

Физико-географические исследования

УДК 911.2

Н.А. Кочеева, М.Х. Шанкибаева

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ГРАНИЦЕ ГОР АЛТАЯ И РАВНИН ЗАПАДНОЙ СИБИРИ¹

Уникальная ситуация пространственной близости двух наблюдательных пунктов за погодой на границе гор Алтая и Предалтайской равнины позволяет провести сравнение некоторых характеристик погоды и климата. Две станции: гидрометеорологическая (ГМС) в с. Кызыл-Озёк и авиационная (АМСГ) в аэропорту г. Горно-Алтайск располагаются в 14 км друг от друга, что позволяет установить и доказать микроклиматическое разнообразие на основе стационарных инструментальных наблюдений по методикам, принятым в гидрометеорологической службе. ГМС в с. Кызыл-Озёк ведет наблюдения более 30 лет, АМСГ работает в течение 10 лет. Эти сроки позволяют сравнить данные и выявить с помощью математических методов тенденции во временном ходе температуры воздуха. В результате работы установлена связь средней температуры воздуха, отклонений среднедекадной температуры воздуха с прохождением фронтальных систем. Получены результаты, которые иллюстрируют роль рельефа в распределении температуры воздуха на исследуемой территории.

Ключевые слова: температура воздуха средняя за декаду, температура средняя за год, отклонения температуры, горная страна, Алтай, атмосферная циркуляция, горный рельеф.

Смена времён года, которую мы так любим и ждём, обусловлена в первую очередь изменением температуры и другими погодно-климатическими факторами. Важную роль в температурном режиме играет адвекция теплых или холодных воздушных масс, в процессе общей циркуляции атмосферы [1]. Однако длительная жара или долгое время с очень низкими температурами воздуха относятся к неблагоприятным погодным явлениям. Природные неблагоприятные явления (ПНЯ) проявляются повсеместно, по мнению исследователей, они, наряду со стихийными природными процессами, «являются механизмом эволюции природной среды» [2].

Первые сведения о таких явлениях появились очень давно. Например, В.И. Арабаджи в своей книге приводит интересный анализ развития наблюдений за таким опасным явлением, как гроза [3]. Советский Союз развивал систему наблюдений за метеорологическими и гидрологическими опасными явлениями [4]. Россия продолжает эти исследования на различных уровнях. В настоящее время различные ведомства пытаются минимизировать ущерб от неблагоприятных явлений погоды посредством проработывания вариантов предупреждения, регламентации поведения и пр. Например, приказом Росгидромета № 104 от 15.10.1999 г. утвержден перечень неблагоприятных и опасных явлений погоды [5]. В каждом экономическом районе этот перечень «свой», а величины, указанные в нем, зависят от географического положения региона, его экономического потенциала и т. д. [6]. На сайте Горно-Алтайского ЦГМС размещён список опасных и неблагоприятных природных явлений, который был определен для нашего региона вышестоящей организацией – Западно-Сибирским УГМС [7].

Различия в температурном режиме воздуха не всегда причиняют материальный ущерб, однако температура и её перепады затрагивают всех людей и почти все отрасли хозяйства и все сферы жизни. Нет смысла их перечислять, так как результаты частных и комплексных исследований освещены в многочисленных публикациях [1-6; 8].

Динамика температуры воздуха изучается в научно-познавательных и прикладных целях. Например, в работе [8] опубликованы результаты исследования большой группы учёных по обновлению многолетних данных. «Новая база данных содержит 5159 записей станций, из которых 4167 за период 1961–1990 гг. – для расчета или оценки необходимых средних значений. Помимо увеличения числа станций по сравнению с предыдущим исследованием в 1994 г., многие записи станций были заменены новыми гомогенизированными рядами, которые были получены в результате нескольких недавних исследований. Новые версии всех сеточных данных в настоящее время доступны на сайте КСС» [9]. Это очень важная и интересная работа, которая может повлиять на оценку происходящих клима-

¹ Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 16-47-040081 p_a, 16-45-040266 p-a.

тических изменений. Отклонения температуры воздуха от средних многолетних показателей фиксируются в различных регионах мира, например, в 2009 г. в Греции стояла небывалая жара. Это обусловило исследование теплового комфорта человека в период с июня по август 2009 г. [10]. Греческие исследователи собрали метеорологические данные с 26 станций, расположенных в районе больших Афин.

В работе [11] утверждается, что «существует все больше доказательств того, что скорость потепления усиливается с высотой, так что высокогорные среды испытывают более быстрые изменения температуры, чем среды на более низких высотах». Для нас важно то, что авторы пытались найти подтверждение роли рельефа в динамике температуры, а также в «будущих потребностях расширения знаний о тенденциях изменения температуры в горных районах и механизмах их регулирования путем совершенствования наблюдений» [11].

Учитывая все сказанное, целью настоящей работы стало выявление тенденций в поведении температуры воздуха на основании сопоставления данных двух пространственно сближенных станций наблюдения за погодой в области сочленения равнин Западной Сибири и горной системы Алтай.

Решались как традиционные задачи географических исследований (сбор необходимых данных, обработка и анализ фактического материала и др.), так и более сложная задача анализа температурного режима на границе двух геоморфологических структур. Задачи прикладного характера (использование полученных данных для прогноза погоды и рекомендаций в различных сферах деятельности) предполагается решить на следующем этапе работы, когда будут увязаны особенности циркуляции и проявления комплекса неблагоприятных явлений.

Территория исследования. Горы Алтай располагаются почти в центре Евразии. Административные границы разделяют её и относят части Алтая к нескольким государствам: России (Республика Алтай), Китаю, Монголии и Казахстану. Однако наиболее высокая часть Алтая располагается на территории Российской Федерации.

В Республике Алтай работают 12 станций [7; 12] и несколько гидропостов. Для горной территории площадью более 90 тыс. км² это крайне мало, но сегодня объективные причины не позволяют расширить наблюдательную сеть. В Майминском районе располагается авиационная станция (АМСГ – «Авиационная метеорологическая станция гражданская» специализированного учреждения (аэродромный метеорологический орган), осуществляющего метеорологическое обеспечение гражданской авиации Горно-Алтайска и Гидрометеорологическая станция (ГМС) в селе Кызыл-Озёк. Расстояние между ними чуть более 10 км (по прямой). Уникальность ситуации заключается в том, что в горной территории станции располагаются на очень больших расстояниях или отделены друг от друга высокими барьерами в виде хребтов, чаще эти два фактора выступают совместно.

Длительное изучение геологического строения этой территории позволили установить основные его закономерности и особенности, которое обуславливает резкий переход от гор к равнинам Западной Сибири – фас Алтая [13]. В последние годы получено много новых интересных сведений, которые помогают раскрывать специфику геологического строения. Часто геологическое строение определяет особенности рельефа [14; 15].

Низкогорный рельеф занимает периферийную часть Алтая, охватывая пространства между предгорными равнинами и среднегорьем. Г.Я. Барышников [16] этот тип рельефа и частично отроги хребтов среднегорий по морфоструктурным признакам объединил в рельеф переходных компенсационных зон, который отличается своеобразным механизмом преобразования и историей развития. Ширина зоны компенсации изменяется в больших пределах (75–150 км), абсолютные отметки поверхности возрастают от 200 м до 1000 м над уровнем моря [16]. В границах Северо-Алтайской физико-географической провинции [13] к этой зоне приурочена долина р. Катунь, она разделяет ярко выраженные геоморфологические единицы (рис. 1).

Географическое положение определяет резко континентальный климат на всей территории Алтая. Зимой горная страна представляет собой теплый остров на фоне охлажденных окрестных равнин Западной Сибири. В летнее время Алтай с его высокими охлажденными плато, заснеженными горными цепями выделяется как прохладный остров среди сильно нагретых равнин [16].

От южных морей территория отделена огромными хребтами, воздушные массы Атлантического океана сильно трансформируются, а холодные воздушные массы с Ледовитого океана, не встречая препятствий, свободно достигают территории Республики. Поэтому, несмотря на сравнительно низкие широты, климат здесь более суровый, чем климат соответствующих по широте регионов России,

расположенных в европейской части [17; 18], но мягче климата окружающих степей Западной Сибири, Казахстана и полупустынь Монголии. Зимой он выступает в виде более «теплого острова» среди южно-сибирских степных равнин [19-21].

Горы Алтая влияют на формирование климата в пределах самой горной страны и на равнинах [13]. Алтай лежит на пути влажных западных воздушных течений. Передовые западные хребты задерживают основную массу осадков. Веер долин, открытых на северо-запад, облегчают проникновение влажных ветров далеко вглубь горной системы. Достигнув холодных горных цепей, воздушные массы охлаждаются, конденсируя влагу на западных склонах гор. Подветренные склоны получают гораздо меньше осадков.

Фёновые явления в долинах многих рек обуславливают специфический микроклимат. Фёны характерны в долине р. Катунь [22]. Её долина, представляющая особенный геоморфологический элемент, выражена на всей территории Республики Алтай [13]. В северной части Республики Алтай она фактически отделяет систему Алтайских гор от Предалтайской равнины. Здесь река оказывает существенное влияние на погоду, которая детерминирована характером климата. Климат – это режим атмосферных условий, характерный для данного места Земли в силу его географического положения. Основными факторами, формирующими климат, являются солнечная радиация, общая циркуляция атмосферы, характер подстилающей поверхности [23-25]. Как видно из определения, подстилающая поверхность играет важную роль в формировании климата, особенности которого формируются, в том числе при проявлении различных явлений, в том числе неблагоприятных [26-28].

На левом берегу р. Катунь располагается АМСГ аэропорта Горно-Алтайск, в 400 м восточнее аэропорта возвышаются отроги горного хребта, высота которых возрастает в южном направлении. На севере открывается Предалтайская равнина. Здесь преобладает северо-западное направление ветра, но и северным ветрам препятствий практически нет. В таких уникальных геоморфологических и погодно-климатических условиях располагается один из пунктов наблюдения (рис. 1).

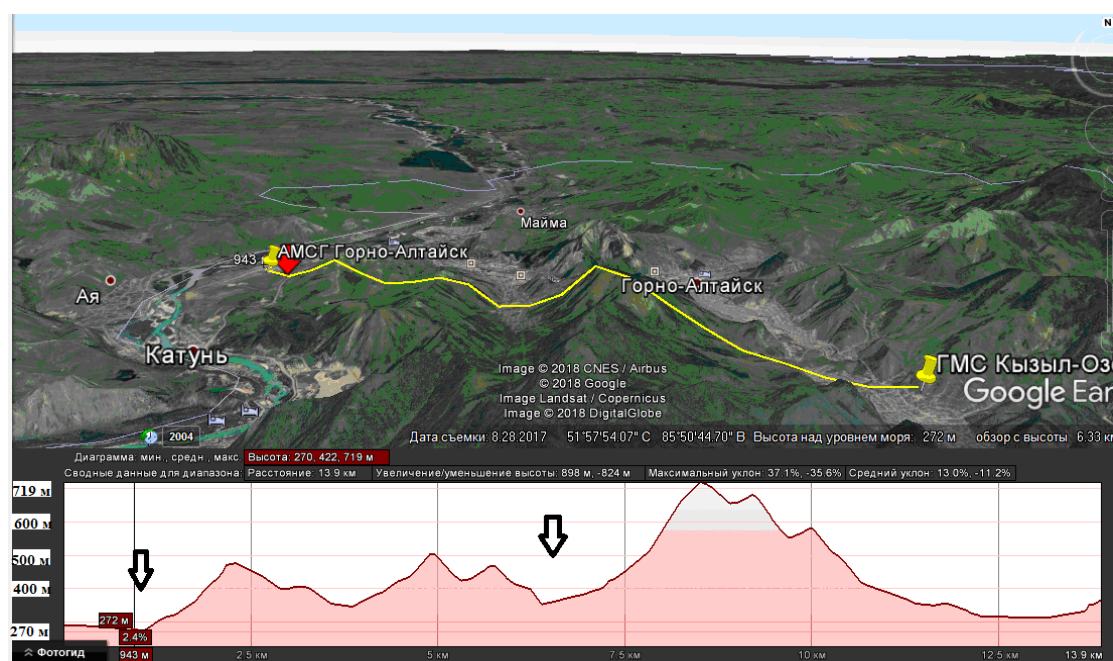


Рис. 1. Фрагмент космического снимка с профилем между двумя точками наблюдения: АМСГ Горно-Алтайск и ГМС Кызыл-Озёк (Google Earth) 13 км

ГМС Кызыл-Озёк расположена в долине левого притока р. Катунь – р. Майма. Высота хребта отделяющего долину р. Майма от долины р. Катунь составляет около 700 м, максимальное превышение водоразделов над долиной – 500 м. На участке расположения ГМС Кызыл-Озёк реки текут почти параллельно. Особенности происхождения и морфологии долины р. Майма обусловлены геологическим строением и тектоническими нарушениями [1; 14].

Геоморфологические особенности территории исследования могут иметь важное значение, поэтому рис. 1 сформирован таким образом, чтобы по возможности показать р. Катунь, переход от гор к

равнине и расположение двух точек – источников фактического материала. По данным Google Earth и топографических карт расстояние по прямой между АМСГ Горно-Алтайск и ГМС Кызыл-Озёк около 14 км. Автомобильная дорога связывает эти точки, однако по ней расстояние значительно возрастает. По мнению авторов, геоморфологические особенности мест расположения пунктов наблюдения важны в связи с их пространственной близостью и одинаковой высотой над уровнем моря.

Материалы и методы исследования

В основу работы легли опубликованные материалы по Республике Алтай, а также данные, проанализированные авторами в более ранних работах по всей территории Республики Алтай и по территории исследования за период 1955–2005 гг. [17; 29]. В данной работе вводятся новые сведения, которые были получены ГМС Кызыл-Озёк и АМСГ в течение 2006–2015 гг.

В силу ведомственных различий и разных задач данные АМСГ отличаются от сведений станций, подчинённых Гидрометцентру. В связи с этим появляются возможности изучения особенностей термического режима и различных явлений, а также их связи с параметрами атмосферной циркуляции. Этот факт представляется авторам важным мотивационным моментом для изучения особенностей температуры воздуха, которые определяют характер проявления неблагоприятных погодных явлений на этой территории, что планируется рассмотреть на следующем этапе работы. В связи с временным закрытием аэропорта в 1990-х гг. исследования ограничены 2006–2015 гг. по двум станциям.

Исходными материалами был ряд метеорологических данных, взятый из электронного журнала АВ-6 АМСГ аэропорта Горно-Алтайска. На станции АМСГ сохраняется синоптический материал (карты барической топографии, кольцевые карты погоды, карты относительной топографии и другие прогностические материалы). М.Х. Шанкибаевой был проанализирован этот архив. В общей сложности выборка составила более 5000 значений, которые сегодня сгруппированы в таблицы, более удобные для анализа, чем первичные данные. В общей сложности было проанализировано более 700 значений температуры воздуха средней за декаду и более 700 значений отклонений температуры от средних показателей за декаду. Исходные данные позволили собрать сведения о 347 случаях прохождения атмосферных фронтов, а также 258 случаях прохождения циклонов и связанных с ним барических образований (табл.1). Данные ГМС Кызыл-Озёк выбирались из стандартных журналов наблюдений (ТСХ) и составили около 800 значений.

В работе применяли главным образом расчетные методы различного уровня. Они осуществлялись в программе Excel и STATISTICA10. Картографические изображения получены с использованием программного продукта Google Earth.

Результаты и их обсуждение

Небольшая точность построения рельефа в Google Earth не мешает в общем виде получить представление о рельефе и его перепадах на прямой, связывающей пункты наблюдения. Изображение показательно тем, что отчетливо видны «высотные ступени», выраженные в рельефе. В местах, отмеченных стрелками (рис. 1), происходит переход от территории с преобладанием одного геоморфологического элемента с характерными высотами к другому. Важно, что высота расположения пунктов наблюдения почти одинакова (рис.1).

Изучение данных официального сайта показывает, что на станции в с. Кызыл-Озёк часто регистрируются экстремальные температуры воздуха [7]. Например, 21.03.2018 г. опубликовано, что на ГМС Кызыл-Озёк в этот день регистрировалась за весь период наблюдений максимальная температура воздуха в 1994 г. плюс 13 °С, в 1977 г. – минус 30 °С.

Таблица 1

Многолетние значения температуры воздуха (°С)

Показатель	Среднегодовая температура воздуха, °С	
	январь	июль
Многолетняя температура с 1971 по 2002 г.	-15,8	+18,2
ГМС Кызыл-Озек (2006–2015 гг.)	-15,5	+18,9
АМСГ аэропорта г. Горно-Алтайск (2006–2015 гг.)	-16,1	+20,3

Примечание: рассчитано по данным АМСГ М.Х. Шанкибаевой.

Многолетние данные Горно-Алтайского ЦГМС и ранние исследования стандартных характеристик температурного поля Горного Алтая и Алтае-Саянской горной области свидетельствуют о различиях в разных географических частях Алтая [1]. Рассмотрение средних многолетних значений свидетельствуют о различиях даже на пространственно сближенных участках (табл. 1).

Самым холодным месяцем в году на двух станциях является январь, самым теплым – июль. Средняя годовая амплитуда температуры воздуха 34,9 °С (табл. 1).

Это представляется не только интересным фактом, но и важным обстоятельством для различных потребителей метеорологической информации.

Например, разность средних значений января и июля используются для расчета индекса континентальности климата. Чаще всего это констатируется на основании расчетов, которые были проделаны несколькими исследователями, предлагавшими сходные методики расчета. Авторы сочли необходимым привести формулу, которой пользовались в работе $K = ((1,7 * A) / \sin \varphi) - 20,4$, где K – индекс континентальности; A – годовая амплитуда температуры воздуха; φ – географическая широта – формула Л. Горчинского [30]. K – говорит о доле годовой амплитуды температуры воздуха в данном районе, создаваемого за счет суши, или о континентальном вкладе в годовую амплитуду температуры воздуха [31]. Данные табл. 1 позволяют сравнить степень континентальности двух исследуемых участков: для ГМС Кызыл-Озёк $K=54,57$; АМСГ $K=58,93$. Некоторые исследователи используют этот показатель для оценки изменения климата или для агрометеорологической оценки.

Температура воздуха определяет важный показатель – сроки наступления сезонов года (табл. 2). По многолетним данным двух станций авторы рассчитывали сроки наступления сезонов по принятой методике: весна – устойчивый переход температуры воздуха через 0 °С, осень – переход среднесуточной температуры воздуха через +10 °С в сторону понижения; зима – устойчивый переход температуры воздуха через 0 °С в сторону понижения [6; 23; 31].

Таблица 2

**Время наступления сезонов года по данным АМСГ аэропорта Горно-Алтайск
и ГМС Кызыл-Озёк (2006-2015 гг.)**

ГМС Кызыл-Озёк	Зима	Весна	Лето	Осень
Самая ранняя	23.10.2009г.	17.03.2014г.	05.06.2006г.	10.09.2010г.
Самая поздняя	21.11.2006г.	14.04.2010г.	30.06.2009г.	05.10.2009г.
Средняя	11.11	16.03	20.06	13.09
АМСГ				
Самая ранняя	23.10.2009г.	14.03.2014г.	27.05.2010г.	10.09.2010г.
Самая поздняя	21.11.2006г.	15.04.2006г.	30.06.2009г.	05.10.2009г.
Средняя	10.11	17.03	17.06	14.09

Примечание: рассчитано по данным АМСГ и ГМС М.Х. Шанкибаевой.

Анализ рассчитанных значений (табл. 2) показывает, что наступление осени и зимы совпадает в категории самых ранних и наиболее поздних значений, то есть нет различий в наступлении этих времён года на двух исследуемых участках. Весна и лето не всегда совпадают по времени, однако, наиболее поздние сроки наступления лета также совпадают. Началом весны можно считать конец апреля. К весенним месяцам относится и май. Весна является самым коротким временем года. Осень наступает в среднем в середине сентября, однако это происходит не каждый год (табл. 2). Октябрь относится к осенним месяцам, но условия погоды в сентябре и октябре существенно отличаются.

Наибольшая разница характерна для сроков наступления весны. Переходные сезоны (весна и осень) на исследованной территории бывают короткие и отличаются неустойчивой погодой, весной – возвратами холодов, ранними осенними и поздними весенними заморозками. Месяц май выделяется резкой сменой погоды. Наряду с обычными утренними заморозками нередко жаркие дни, возможны даже засухи. Средняя температура воздуха мая на 10 °С выше апрельской. Особенности этого времени года (и других времен года) хорошо описаны [1; 3; 4 и др.], что подтверждается и нашими исследованиями.

Продолженная работа говорит о том, что на территории исследования зимний сезон продолжается 5 месяцев, сокращаясь, в отдельные годы до 4 месяцев. Число таких лет не превышает 20 % за период наблюдений. Это исследование важно для определения связи сезонной температуры воздуха с циклонической деятельностью.

Анализ данных АМСГ аэропорта Горно-Алтайск и ГМС Кызыл-Озёк свидетельствует о том, что средняя годовая температура воздуха близка на двух пунктах наблюдения (табл. 3), но отмечаются её значительные колебания, что является отражением характерных для горной страны микроклиматических различий.

Таблица 3

**Средняя и максимальная температура воздуха (°С)
по данным АМСГ аэропорта Горно-Алтайск и ГМС Кызыл-Озёк (2006-2015 гг.)**

Год	среднее		максимум		минимум	
	АМСГ	ГМС	АМСГ	ГМС	АМСГ	ГМС
2006	5,6	3,0	35,0	34,5	-33,7	-37,1
2007	4,7	4,4	34,1	33,6	-34,3	-33,1
2008	3,8	3,5	37,7	38,1	-33,5	-32,2
2009	2,4	2,3	32,3	33,9	-38,8	-38,0
2010	4,4	1,4	37,0	35,2	-41,0	-39,2
2011	6,3	2,4	35,0	34,9	-42,0	-38,4
2012	1,9	2,9	34,1	34,4	-38,2	-37,4
2013	10,8	4,1	31,0	31,1	-19,0	-30,4
2014	0,72	2,7	36,5	38,0	-34,0	-33,2
2015	4,8	4,3	34,3	36,2	-35,9	-35,7

Примечание: рассчитано по данным АМСГ и ГМС М.Х. Шанкибаевой).

Поскольку анализировалась температура воздуха за 10 лет, то применялись непараметрические методы статистики. Для анализа достоверности различий температуры на двух станциях использовался критерий Манна-Уитни, с помощью которого установлено отсутствие их статистической значимости.

Максимальная температура воздуха зарегистрирована одновременно на двух станциях только в 2008 г. Еще большие различия выявлены для минимальной температуры воздуха, временных совпадений которой не установлено (табл. 3).

Пространственная близость пунктов наблюдения обуславливает ожидание синхронности средних, максимальных и минимальных показателей, однако этого не установлено. По мнению авторов, это говорит о значительном вкладе рельефа в формирование различий температуры воздуха.

Изучение особенностей циркуляции воздушных масс проводилось по данным каждого года (табл. 4) на основе архива синоптического материала [35; 36] за 10 лет на станции АМСГ аэропорта г. Горно-Алтайск.

В ходе анализа синоптического материала было установлено прохождение над территорией исследования фронтов: тёплого, холодного, вторичных тёплого и холодного, фронта окклюзии, а также формирование барических образований: высотная барическая ложбина, ложбина у земли и другие, включая малоградиентные барические образования. Фронтальные системы и барические образования были сгруппированы по формальному признаку (табл. 4). Длительность существования барических образований над территорией исследования и прочие характеристики не учитывалось на данном этапе работы.

Таблица 4

Повторяемость барических образований и атмосферных фронтов, дни

Год	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	сумма
	дни										
Барические образования	30	25	22	32	8	6	41	16	46	32	258
Атмосферные фронты	69	33	44	54	18	23	36	18	21	31	347

Примечание: по данным АМСГ аэропорта г. Горно-Алтайск, составлено М.Х. Шанкибаевой.

Анализ показывает, что территория исследования (северная часть Республики Алтай) оказывалась под воздействием атмосферных фронтов в общей сложности на 20–25 % чаще, чем в зоне барических образований. При этом в разные годы соотношение и абсолютное количество их меняется (табл. 4). Авторы провели сравнение в поведении температуры воздуха в двух пунктах наблюдения (рис. 1). Общее распределение рассматриваемых характеристик представлено на рис. 3. Графическое изображение дает основание для увязывания рассматриваемых параметров. Однако для достоверного установления связи или её отсутствия авторы воспользовались корреляционным анализом.

Статистический анализ выявил весьма слабую связь между количеством атмосферных фронтов и средними температурами воздуха за год (табл. 4). Средняя температура воздуха за год на АМСГ и количество барических образований демонстрируют более высокое значение, которое характеризуется статистической достоверностью.

Были проанализированы отклонения температуры воздуха по декадам на двух станциях. Для сравнения использовались средние многолетние данные (1971–2001 гг.), рассчитанные гидрометслужбой по данным ГМС Кызыл-Озёк и АМСГ.

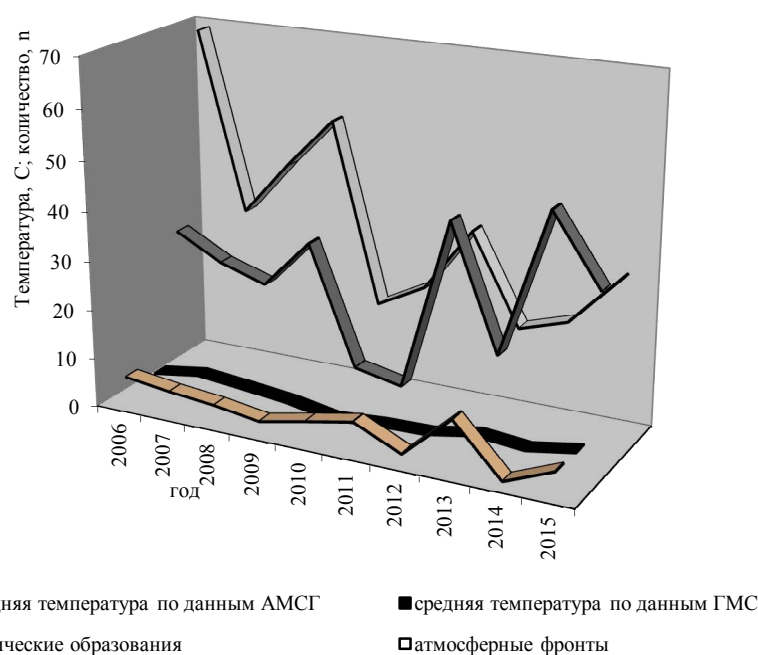


Рис. 3. Средняя температура воздуха по годам и распределение атмосферных фронтов и барических образований (по данным ГМС Кызыл-Озёк и АМСГ)

На первом этапе были рассмотрены все отклонения средней температуры воздуха за декаду от нормы. Норма – рассчитанная средняя температура воздуха за каждую декаду для периода 1971–2000 гг. Всего было рассмотрено 360 декад на каждой станции. По данным ГМС Кызыл-Озёк только 4 декады совпали с нормой и две декады на АМСГ аэропорта г. Горно-Алтайск. Отклонения ниже нормы составили 38 % (Кызыл-Озёк), отклонения выше нормы – 61%. По станции АМСГ цифры соответственно: 40 % и 58 %. Больше число декад характеризовались небольшой величиной отклонений. В программе STATISTICA были рассчитаны величины описательных статистик. Средняя величина отклонения температуры выше и ниже нормы на двух станциях близки: ГМС Кызыл-Озёк – 2,8 °C и 2,9 °C (соответственно); АМСГ – 3,2 °C и 3,1 °C. Остальные показатели характеризуются более широким диапазоном значений. Стандартное отклонение для данного периода по двум станциям (выше и ниже нормы, соответственно): ГМС Кызыл-Озёк – 2,1 °C и 3,2 °C; АМСГ – 2,1 °C и 3,0 °C. Значимыми были приняты отклонения средней за декаду температуры воздуха, превышающие сумму средней величины отклонения температуры воздуха и величины её стандартного отклонения.

Далее был использован корреляционный анализ полученных значений с барическими образованиями и числом атмосферных фронтов, зафиксированных на АМСГ (табл. 5).

Статистически значимые величины выделены жирным шрифтом. Значение коэффициента корреляции 0,4 и 0,43 может означать высокую вероятность связи между рассматриваемыми показателями.

ми. В некоторых исследованиях природных процессов такая величина рассматривается в качестве доказательства корреляционной связи.

Таблица 5

Коэффициенты корреляции Спирмена

	Средняя t (°C), за год		Сумма отклонений		Выше нормы		Ниже нормы	
	АМСГ	ГМС	АМСГ	ГМС	АМСГ	ГМС	АМСГ	ГМС
Фронт	-0,21	0,15	-0,16	-0,39	-0,1	-0,43	-0,05	0,013
Барическое образование	-0,69	0,17	-0,53	-0,35	-0,1	-0,4	-0,4	-0,17

Заключение

Проделанная работа свидетельствует о том, что на границе Предалтайской равнины и гор Алтая фиксируются различия в погодных условиях на незначительных расстояниях. Ландшафтные особенности горной долины и границы гор и равнин способствуют формированию таких различий. Уникальная ситуация пространственной близости наблюдательных пунктов позволяет выявить это с использованием стационарных инструментальных данных. Время наступления наиболее ранней весны на границе гор и равнин несколько опережает это явление в ближайшей горной долине (табл. 2).

Проявляются годы существенных различий и совпадений в ходе средней температуры за год на двух станциях (табл. 3).

Анализ полученных данных показывает, что отклонения от средних многолетних показателей температуры воздуха за декаду – явление обычное и проявляется на двух станциях в течение всего периода исследования. Однако обращает на себя внимание то, что величина этих отклонений колеблется в очень широких пределах 0,1 – 19,8 °C. Большая часть отклонений характеризуется малой величиной 0,1–0,4 °C. Рассчитанные элементарные статистики позволили определить «аномальные» величины отклонений.

Представляет теоретический и практический интерес связь статистически значимых отклонений температуры воздуха с рельефом и атмосферной циркуляцией.

Анализ показал, что станция АМСГ расположенная на границе гор и равнины, в общей сложности на 20–25 % чаще оказывалась под влиянием прохождения фронтальных систем, чем барических образований. По количеству отклонений среднедекадной температуры воздуха погода на этой территории представляется немного более контрастной, так как число существенных отклонений ниже нормы и выше нормы ближе к 50%, чем на ГМС Кызыл-Озёк. Средняя величина отклонений ниже и выше нормы отличается незначительно 3,14 °C и 3,15 °C (соответственно), однако эта величина больше, чем на ГМС Кызыл-Озёк.

Наибольшая величина модуля коэффициента корреляции между средней температурой за год и количеством барических образований характерна для АМСГ (табл. 5). Сумма отклонений средней декадной температуры от многолетних значений также значительно лучше коррелирует с барическими образованиями на АМСГ (модуль коэффициента корреляции). По мнению авторов, это важно, так как свидетельствует о существенной роли орографического барьера между двумя точками наблюдений.

Таким образом, качественные и количественные оценки показали изменения в динамике температурного режима при циркуляционных особенностях. Станция АМСГ фиксирует более значительный контраст температуры, чем ГМС в с. Кызыл-Озёк. АМСГ открыта для воздействия воздушных масс различного генезиса, что отражается в изученных показателях. Последствия прохождения фронтальных систем выражено в незначительных температурных градиентах.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 16-47-040081 p_a, 16-45-040266 p-a.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухова М.Г. Биоклиматические условия жизнедеятельности человека в Алтае-Саянской горной стране. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009. 260 с.
2. Сагателян А.К. Повышение степени риска в свете парагенетических связей стихийных явлений. Стихийные природные процессы: географические, экологические и социально-экономические аспекты / отв. ред. В.М. Котляков. М.: Изд-во ИЦ ЭНАС, 2002. 216 с.

3. Арабаджи В.И. Гроза и грозовые процессы / М-во высш., сред. спец. и проф. образования БССР. Минский пед. ин-т им. М. Горького. Минск: Изд-во Белгосун-та, 1960. 231 с.
4. Опасные явления погоды на территории Сибири и Урала / под ред. С.Д. Кошинского. Л.: Гидрометеоздат, 1979. 284 с.
5. Богаткин О.Г. Основы авиационной метеорологии. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2009. 339 с.
6. Богаткин О.Г., Тараканов Г.Г. Основы метеорологии. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2006. 232 с.
7. Горно-Алтайский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. URL: <http://www.meteo-altai.ru/oficial.php?perech> (дата обращения: 07.01.2018).
8. Jones P.D., Moberg A. Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001 // *Journal of climate*. Т. 16. №. 2. 2003. С. 206-223.
9. Группа климатических исследований. URL: <http://www.cru.uea.ac.uk> (дата обращения: 07.01.2018).
10. Giannopoulos K. et al. The influence of air temperature and humidity on human thermal comfort over the greater Athens area // *Sustainable Cities and Society*. Т. 10. 2014. С. 184-194.
11. Pepin N. et al. Elevation-dependent warming in mountain regions of the world // *Nature Climate Change*. Т. 5. №. 5. 2015. С. 424.
12. Климат Республики Алтай // Алтай-Информ. РФ. URL: <http://best-trip4you.ru/klimat-zapadnoj-sibiri#altai> (дата обращения: 07.01.2018).
13. Алтайский край: Атлас. Т. 1-2. Барнаул, 1978. 200 с.
14. Буслов М.М., Джен Х., Травин А.В. и др. Тектоника и геодинамика Горного Алтая и сопредельных структур Алтае-Саянской складчатой области // *Геология и геофизика*. Т. 54. № 10. 2013. С.1600-1627.
15. Гусев Г.С., Межеловский Н.В., Морозов А.Ф., Килипко В.А., Сироткина О.Н. // Обь-Зайсанская, Алтае-Саянская и Восточносаяно-Енисейская покровно-складчатые области: основные особенности тектонического развития // *Региональная геология и металлогения*. № 72. 2017. С. 26-41.
16. Барышников Г.Я., Малолетко А.М. Археологические памятники Алтая глазами геологов. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1997. 191 с.
17. Davis C.A. et al. The method for object-based diagnostic evaluation (MODE) applied to numerical forecasts from the 2005 NSSL/SPC spring program // *Mon. Forecasting*. 2009. Vol. 24, № 5. P. 1252-1267.
18. Gilleland E.T. et al. Intercomparison of spatial forecast verification methods // *Mon. Forecasting*. 2009. Vol. 24, No. 5. P. 3019-3033.
19. Маричев В.Н., Матвиенко Г.Г., Лисенко А.А. и др. Микроволновые и оптические наблюдения озона и температуры средней атмосферы во время стратосферного потепления в Западной Сибири // *Оптика атмосферы и океана*. Т. 27, № 1. М.: 2014. С. 46-52.
20. Hoinka K.P. Temperature, humidity, and wind at the global tropopause // *Monthly Weather Review*. 1999. Vol. 127. P. 2248-2265.
21. Santer B.D., Wigley T.M.L., Simmons A.J. and oth. Identification of anthropogenic climate change using a second generation reanalysis // *Journal of Geophysical Research*. 2004. Vol. 109. D21104. doi: 10.1029/2004JD005075.
22. Модина Т.Д., Сухова М.Г. Климат и агроклиматические ресурсы Алтая. Новосибирск: Универсальное книжное изд-во, 2007. 180 с.
23. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. Л.: Гидрометеоздат, 1991. 616 с.
24. Sausen R., Santer B.D. Use of changes in tropopause height to detect human influences on climat // *Meteorologische Zeitschrift*. Vol. 12. 2003. P. 131-136.
25. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1984. 751 с.
26. Давидович Т.В., Каминская Л.Е., Морозова Э.А. Особенности распределения, циркуляции и прогнозирования опасных явлений погоды в центральном районе Западной Сибири в разные периоды года // *Тр. Сибирского регионального научно-исследовательского гидрометеорологического института* / под ред. В.Н. Крупчатникова, О.В. Климова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. Вып. 106: Проблемы гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири (к 40-летию образования СибНИГМИ). 2011. С. 49-60.
27. Kocheeva N.A., Chankibaeva M.H., Minaev A. I. and oth. Occurrences on the Border of the Western Siberia Plains and Altai Mountains is accepted for publication // *Journal of Environmental Management and Tourism*, Vol.VIII, Iss. 5(21) Fall 2017 S. 15-25. ISSN: 2068-7729 Journal DOI. URL: <https://journals.aserspublishing.eu/jemt/article/view/1607> (дата обращения: 07.01.2018).
28. Вильфанд Р.М., Васильев П. П., Лукьянов В.И., Голубев А.Д. Методические указания по прогнозу опасного природного явления – аномально холодной (аномально жаркой) погоды на территории России. М. ОАО «Фабрика офсетной печати», 2010. 18 с.
29. Метеорологический ежегодник. Росгидромет ФГБУ «Западно-Сибирское управление по гидрометеорологии мониторингу окружающей среды». Вып. № 10-19 за период с 2006-2015 гг. Новосибирск.
30. Пряхина С.И., Ормели Е.И. Расчет индексов континентальности климата для Среднего и Нижнего Поволжья // *Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле*. 2017. Т. 17, вып.1. С. 17-19.
31. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеоздат, 1974. 568 с.

32. Кочеева Н.А., Егисман А.И., Пономарева Ю.А. К вопросу о распространении опасных природных явлений на территории Республики Алтай // Мир науки, культуры, образования. Новосибирск, 2008. № 2. С. 26-29.
33. Кочеева Н.А., Егисман А.И. Особенности временного хода отклонений температуры воздуха от средних показателей в Республике Алтай // Вестн. Тамбовского ун-та. Сер.: Естественные и технические науки. Т.18. № 2. 2013. С. 635-638.
34. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1-6. Вып. 20. Томская, Новосибирская, Кемеровская области, Алтайский край. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 717 с.
35. Приземные карты и карты барической топографии, записанные на электронных носителях АМСГ (2006-2015 гг.). Горно-Алтайск.
36. Шакина Н.П., Скриптунова Е.Н., Калугина Г.Ю., Иванова А.Р. Субъективный и объективный анализы атмосферных фронтов. Объективные характеристики фронтов, проведенных синоптиками. Метеорология и гидрология. 1998. № 7. С.19-30.

Поступила в редакцию 24.04.2018

Кочеева Нина Алексеевна, кандидат геолого-минералогических наук,
доцент кафедры физической географии
E-mail: nina_kocheewa@mail.ru
Шанкибаева Мухаббат Хасановна, аспирант
E-mail: Shankibaeva77@mail.ru
ФГБОУ ВО «Горно-Алтайский государственный университет»
649000, Россия, Республика Алтай, г. Горно-Алтайск ул. Ленкина, 1

N.A. Kocheeva, M.H. Shankibaeva

PECULIARITIES OF AIR TEMPERATURE CHANGES AT THE BORDER OF THE ALTAI MOUNTAINS AND PLAINS OF WESTERN SIBERIA

A unique situation of spatial proximity of the two weather observation points on the border of the Altai Mountains and the pre-Altai plain allows the comparison of some characteristics of weather and climate. Two stations: hydrometeorological (HMS) in Kyzyl-Ozek village and aviation (AMSG) in Gorno-Altaysk airport are located 14 km from each other, which makes it possible to establish and prove microclimatic diversity on the basis of stationary instrumental observations by the methods adopted in the hydrometeorological service.

HMS in Kyzyl-Ozek village conducts observations for more than 30 years, AMSG works for 10 years. These terms allow to compare the data and to reveal tendencies in a time course of air temperature by means of mathematical methods.

As a result of the work, a connection was established between the average air temperature and the deviation of average decade air temperature with the passage of frontal systems. The results were obtained that illustrate the role of the relief in the distribution of air temperature in the study area.

Keywords: air temperature average over a decade, annual average temperature, temperature deviation, highland country, Altai, atmospheric circulation, mountain relief.

REFERENCES

1. Sukhova M.G. *Bioklimaticheskie usloviya zhiznedejatel'nosti cheloveka v Altae-Sajanskoj gornoj strane* [Bioclimatic conditions of human activity in Altai-Sayan mountain country], Tomsk: Publishing house Tom. Un-ta, 2009, 260 p. (in Russ.).
2. Saghatelyan A.K. *Povyshenie stepeni riska v svete parageneticheskikh svjazej stihijnyh javlenij. Stihijnye prirodnye processy: geograficheskie, ekologicheskie i social'no-ekonomicheskie aspekty* [Risk increase in light of paragenetic relations of natural phenomena. Natural processes: geographical, ecological and socio-economic aspects] V.M. Kotlyakov (ed.), M.: Publishing house of the NTS ENAS, 2002, 216 p. (in Russ.).
3. Arabadji W.I. *Groza i grozovye processy* [The thunderstorm and lightning processes], M-higher., environments' spets. and professor of education of the BSSR, Minsk ped in-t im, M. Gorky, Minsk: publishing house of Belgian in-t, 1960, 231 p. (in Russ.).
4. *Opasnye javlenija pogody na territorii Sibiri i Urala* [Dangerous weather phenomena in Siberia and the Urals], Kosinsky S.D. (ed.), L.: Hydrometeoizdat, 1979, 284 p. (in Russ.).
5. Bogatkin O.G. *Osnovy aviacionnoj meteorologii* [Basics of aeronautical meteorology], SPb.: Izd. RGGMU, 2009, 339 p. (in Russ.).
6. Bogatkin O.G., Tarakanov G.G. *Osnovy meteorologii* [Fundamentals of meteorology], SPb.: Izd. RGGMU, 2006, 232 p. (in Russ.).

7. Gorno-Altay center for Hydrometeorology and environmental monitoring, Available at: <http://www.meteor-altai.ru/official.php?perech> (accessed: 07.01.2018) (in Russ.).
8. Jones P.D., Moberg A. [Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001] in *Journal of climate*, vol.16,no 2, 2003, pp. 206-223.
9. Climatic Research Unit, Available at: <http://www.cru.uea.ac.uk> (accessed: 07.01.2018) (in Russ.).
10. Giannopoulou K. et al. [The influence of air temperature and humidity on human thermal comfort over the greater Athens area] in *Sustainable Cities and Society*, vol.10, 2014, pp. 184-194.
11. Pepin N. et al. [Elevation-dependent warming in mountain regions of the world] in *Nature Climate Change*, vol. 5, no. 5, 2015, p. 424.
12. The climate of the Altai Republic [Electronic resource] in Altai-Infom. RF, Available at: <http://best-trip4you.ru/klimat-zapadnoj-sibiri#altai> (accessed: 07.01.2018) (in Russ.).
13. Altai Krai: Atlas. In 2 vols., Moscow, vol.1, Barnaul, 1978, 200 p. (in Russ.).
14. Buslov M.M., Jen H., Travin A.V. et al. [Tectonics and geodynamics of Gorny Altai and adjacent structures of the Altai-Sayan folded area] in *Geology and Geophysics*, vol. 54, no. 10, 2013, pp. 1600-1627 (in Russ.).
15. Gusev G.S., Mezhelovsky N.V., Morozov A.F. et al. [The Ob -Zaisan, Altai-Sayan and Vostochnoye-Yenisey fold-thrust areas: the main features of tectonic development] in *Regional Geology and metallogeny*, no. 72, 2017. pp. 26-41 (in Russ.).
16. Baryshnikov G.Ya., Maloletko A.M. *Arheologicheskie pamjatniki Altaja glazami geologov* [Archaeological monuments of the Altai in the eyes of geologists], Tomsk: Izd Tom. Un-ti, 1997, 191 p. (in Russ.).
17. Davis C.A. et al. [The method for object-based diagnostic evaluation (MODE) applied to numerical forecasts from the 2005 NSSL/SPC spring program] in *Mon. Forecasting*, vol. 24, no. 5, 2009, pp. 1252-1267.
18. Gilleland E. T. et al. [Intercomparison of spatial forecast verification methods] in *Mon. Forecasting*, 2009, vol. 24, no. 5, pp. 3019-3033.
19. Marichev V.N., Matvienko G.G., Lisenko A.A. et al. [Microwave and optical observation of ozone and temperature of middle atmosphere during stratospheric warming at Western Siberia] in *Optics of atmosphere and ocean*, vol. 27, no. 1, M., 2014, pp. 46-52 (in Russ.).
20. Hoinka K.P. [Temperature, humidity, and wind at the global tropopause] in *Monthly Weather Review*, 1999, vol. 127, pp. 2248-2265
21. Santer B.D., Wigley T. M.L., Simmons A.J. et al. [Identification of anthropogenic climate change using a secondgeneration reanalysis] in *Journal of Geophysical Research*, 2004, vol. 109, D21104. - doi: 10.1029 / 2004JD005075.
22. Modina T.D., Sukhova M.G. *Klimat i agroklimaticheskie resursy Altaja* [Climate and agro-climatic resources of Altai]. Novosibirsk: Universal book publishing house, 2007, 180 p. (in Russ.).
23. Vorobyov B.M. *Sinopticheskaja meteorologija* [Synoptic meteorology] L.: Hydrometeoizdat, 1991, 616 p. (in Russ.).
24. Susan R., Santer B.D. [Use of changes in tropopause height to detect human influences on climat] in *Meteorologiske Zeitschrift*, vol. 12, 2003, pp. 131-136.
25. Matveev L.T. *Kurs obschej meteorologii. Fizika atmosfery* [Rate of the general meteorology. Atmospheric physics], L.: Hydrometeoizdat, 1984, 751 p. (in Russ.).
26. Davidovich T.V., Kaminskaya L.E., Morozova E.A. [Features of distribution, circulation and prediction of dangerous weather phenomena in the Central region of Western Siberia in different periods of the year] in *Siberian regional research hydrometeorological Institute*, V.N. Krupchatnikov, O.V. Klimova (ed.); Min-vo natures. Russian Federation, Federal service for hydrometeorology and environmental monitoring. Novosibirsk: Publishing house of SO RAN, 2011, vol. 106: Problems of hydrometeorological forecasts, ecology and climate of Siberia (to the 40th anniversary of the formation of Shinigmi), pp. 49-60 (in Russ.).
27. Kocheeva N.A., Shankibaeva M.H., Minaev A.I., et al. [Observations on the Border of the Western Siberia Plains and Altai Mountains is accepted for publication] in *Journal of Environmental Management and Tourism*, vol. VIII, iss. 5(21) Fall 2017 pp. 15-25, Available at: <https://journals.aserspublishing.eu/jemt/article/view/1607> (accessed: 07.01.2018) (in Russ.).
28. Vilfand R.M., Vasilyev P.P., Lukyanov V.I., [Golubev A.D. Methodical instructions on the forecast of the dangerous natural phenomenon – abnormally cold (abnormally hot) weather in the territory of Russia], M.: 2010, 18 p. (in Russ.).
29. Meteorological yearbook. Roshydromet FGBU "West-Siberian administration for Hydrometeorology and environmental monitoring", vol. no. 10-19 for the period from 2006 to 2015. Novosibirsk (in Russ.).
30. Pryakhin S.I., Armeli E.I. [Calculation of the index of continentality climate of the Middle and Lower Volga region] in *Izv. Sarat. un-ti. New. ser. Ser. earth science*, vol. 17, iss. 1, 2017, pp. 17-19 (in Russ.).
31. Khromov S.P., Mamontova L.I. *Meteorologicheskij slovarj* [Meteorological dictionary], L.: Hydrometeoizdat, 1974, 568 p. (in Russ.).
32. Kocheeva N.A., Erisman A.I., Ponomarev Y.A. [To the question about distribution of natural hazards on the territory of the Altai Republic] in *World of science, culture, education*, no. 2, 2008, pp. 26-29 (in Russ.).

33. Kocheeva N.A., Erisman A.I. [Features of the interim progress otkloneniyami air from the average rates in the Republic of Altai] in *Vestnik of Tambov University. Ser. Natural and technical Sciences*, vol. 18, no. 2, 2013, pp. 635-638 (in Russ.).
34. Scientific and applied guide to the climate of the USSR. Series 3. Multiyear data. Part 1-6. Issue 20 Tomsk, Novosibirsk, Kemerovo regions, Altai Krai. Spb. Hydrometeorology, 1993, 717 p. (in Russ.).
35. Surface maps and maps of baric topography, recorded on electronic media for the period 2006 to 2015. AMSG Gorno-Altaiisk (in Russ.).
36. Shakina N.P. Skriptunova E.N., Kalugina G.Yu., Ivanova A.R. [Subjective and objective analyses of atmospheric fronts. Objective characteristics fronts held by forecasters] in *Meteorology and hydrology*, 1998, no. 7, pp. 19-30 (in Russ.).

Received 24.04.2018

Kocheeva N.A., Candidate of Geology and Mineralogy, Associate Professor at Department of physical geography

E-mail: nina_kocheewa@mail.ru

Shankibaeva M.Kh., postgraduate student

E-mail: Shankibaeva77@mail.ru

Gorno-Altaiisk State University (GASU)

Lenkina st., 1, Gorno-Altaiisk, Altai Republic, Russia, 649000