погоды с сильным ветром (КПМ XIII) в горах летом не наблюдались. Таким образом, днями с неблагоприятными погодными считаются дни НУП с облачной погодой (6–10 баллов).

Особое внимание следует обратить на изменение повторяемости дней с НУП с высотой. Облачная погода кроме воздействия на тепловое состояние человека может создавать комплекс условно рефлекторных и метеотропных реакций. На человека могут оказывать угнетающее действие звуки дождя, грозовых разрядов, сильного ветра, колебания атмосферного давления, изменение напряженности электрического поля и другие явления. НУП приводят к появлению дискомфортных ощущений у здоровых лю-

дей, а у больных могут вызвать метеопатию и обострение хронических заболеваний.

Заметим, что для здоровых, спортивных людей не все погоды с количеством нижней облачности более 5 баллов являются на самом деле неудовлетворительными. Это может быть погода, например, комфортной по тепловому режиму (КПМ III, КПМ IV), с облачностью 6–8 баллов. Неблагоприятное влияние оказывает на человека лишь погода с осадками. Классификация погоды момента не отражает непосредственно тепловое состояние человека в дождливые дни. Примем условно, что дождливые дни с осадками 1 мм и более за сутки являются неблагоприятными для рекреационной деятельности. Проанализируем пространственное распределение повторяемостей таких дней.

В летние месяцы определялась зависимость между числом дней с облачной погодой (НУП) и числом дождливых дней на 24 горных метеорологических станциях (см. табл. 8). Наблюдаются тесные корреляционные связи между количеством дней с осадками не менее 1 мм и повторяемостью НУП (классов с облачной погодой). Примерно такая же теснота аналогичных корреляционных связей отмечена в летние месяцы в других ландшафтных зонах равнинной части Западной Сибири [Русанов, 1973, с. 50].

По приведенным в табл. 8 уравнениям регрессии выполнены расчеты среднего числа дней с осадками в летние месяцы и количества дней без осадков при облачной погоде. Они представлены в табл. 9.

При определении количества дней с НБП для целей рекреации и туризма следует учитывать, что к ним можно относить лишь дни с осадками 1 мм и более. Дни с НУП, но без осадков вполне можно отнести к группе удовлетворительных погод.

Из анализа табл. 10 следует, что с ростом повторяемости дней с НУП увеличивается число дней с осадками. Заметим, что в низкогорных районах до высоты 500–600 м неудовлетворительные погоды (НУП) бывают при КПМ III, КПМ IV, КПМ V, КПМ VI. В горных районах выше 1 500 м НУП бывают в основном при КПМ V и КПМ VI (холодных и резко холодных соответственно).

Таким образом, из числа дней с НУП в разные летние месяцы от 2 до 6 дней еще могут считаться относительно благоприятными для различных видов рекреационной деятельности, кроме приема солнечных ванн.

Можно с большой вероятностью предположить, что в половине случаев осадки выпадают в ночное время. Это можно объяснить тем, что большая нижняя облачность, выпадение осадков в горах связаны с прохождением атмосферных фронтов и не связаны со временем суток. При ночном выпадении осадков днем вполне можно проводить различные мероприятия. Поэтому с уверенностью можно считать, что

число дней с неблагоприятной погодой для рекреационного природопользования еще меньше на 2–3 дня.

В качестве примера в табл. 10 приведены количественные характеристики повторяемостей групп погоды в днях на нескольких метеорологических станциях на Алтае. Станция Белокуриха расположена на территории широкоизвестной общероссийской курортно-оздоровительной здравницы в северных предгорьях Алтая. Станция Чемал находится в меридионально ориентированной части долины р. Катунь с мягким благоприятным климатом, благодаря часто повторяющимся фоновым ветрам. Эта местность широко известна и чрезвычайно популярна среди рекреантов не только сибирского региона но и сопредельных территорий. Это один из наиболее посещаемых туристами регион Республики Алтай.

Остальные метеорологические станции расположены в центральной части Республики Алтай. Станция Онгудай находится в Урскульской котловине, станция Кош-Агач – в высокогорной обширной Чуйской котловине в южной части Республики Горный Алтай вблизи монгольской границы. Чуйская котловина известна засушливым климатом, максимальной продолжительностью солнечного сияния и, соответственно, максимальными величинами прихода солнечной радиации.

Станция Кара-Тюрек расположена в отрогах Катунского хребта близ вершины Белуха. Эта станция является самой высокогорной в России.

Из анализа табл. 10 следует, что в предгорных районах наиболее часто повторяются дни с ОП в июле. В горных районах наблюдается тенденция увеличения дней с ОП от июня к августу. Это связано с общей тенденцией уменьшения облачности к концу летнего периода. Повторяемость дней с ОП быстро убывает с высотой местности.

Удовлетворительные погоды бывают не очень часто в низкогорных районах и только при вторжениях арктических воздушных масс. Их повторяемость резко возрастает с высотой местности.

Неудовлетворительная погода в горах, с точки зрения медицинской климатологии, повторяется достаточно часто, примерно в половине дней летнего периода.

Для целей рекреационного природопользования в горах более подходит деление интегральных групп погоды на благоприятные и неблагоприятные. Напомним, что к НБП относятся дни с выпадением осадков общей суммой более 1 мм за сутки. В табл. 11 приведено число дней с БП и НБП по тем же метеорологическим станциям.

Общее за летний сезон число дней с БП в среднем составляет 60–70 дней. В высокогорных районах их количество уменьшается незначительно. Причем в межгорных котловинах (Кош-Агач) число дней с БП больше, чем в низкогорных районах (Белокури-

ха, Чемал) за счет увеличения числа дней с малооблачной погодой.

Эти показатели количественно подтверждают значительные климато-рекреационные ресурсы Алтае-Саянской горной страны.

За последние десятилетия большое внимание было привлечено к глобальному потеплению климата. Не остались без внимания показатели изменения климата и в горных регионах Сибири. В многочисленных публикациях об изменении температуры воздуха в Горном Алтае отмечается, что наиболее значительный рост средней годовой температуры (на 1,5–1,9 °C) наблюдается в межгорных котловинах. При этом темпы роста температуры заметно выше в холодный период года и ниже в летние месяцы [Шерстюков, 2009; Харламова, 2012; Севастьянов, 2019].

Изменение в термическом режиме в сторону потепления сказалось на временных характеристиках (датах начала, конца и продолжительности) таких важных климаторекреационных периодах внутри годового цикла, как холодно-снежная часть годового цикла [Рутковская, 1979], гляциальный период [Ревякин, Плотнокова, 1978] и вегетационная часть годового цикла. Холодно-снежная часть годового цикла – это период времени за год со среднесуточными температурами воздуха устойчиво ниже 0 °C. Вегетационная часть годового цикла – это период времени со среднесуточными температурами воздуха 0 °C и выше.

Для станции Кош-Агач был проведен сравнительный анализ динамики временных характеристик указанных структур и основных сезонов (зимнего и летнего) за три периода: 1) с 1936 по 1970 г.; 2) с 1971 по 2006 г.; 3) с 2001 по 2015 г. В результате выяснилось, что дата начала холодно-снежной части годового цикла сместилась на более поздний срок (с 5 октября на 10 октября), а конца – на более ранний (с 17 апреля на 11 апреля). В результате его продолжительность уменьшилась со 196 до 185 дней, соответственно увеличилась продолжительность вегетационной части годового цикла со 170 до 181 дня.

Изменения во временных характеристиках зимнего сезона (периода времени с устойчивыми морозами и устойчивым снежным покровом) от первого к третьему периоду оказались следующими – начало стало наступать на три дня позднее (25 октября), конец – на шесть дней раньше (21 марта), на 10 дней уменьшилась его продолжительность (до 145 дней).

Еще более заметные изменения временных показателей по сравнению с зимним сезоном наблюдаются в летний сезон (период времени со среднесуточными температурами воздуха +10 °C и выше. Так, его продолжительность к третьему периоду увеличилась на 18 дней по сравнению с первым (с 83 до 101 дня), что произошло как за счет более раннего

начала (29 мая против 1 июня), так и более позднего окончания (6 сентября против 25 августа).

Очень важным является вопрос о влиянии современных изменений климата на экологию человека за период после 1960-х гг. по настоящее время. Основные материалы для классификации по классам погоды бы-

ли выполнены за длительный период с относительно устойчивыми характеристиками климата. На примере отдельных горных метеорологических станций в Горном Алтае покажем современную динамику температуры в летний период за 1961–2010 гг. (см. табл. 12).

Таблица 8

Связь между числом дней с осадками 1 мм и более (N) и числом дней с неудовлетворительной погодой (НУП)

Table 8

Relationship between the number of days with precipitation of 1 mm or more (N) and the number of days with unsatisfactory weather

Месяц	Уравнение регрессии	R	R ²	F	Значимость уравнения ($\alpha = 0,05$)
Июнь	$N = 0,98* \text{НУП} - 3,2$	$0,62 \pm 0,17$	0,3866	13,9	Значимо
Июль	$N = 0,86* \text{НУП} - 1,9$	$0,59 \pm 0,17$	0,3434	11,5	Значимо
Август	$N = 0,66* \text{НУП} + 0,9$	$0,60 \pm 0,17$	0,3564	12,2	Значимо

Примечания: N – число дней с осадками 1 мм и более; НУП – среднее число дней с неудовлетворительной погодой; R – коэффициент корреляции; R² – коэффициент детерминации; F – критерий Фишера.

Note: N – the number of days with precipitation of 1 mm or more; NUP – the average number of days with unsatisfactory weather; R – the correlation coefficient; R² – the coefficient of determination; F – Fisher's criterion.

Таблица 9

Соотношение между числом дней с облачной погодой (6–10 баллов) в 13 ч, числом дней с осадками 1 мм и более и дней без осадков. Алтай-Саянская горная страна

Table 9

The ratio between the number of days with cloudy weather (6–10 points) in 13 hours, the number of days with precipitation of 1 mm or more, and days without precipitation. Altai-Sayan mountain country

Число дней с облачной погодой (6–10 баллов) за месяц	Июнь		Июль		Август	
	Число дней с осадками	Число дней без осадков	Число дней с осадками	Число дней без осадков	Число дней с осадками	Число дней без осадков
6	3,3	2,7	3,2	2,8	4,8	1,2
7	3,6	3,4	4,1	2,9	5,5	1,5
8	4,6	3,4	5,0	3,0	6,1	1,9
9	5,6	3,4	5,8	3,2	6,8	2,2
10	6,6	3,4	6,7	3,3	7,5	2,5
11	7,5	3,5	7,5	3,5	8,1	2,9
12	8,5	3,5	8,4	3,6	8,8	3,2
13	9,5	3,5	9,3	3,7	9,4	3,6
14	10,5	3,5	10,1	3,9	10,1	3,9
15	11,4	3,6	11,0	4,0	10,8	4,2
16	12,4	3,6	11,9	4,1	11,4	4,6
17	13,4	3,6	12,7	4,3	12,1	4,9
18	14,4	3,6	13,6	4,4	12,7	5,3
19	15,3	3,7	14,5	4,5	13,4	5,6
20	16,3	3,7	15,3	4,7	14,1	5,9
21	17,3	3,7	16,2	4,8	14,7	6,3
22	18,3	3,7	17,0	5,0	15,4	6,6

Таблица 10

Количество дней с различными группами погоды для медицинских целей в летний период

Table 10

The number of days with different weather groups for medical purposes in the summer period

Станция, высота, м	Июнь			Июль			Август			Сезон (июнь–август)		
	Оптимальные	Удовлетворительные	Неудовлетворительные	Оптимальные	Удовлетворительные	Неудовлетворительные	Оптимальные	Удовлетворительные	Неудовлетворительные	Оптимальные	Удовлетворительные	Неудовлетворительные
Белокуриха, 260	14,1	1,8	14,1	17,7	0,0	13,3	16,7	0,0	14,3	48,5	1,8	41,7
Чемал, 418	11,4	2,1	16,2	14,0	1,9	15,1	15,2	0,0	15,8	40,6	4,3	47,1
Онгудай, 830	13,8	2,1	14,1	15,8	0,0	15,2	16,7	0,0	14,3	46,3	2,1	43,6
Кош-Агач, 1 760	10,3	7,0	12,7	14,6	3,8	12,6	16,4	2,5	12,1	41,3	13,3	37,4
Кара-Тюрек, 2 600	2,3	10,4	17,3	2,8	11,5	16,7	3,1	9,0	18,9	8,2	30,9	52,9

Таблица 11

Количество дней с благоприятными и неблагоприятными группами погоды для рекреационного природопользования в летний период

Table 11

The number of days with favorable and unfavorable weather groups for recreational nature use in the summer period

Станция, высота, м	Июнь		Июль		Август		Сезон (июнь–август)	
	Благоприятные	Неблагоприятные	Благоприятные	Неблагоприятные	Благоприятные	Неблагоприятные	Благоприятные	Неблагоприятные
Белокуриха, 260	21,6	8,4	23,8	7,2	22,9	8,1	68,3	23,7
Чемал, 418	21,1	8,9	23,6	7,4	23,3	7,7	58,0	24,0
Онгудай, 830	23,1	6,9	23,5	7,5	24,4	6,6	71,0	21,0
Кош-Агач, 1 760	25,5	4,5	26,8	4,2	26,9	4,1	79,2	12,8
Кара-Тюрек, 2 600	18,4	11,6	20,7	10,3	19,7	11,3	58,8	33,2

Таблица 12

Коэффициенты наклона линии тренда средних месячных температур воздуха (K, °C/10 лет) и повышение температуры за период 1961–2018 гг. (ΔT, °C)

Table 12

The trend line slope coefficients of average monthly air temperatures (K, °C/10 years) and temperature increase for the period 1961–2018 (ΔT, °C)

Станция, высота, м	Характеристика	Июнь	Июль	Август	Среднее за сезон
Усть-Кан, 1 037	K, °C/10 лет	0,10	0,34	0,28	0,24
	ΔT, °C	0,5	1,7	1,4	1,2
Кош-Агач, 1 760	K, °C/10 лет	0,27	0,38	0,27	0,31
	ΔT, °C	1,4	1,9	1,3	1,5

Темпы повышения температуры воздуха в различных орографических условиях и на разных высотных уровнях изменяются в пределах 0,10–0,38 °C/10 лет. По данным многочисленных публикаций об изменении температуры воздуха в горах [Севастьянов, 1998, 2009, 2019; Харламова, 2012], наиболее значительный рост средней летней температуры воздуха наблюдался в межгорных котловинах на 1,2–1,5 °C.

Повышение температуры воздуха в теплый период года может способствовать повышению доли

комфортных погод. За предшествующий полувековой период в летний период значения средних месячных температур повысились на 1,2 °C. В высокогорной Чуйской котловине (с хорошо выраженным котловинным эффектом) на станции Кош-Агач температура повысилась на 1,5 °C.

Повышение средних месячных температур воздуха на такие значения может привести к увеличению числа дней с ОП не более чем на один день в месяц. Для изменения числа дней с УП на один день необходимо изменение средних температур не менее чем на 3 °C.

Таким образом, влияние современных изменений температурного режима оказывает воздействие на количество дней с разными группами погоды лишь в пределах статистических погрешностей. Поэтому можно отметить, что современные колебания температурного режима пока еще не оказывают существенного воздействия на биоклиматические показатели, влияющие на теплоощущение человека.

Анализ изменений климатического режима и его прогноз на ближайшее будущее показал, что изменение биотермических условий находится в пределах привычных для человека колебаний и не окажет заметного влияния на его здоровье и хозяйственную деятельность.

Выводы

1. В горных регионах физико-географические факторы климата, в частности абсолютная высота и формы рельефа местности, создают особые климатические условия, влияющие на человеческую деятельность. Эффективное использование климатических ресурсов в горных районах Сибири, в частности рекреационное природопользование, должно опираться на современные комплексные эколого-климатические показатели, учитывающие изменения климата с высотой.

2. Для оценки воздействия климата на тепловое состояние человека в горах в качестве основных показателей использованы повторяемости классов погоды момента и интегральные группы погоды. Эти комплексные биоклиматические показатели позволяют наиболее объективно оценивать влияние горных климатов на тепловое состояние человека, рекреационные условия, а также на эффективную организацию режима труда и отдыха населения. Для

характеристики биоклимата в горных районах в условиях крайне редкой сети метеорологических станций использованы косвенные методы с использованием фактора абсолютной высоты местности.

3. По результатам пространственно-временного исследования повторяемости КПМ в пределах Алтае-Саянской горной области получены статистически достоверные эколого-климатические показатели климата на различных высотных уровнях для теплого периода года. Эти характеристики могут быть использованы как для курортно-оздоровительных целей, так и для рекреационного природопользования. Показана средняя многолетняя повторяемость различных КПМ, интегральных групп благоприятных и неблагоприятных погод для различных целей до больших высотных уровней в сравнении с общепризнанными курортно-рекреационными центрами, такими как Белокуриха, Чемал, и другими лечебно-оздоровительными местностями.

4. В местностях с отчетливо выраженными микроклиматическими особенностями (озера, долины с частыми фоновыми явлениями, ледники и др.) целесообразно проводить специализированные микроклиматические наблюдения с привязкой к ближайшим сетевым метеорологическим станциям, расположенным в сходных орографических условиях. Такие наблюдения помогут уточнить местные особенности биоклиматических характеристик горных местностей.

5. Современные изменения климатических условий имеют тенденцию к увеличению степени комфортности биоклиматических характеристик, однако эти изменения в числе дней с благоприятной погодой (по крайней мере) в летний период пока еще не являются статистически значимыми и находятся ниже критерия статистической достоверности.

ЛИТЕРАТУРА

- Башалханова Л.Б., Буфал В.В., Русанов В.И. Климатические условия освоения котловин Южной Сибири. Новосибирск : Наука СО РАН, 1989. 158 с.
- Биоклиматический атлас Сибири и Дальнего Востока / В.И. Русанов и др. Томск, 1988. 106 с.
- Исаев А. А. Статистика в метеорологии и климатологии. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1988. 245 с.
- Исаев А.А. Экологическая климатология. М. : Научный мир, 2001. 458 с.
- Луковская И.А., Севастьянов В.В. Кузнецко-Салаирская область. Климато-рекреационные ресурсы. Berlin ; Leipzig : LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, 2011. 200 с.
- Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. СПб. : Гидрометеиздат, 1990–1993. Вып. 18. С. 20–23.
- Ревякин В.С., Плотнокова Л.А. Структура гляциального периода в горноледниковых бассейнах Алтая // Вопросы географии Сибири. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1978. Вып. 9. С. 48–63.
- Русанов В.И. Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей. Томск : Изд-во Том. гос. ун-та, 1981. 88 с.
- Русанов В.И. Методы исследования климата для медицинских целей // Труды ТНИИКиФ. 1973. Т. XII. 190 с.
- Русанов В.И. Биоклимат Западно-Сибирской равнины / под общ. ред. М.В. Кабанова. Томск : Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2004. 208 с.
- Рутковская Н.В. Климатическая характеристика сезонов года Томской области. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1979. 116 с.
- Севастьянов В.В. Климат высокогорных районов Алтая и Саян. Томск, 1998. 202 с.
- Севастьянов В.В. Климатические ресурсы Горного Алтая и их прикладное использование. Томск : Изд-во ТГПУ, 2009. 252 с.
- Севастьянов В.В. Проявление эффекта рельефа в особенностях современных изменений климата в Сибири // Всероссийская конференция Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования, 26–28 нояб. 2019 г., Москва. М. : Физматкнига, 2019. С. 156.

Селиверстов Ю.П. Монтография России // Состояние и развитие горных систем : материалы науч. конф. по монтологии. СПб. : РГО, 2002. С. 3–18.

Справочник по климату СССР : в 34 вып., 5 ч. Л.: Гидрометеиздат, 1965–1970. Вып. 18. С. 20–23.

Сухова М.Г., Русанов В.И. Климаты ландшафтов Горного Алтая и их оценка для жизнедеятельности человека. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2004. 150 с.

Сухова М.Г. Биоклиматические условия жизнедеятельности человека в Алтае-Саянской горной стране. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2009. 260 с.

Трубина М.А., Дячко Ж.К., Лубяной А.А. Методы экспертных оценок в отборе биометеорологических показателей для прогнозирования уровня комфортности среды. Современные достижения фундаментальных наук в решении актуальных проблем медицины // Материалы научно-практической конференции с международным участием и школы-семинара для молодых ученых. Москва ; Астрахань : Изд-во АГМА, 2004. С. 251–255.

Трубина М.А., Хассо Л.А., Дячко Ж.К. Методы биоклиматической оценки северо-западного региона России // Ученые записки Российского гос. гидрометеорологического университета. СПб. : Изд-во РГГМУ, 2010. № 13: Научно-теоретический журнал. С. 121–137.

Харламова Н.Ф. Современный климат Алтае-Саян и прогнозные оценки // Климатология и гляциология Сибири : материалы междунар. науч.-практ. конф. Томск : Изд-во ЦНТИ, 2012. С. 295–297.

Шерстюков А.Б. Изменения климата и их последствия в зоне многолетней мерзлоты России. Обнинск : ВНИИГМИ-МЦД, 2009. 127 с.

Авторы:

Севастьянов Владимир Вениаминович, доктор географических наук, профессор, кафедра метеорологии и климатологии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия. E-mail: vvs187@mail.ru

Сапьян Екатерина Сергеевна, лаборант, кафедра краеведения и туризма, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия. E-mail: katerinass@vtomske.ru

Филандышева Лариса Борисовна, кандидат географических наук, доцент, заведующая кафедрой краеведения и туризма, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия. E-mail: filandysh@vtomske.ru

Geosphere Research, 2020, 3, 109–122. DOI: 10.17223/25421379/16/9

V.V. Sevastyanov, E.S. Sapian, L.B. Filandyшева

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

BIOCLIMATIC RESOURCES OF RECREATIONAL NATURAL RESOURCE MANAGEMENT IN THE ALTAI-SAYAN MOUNTAIN COUNTRY IN THE SUMMER PERIOD

Mountain recreational use of natural resources for active recreation, restore the health and strength of the people is actively developing. Physical and geographical factors of the climate of mountain regions, such as absolute altitude and landforms, create special climatic conditions that affect human activity. The Altai-Sayan mountain country is promising for the development of recreational nature management. Bioclimatic characteristics in mountain areas are poorly studied. There are few meteorological stations in the mountains.

The repeatability (%) of the moment weather classes (КИМ) is used to assess the impact of climate on the thermal state of a person in the mountains in the summer months. Six weather classes (hot and dry, warm, comfortable, moderately cold, cold, sharply cold) are identified for the summer period in the mountains. Significant correlation dependences of weather class repeatability depending on the absolute altitude of the terrain in the mountains were obtained. Separate weather classes for practical use were combined into integral weather groups: optimal (ОП), satisfactory (УП), unsatisfactory (НУП) and extremely unsatisfactory (КНУП). The number of days with favorable weather (БП) and the number of days with unfavorable weather (НБП) was calculated. The average number of days with precipitation was calculated too. Complex bioclimatic indicators allow us to assess the impact of mountain climates on the thermal state of a person, recreational conditions, as well as on the mode of work and recreation of the population.

Indirect methods with using absolute elevation have been applied to characterize the climate in mountainous areas when meteorological stations are located far from each other. A high correlation between the repeatability of weather classes and the absolute altitude was revealed. There is a close significant correlation between the number of days with different weather groups and the absolute altitude of the area. This allows you to use the dependence of weather groups on the altitude to analyze their patterns in mountainous areas. These characteristics can be used to assess climate comfort and effective recreational use of natural resources.

The average long-term repeatability of weather classes and integral groups of favorable and unfavorable weather up to high altitude levels is demonstrated in the article. Modern global climate changes tend to increase the comfort of bioclimatic characteristics. Changes in the number of days with favorable weather during the summer period are not statistically significant yet. Effective use of climate resources in the mountainous regions of Siberia for recreational nature management should be based on modern complex bioclimatic indicators that take into account climate changes with altitude.

Keywords: bioclimatic potential, weather classes, Altai, Sayans, climate indicators, recreational resources.

References

Bashalhanova L.B., Bufal V.V., Rusanov V.I. *Klimaticheskie usloviya osvoenija kotlovin Juzhnoj Sibiri* [Climatic conditions of development of the basins of Southern Siberia]. Novosibirsk, 1989. 158 p. In Russian

- Bioklimaticheskij Atlas Sibiri i Dal'nego Vostoka* [Bioclimatic Atlas of Siberia and the Far East] / Rusanov V.I. and others. Tomsk, 1988. 106 p. In Russian
- Isaev A. A. *Statistika v meteorologii i klimatologii* [Statistics in meteorology and climatology]. Moscow, 1988. 245 p. In Russian
- Isaev A.A. *Jekologicheskaja klimatologija* [Environmental climatology]. Moscow: Nauchnyj mir, 2001. 458 p. In Russian
- Lukovskaja I.A., Sevast'janov V.V. *Kuznecko-Salairskaja oblast'. Klimato-rekreacionnye resursy*. [Kuznetsk-Salair region. Climate and recreation resources]. Berlin, Leipzig: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG. 2011. 200 p. In Russian
- Nauchno-prikladnoj spravochnik po klimatu SSSR. Seriya 3. Mnogoletnie dannye* [Scientific and applied handbook on the climate of the USSR. Series 3. Long-term data]. CH. 1–6. Vyp. 18. St. Petersburg.: Gidrometeoizdat, 1990–1993. pp. 20–23.
- Revjakin V.S., Plotnikova L.A. *Struktura glacial'nogo perioda v gornolednikovyh bassejnah Altaja* [Structure of the glacial period in the Altai mountain glacial basins] // Questions about the geography of Siberia. V. 9. Tomsk: TSU, 1978, pp. 48–63. In Russian
- Rusanov V.I. *Kompleksnye meteorologicheskie pokazатели i metody ocenki klimata dlja medicinskih celej* [Integrated meteorological indicators and climate assessment methods for medical purposes]. Tomsk: TSU, 1981. 88 p. In Russian
- Rusanov V.I. *Metody issledovaniya klimata dlja medicinskih celej* [Climate research methods for medical purposes] // Trudy TNIKIIF, 1973, V. XII, 190 p. In Russian
- Rusanov V.I. *Bioklimat Zapadno-Sibirskoj ravniny* [Bioclimate of the West Siberian plain]. Tomsk: Institut optiki atmosfery SO RAN, 2004. 208 p. In Russian
- Rutkovskaja N.V. *Klimaticheskaja harakteristika sezonov goda Tomskoj oblasti* [Climate characteristics of the Tomsk region's seasons]. Tomsk: TSU, 1979. 116 p. In Russian
- Sevastyanov V.V. *Klimat vysokogornyh rajonov Altaja i Sajan* [Climate of the Altai and Sayan highlands]. Tomsk, 1998. 202 p. In Russian
- Sevastyanov V.V. *Klimaticheskie resursy Gornogo Altaja i ih prikladnoe ispol'zovanie* [Climate resources of the Altai Mountains and their application] Tomsk: TSPU, 2009, 252 p. In Russian
- Sevastyanov V.V. *Projavlenie jeffekta rel'efa v osobennostjah sovremennyh izmenenij klimata v Sibiri* [Manifestation of the relief effect in the features of modern climate changes in Siberia] // Russian conference Climate change: causes, risks, consequences, adaptation and management issues, The 26–28 of November 2019, Moscow: Fizmatkniga, 2019, P. 156. In Russian
- Seliverstov Ju.P. *Montografija Rossii* [Montograph of Russia] // State and development of mountain systems: Collection of articles of the scientific conference on montology. St. Petersburg: RGO, 2002, pp. 3–18. In Russian
- Spravochnik po klimatu SSSR* [Handbook on the climate of the USSR]: In 34 Vyp., in 5 ch. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1965–1970. Vyp. 18, pp. 20–23.
- Suhova M.G., Rusanov V.I. *Klimaty landshaftov Gornogo Altaja i ih ocenka dlja zhiznedejatel'nosti cheloveka* [Mountain Altai landscape climates and their assessment for human activity]. Novosibirsk: SD RAS, 2004, 150 p. In Russian
- Suhova M.G. *Bioklimaticheskie uslovija zhiznedejatel'nosti cheloveka v Altae-Sajanskoj gornoj strane* [Bioclimatic conditions of human activity in the Altai-Sayan mountain country]. Tomsk: TSU, 2009, 260 p. In Russian
- Trubina M.A., Djachko Zh.K., Lubjanov A.A. *Metody jekspertnyh ocenok v otbore biometeorologicheskikh pokazatelej dlja prognozirovaniya urovnja komfortnosti sredy* [Methods of expert assessments in the selection of biometeorological indicators for predicting the level of comfort of the environment] // Modern achievements of fundamental Sciences in solving urgent problems of medicine. Materials of the scientific and practical conference. Moscow – Astrahan': AGMA, 2004, pp. 251–255. In Russian
- Trubina M.A., Hasso L.A., Djachko Zh.K. *Metody bioklimaticheskoy ocenki severo-zapadnogo regiona Rossii* [Methods of bioclimatic assessment of the North-Western region of Russia] // Scientific notes of the Russian state hydrometeorological University. Saint Petersburg: RGGMU, 2010, № 13, Scientific and theoretical journal, pp. 121–137. In Russian
- Harlamova N.F. *Sovremennij klimat Altae-Sajan i prognozyne ocenki* [Modern climate of Altai-Sayan and forecast estimates] // Climatology and glaciology of Siberia: Materials of the scientific and practical conference. Tomsk: CNTI, 2012, pp. 295–297. In Russian
- Sherstjukov A.B. *Izmeneniya klimata i ih posledstviya v zone mnogoletnej merzloty Rossii* [Climate change and its consequences in the permafrost zone of Russia]. Obninsk: GU «VNIIGMI-MCD», 2009. 127 p. In Russian

Author's:

Sevastyanov Vladimir V., Dr. Sci. (Geogr.), Professor, Department of Meteorology and Climatology, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: vvs187@mail.ru

Sapian Ekaterina S., Laboratory Assistant, Department of Local history and Tourism, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: tourism@ggf.tsu.ru

Filandysheva Larisa B., Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Head of department of Local history and Tourism, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: filandysheva@vtomske.ru