Криосфера Земли, 2007, т. XI, № 2, с. 19–26 **http://www.izdatgeo.ru**
УДК 551.345:551.97(571.55)

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ТОЛЩ И СЕЗОННОТАЛОГО СЛОЯ В ГОРАХ СЕВЕРНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ (ВОЗОБНОВЛЕНИЕ СТАЦИОНАРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ)

Д.О. Сергеев, Ю.А. Ухова*, Ю.В. Станиловская*, В.Е. Романовский**

Институт геоэкологии РАН, 101000, Москва, Уланский пер., 13, стр. 2, Россия, sergueevdo@mail.ru
** Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический ф-т, 119992, Москва, Воробьевы горы, Россия*
*** Геофизический институт, Университет Аляски, США*

С восстановлением геокриологического стационара в районе Чары (Северное Забайкалье) продолжены геотермические наблюдения, начатые в 1980-х гг. Это позволит изучить особенности реакции многолетней мерзлоты на изменения климата в горах. Проведенные разовые измерения продемонстрировали повышение температур горных пород на глубине 19–20 м на 0,9 °С за период 1987–2005 гг. Получены также режимные данные по годовому ходу температур в деятельном слое курума, на поверхности почвы и воздуха (на высоте 2 м). Широкое распространение курумов в гольцовом поясе гор требует учета специфики температурного режима в их сезонноталом слое для правильной площадной оценки изменчивости геокриологических условий в горах Восточной Сибири. Представительность полученных термометрических данных оценена с учетом локальной специфики местоположения каждой площадки наблюдения (скважины), характеризуемой по критериям удельной распространенности рассматриваемого ландшафта, площадной изменчивости температур горных пород и степени нарушенности температурного режима за счет влияния природных и техногенных агентов.

Авторы предполагают интегрировать результаты наблюдений в международную программу TSP и рекомендуют использовать их при планировании и реализации других крупных программ по мониторингу состояния окружающей среды.

Горная мерзлота, температурные наблюдения, изменения климата, курум

TEMPERATURE REGIME OF THE PERMAFROST AND THE ACTIVE LAYER IN NORTHERN TRANSBAYKALIA MOUNTAINS (RECOMMENCEMENT OF FIXED-SITE OBSERVATIONS)

D.O. Sergueev, J.A. Ukhova*, J.V. Stanilovskaya*, V.E. Romanovsky**

Institute of Environmental Geoscience RAS, 101000, Moscow, Ulansky per., 13, build. 2, Russia, sergueevdo@mail.ru
** Lomonosov Moscow State University, Department of Geography, 119992, Moscow, Vorobyovy Gory, Russia*
*** Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks, USA*

The authors resumed regular thermometric observations in the Chara Region (Northern Transbaykalia) after the first period of investigations in the 1980s. This allows studying the influence of permafrost on climate change in mountains. The one-time measurements have shown an increase in permafrost temperatures up to 0.9 °C at the depth of 19–20 m for the period of 1987–2005. Annual temperature data in the kurum active layer, on the ground surface and in the air (at 2.0 m height) were also obtained. To estimate the permafrost variability in East Siberia, we need to take into account the coarse debris temperature because of the wide occurrence of kurums landscapes in the high belt of mountains. The representativeness of obtained temperature data was estimated by three quantitative criteria. We take in account the local peculiarities of the localization of each site (well).

Authors recommend to use the results of the TSP program for planning and realization of other large programs on monitoring the dynamics of the environment, for example, in the programs SEARCH, Integrated Arctic Observing Network, etc.

Alpine permafrost, temperature observations, climate change, kurum

ВВЕДЕНИЕ

Территория исследований расположена в системе хребтов Станового нагорья, приуроченного в структурно-тектоническом отношении к северо-восточной оконечности Байкальской рифтовой зоны (рис. 1). По ландшафтной классификации она включает бореальные среднетаежные межгорные впадины с высотами 650–800 м, которые разделяют глыбовые средне- и высокогорья (нагорья) на докембрийских структурах, сложенных кристаллическими породами, с высотами рельефа до 2999 м [*Исаченко, 1985*]. В гидрологическом отношении район входит в бассейн р. Лены. Климат

© Д.О. Сергеев, Ю.А. Ухова, Ю.В. Станиловская, В.Е. Романовский, 2007

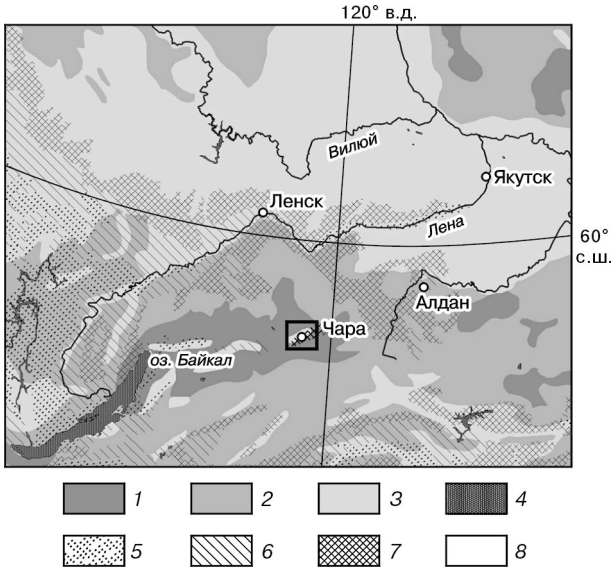

Рис. 1. Географическое местоположение района исследований (выделено квадратом):

1–3 – характер рельефа (*1* – высокогорья с ледниками, *2* – средне-, низкогорья и плато, *3* – равнины); *4* – озера; *5–8* – распространение многолетней мерзлоты (*5* – редкоостровное, *6* – островное, *7* – прерывистое, *8* – сплошное). Использована карта [*Brown et al., 2003*].

характеризуется резкой континентальностью в горных котловинах и умеренной континентальностью в горах выше отметок 1000 м. За период 1939–2004 гг. среднемесячная температура воздуха января в Чаре (56,9° с.ш. и 118,4° в.д., высота 709 м) составила –33,3 °С, июля +16,4 °С, а среднегодовая температура воздуха равна –7,6 °С. Среднегодовое количество осадков 336 мм (1939–1994 гг.); среднемноголетняя (1967–2004 гг.) толщина снежного покрова в марте равна 11 см. На высоте 1510 м среднегодовые температуры примерно на 3,5 °С ниже, чем в Чаре, осадков в течение года выпадает на 250–300 мм больше, а толщина снежного покрова во второй половине зимы составляет около 70 см (метеостанция Наминга, данные 1987–1993 гг.).

Распространение многолетнемерзлых толщ (ММТ) является практически сплошным в горах и несплошным в Чарской впадине. Мощность ММТ в высокогорье достигает 900 м [*Луговой, 1964; Некрасов, 1964; Железняк, 1998*]. Для исследуемого района характерно, что курумы, широко распространенные в горах выше 1100–1500 м над уровнем моря (более 50 % площади склонов), оказывают сильное влияние на температурный режим ММТ. Оно проявляется в охлаждающем воздействии на подстилающие породы (в среднем на 2 °С для среднегодовой температуры на глубине 20 м) за счет интенсивной воздушной конвекции в деятельном слое в зимний период и ее отсутствия летом [*Романовский и др., 1989*].

Чарская впадина характеризуется повышенной мощностью ММТ – от 100 до 500 м при среднегодовой температуре от –6,0 до –1,5 °С [*Некрасов, 1976*]. В краевых частях впадины мощность мерзлых толщ не превышает 100–200 м, а среднегодовая температура пород в большинстве случаев не опускается ниже –3 °С [*Соловьева, 1976*]. Обширные сквозные таликовые зоны прослеживаются в пределах песчаных массивов на правобережье р. Чары, урочища Пески, а также русел крупных водотоков и озер.

В районе исследований ярко выражена высотная поясность. В Чарской впадине преобладают сосняки на аллювиальных и озерных песках; от 800 до 1100 м расположен пояс низкогорных лиственничных горных лесов (*Larix gmelinii*) с подлеском из даурского рододендрона (*Rhododendron dauricum*), березки Миддендорфа, березки тощей (*Betula middendorffii divaricata, Betula exilis*) и травяно-кустарничковым ярусом с брусникой, багульником (*Vaccinium vitis-idaea, Ledum palustre*) и мхами. Выше 1100 м распространены подгольцовые кустарничково-лишайниковые редколесья с подлеском из кедрового стланика (*Larix gmelinii*). Выше 1500 м расположены лишайниковые, кустарничковые и моховые тундры и каменистые пустыни – гольцы [*Исаченко, 1985*].

Интенсивные геотермические наблюдения в Северном Забайкалье начались в 1960-х гг. комплексными работами Института мерзлотоведения СО АН СССР [*Шасткевич, 1966; Климовский, 1966; Некрасов, Шасткевич, 1966*]. В 1970-х – конце 1980-х гг. геокриологические исследования проводились также силами производственных предприятий (Читагеология, ЗабТИСИЗ) и вузовской науки (кафедра геокриологии Московского госуниверситета, Читинский политехнический институт, Читинский институт природных ресурсов и др.), что было непосредственно связано с освоением БАМа [*Лейбман, 1979; Романовский и др., 1989; Шестернев, Ядрищенский, 1990*]. Исследования включали детальные режимные наблюдения на ключевых участках (геотермические, микроклиматические и гидрологические измерения, изучение активности геологических процессов и теплофизических свойств горных пород), съемочные работы, позволившие описать основные региональные геокриологические характеристики (более 200 термометрических скважин, более 50 шурфов в деятельном слое, массовые геодезические и геофизические исследования, включающие электроразведку различных видов и георадиолокацию). Мониторинг температурного режима на территории Удоканского медного месторождения осуществлялся в 1984–

1988 гг. комплексной экспедицией БАМ кафедры геокриологии МГУ [*Романовский и др., 1989*]. В 1990-х гг. режимные геокриологические наблюдения были продолжены Читинским политехническим университетом и ИПРЭК [*Мальчикова, 1998, 2000; Шестернев, 2005*].

Современная потребность в регулярных геотемпературных наблюдениях обусловлена повышенным интересом к исследованиям реакции ММТ на изменения климата [*Romanovsky et al., 2001*]. Выяснилось, что доступных метеорологических и геотемпературных данных не хватает для удовлетворительного моделирования механизмов изменений климата и температурного режима ММТ в средне- и высокогорных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока. Следует учесть, что горные территории занимают не менее половины площади Северо-Восточной Азии. Процесс планирования Международного полярного года заставил обратить внимание на эти проблемы. Район гор Северного Забайкалья был включен в программу изучения термического состояния ММТ, которая предусматривает измерение температуры горных пород (преимущественно в ненарушенных условиях в существующих скважинах) в течение трех лет по унифицированной методике и с использованием согласованного оборудования. Полученные данные становятся общественным достоянием посредством общедоступных сетей, таких как научные публикации и Интернет не позднее, чем через 6 месяцев после проведения измерений. Названная научная программа открыта для новых участников с целью расширения числа наблюдаемых объектов (скважин, площадок и т. п.) и удлинения существующих рядов наблюдений. Опыт реализации аналогичной по степени международного взаимодействия программы CALM показал недостаточность методических основ оценки представительности получаемых материалов. Другими словами, следует развивать подходы, позволяющие оценить, в какой степени результаты, полученные с помощью одинаковых методов измерения, зависят от территориальной специфики площадки наблюдения.

МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИЙ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Подготовка оборудования. Термометрические измерения осуществлялись с помощью автоматизированного комплекса HOBO U12 Outdoor/Industrial 4 ext. Channels, термокосами отечественного производства (Институт мерзлотоведения СО РАН), а также одноканальными измерителями-логгерами HOBO Water Temp Pro версий 1 или 2, обеспечивающих программируемые автоматические измерения с точностью не ниже 0,05 °С с накоплением данных. Комплекс HOBO U12 состоит из программируемого запоминающего блока, способного опрашивать до четырех проводных датчиков (сенсоров) температуры марки TMCx-HD. Кроме перечисленной, стандартной для программы TSP аппаратуры использовались одноканальные измерители-логгеры LogTag TRIX-8 (фирма MicroDAQ.com, Ltd.), обеспечивающие измерение и накопление данных в автоматическом режиме с точностью 0,1 °С. Перед установкой на полевой площадке или в скважине, а также после трех лет эксплуатации требуется тарировка датчиков в снеговой ванне с использованием сосуда Дьюара для выяснения различия фактической и измеренной температуры для каждого сенсора.

Наблюдения в многолетнемерзлых толщах. Температура ММТ измерялась в существующих скважинах, имеющих стальную обсадку, закрывающихся сверху и оборудованных специальным ящиком, заполненным опилками. Основное внимание было уделено “малоглубинным” (в соответствии с классификацией, принятой в международной программе мониторинга многолетней мерзлоты GTN-P) скважинам глубиной 20 м, расположенным в ненарушенных условиях. Значительное количество таких скважин было пробурено и оборудовано для термометрических наблюдений в 1970–1980-е гг. В большинстве случаев на глубину 20 м сезонные колебания температур не проникают, поэтому эти скважины представляются репрезентативными для исследования реакции ММТ на краткосрочные колебания климатических условий. Датчики помещались на глубинах 3, 5, 10, 15 и 20 м от поверхности, а также на забое скважины и соединялись проводами с измерительно-запоминающим блоком, помещенным около устья кондуктора. Измерения проводились в автоматическом режиме каждые 2–6 ч. В более глубоких скважинах в будущем предполагается осуществлять разовые замеры с помощью термокаротажа – чувствительного одиночного датчика, соединенного с измерительным комплексом и спускаемого в скважину с катушки.

Особое внимание уделялось маскировке оборудования. Любой провод или конструкция, видимые снаружи, легко могут стать добычей вандалов или зверей. Нами предложен новый способ размещения измерительных приборов, при котором блок управления и памяти устанавливается в теплоизолирующем коробе в толще опилок, а провода, соединяющие его с датчиками, опускаются в скважину в специальное отверстие, высверливаемое на уровне земли и изолированное от влаги с помощью морозоустойчивого силиконового герметика (рис. 2). При таком способе установки никакие части измерительного комплекса не видны, даже если открыть скважину и заглянуть в нее. Недостатком способа является дополнительное время, необходимое для проведения измерений.

Рис. 2. Установка четырехканального автоматического измерительного комплекса НОВО в скважину № 38 глубиной 19 м (до закрытия скважины крышкой и установки деревянного ящика).

Наблюдения в сезонноталом слое и метеонаблюдения. Термодатчики были помещены в непосредственной близости от скважины/площадки наблюдений на высоте 2 м (с северной стороны древесного ствола или специальной рейки для измерения температуры воздуха) и на поверхности ненарушенного растительного покрова. Все датчики должны быть защищены от воздействия прямых солнечных лучей, атмосферных осадков и ветра.

Обработка данных. Измеренные значения температур с учетом постоянных поправок для каждого датчика (по результатам тарировки в снеговой ванне) сводятся в файлы формата Excel-2000 или "Текст с разделителем табуляции", имеющих заданную структуру. В специальные файловые директории помещают фотографии участка наблюдений, исходные данные, полученные непосредственно с аппаратуры, а также данные сопряженных наблюдений (данные тарировок датчиков, ландшафтные описания, толщины снежного покрова, мощности слоя сезонного оттаивания, данные о геологическом строении и т. д.). Особое внимание уделяется описанию степени и характера нарушенности естественного режима теплообмена поверхности с атмосферой.

Вышеупомянутое описание площадки наблюдений может быть дано в свободной форме, но мы рекомендуем пользоваться специальной анкетой, которая поможет унифицировать описания объектов наблюдений, расположенных в разных регионах, для их последующего сопоставления и группировки.

1. Номер площадки/скважины.

2. Номер точки (объекта) в пределах площадки.

3. Географические координаты (десятичные доли градуса).

4. Абсолютная высота (м).

5. Принадлежность к бассейнам рек (порядковая цепь водотоков – от мелкого к крупному).

6. Элемент рельефа (кодификатор: межгорное понижение или долина с шириной днища 1 км и более, долина с шириной днища менее 1 км, нижняя, средняя, верхняя часть склона, водораздельная седловина, плоский водораздел, гребневидный водораздел).

7. Экспозиция поверхности (по восьми румбам).

8. Крутизна поверхности (градусы).

9. Представленный макроландшафт (по классификации А.Г. Исаченко [*1985*]).

10. Представленный микроландшафт и его удельная площадь в пределах макроландшафта (%).

11. Напочвенный покров.

12. Кустарниковая и древесная растительность.

13. Описание почв: (1) U.S. Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999), (2) Canadian System of Soil Classification (Soil Classification Working Group, 1998), (3) World Reference Base for Soil Resources (ISSS Working Group RB, 1998), Российская классификация почв [*Stolbovoi, 2003*].

14. Степень увлажнения поверхности (визуально).

15. Описание геологического строения (почвообразующая порода и строение по слоям в зоне измерений).

16. Теплофизические характеристики и влажность (льдистость) пород по слоям.

17. Источники нарушения температурных условий (кодификатор: ненарушенные условия; водный объект; пожар; антропогенные нарушения: рельефа, растительности, режима снегонакопления; комплексные антропогенные нарушения).

18. Расстояние до источника нарушений (м).

19. Описание источников нарушения температурных условий.

20. Время (период) действия нарушения.

21. Наблюдаемые геокриологические явления и их описание.

22. Установленное оборудование и наблюдаемые параметры (глубины).

23. Сопряженные наблюдения, ведущиеся вблизи площадки: снег, мощность деятельного слоя и т. д.

24. Ближайшая метеостанция (название, номер WMO).

25. Ближайшая действующая метеостанция (название, номер WMO).

26. Диаметр скважины.

27. Материал обсадки.

28. Чем заполнена скважина (кодификатор: воздух, минеральное масло, солярка, лед).

29. Наличие наземного ящика с наполнителем, изолирующим скважину от поверхностного нагрева/охлаждения (вид наполнителя).

30. Высота кондуктора над поверхностью земли (м).

31. Имя наблюдателя.

32. Дата составления описания.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

В ходе полевых сезонов 2005 и 2006 гг. в Чарской впадине и прилегающих отрогах хр. Удокан найдены и идентифицированы 30 скважин, по которым имеются ряды ранее проведенных геотермических наблюдений. Эти наблюдения позволили оценить характер высотной геокриологической поясности [*Romanovskiy et al., 1991*].

В 2005 г. благодаря участию в полевых работах Ф. Митина, А. Урбан и С. Татаурова и с помощью оборудования, предоставленного Институтом мерзлотоведения СО РАН, удалось измерить температуры в двух скважинах, расположенных в пределах северного склона хр. Удокан.

Скважина № 38 расположена на выположенном водоразделе ручьев Клюквенный и Эмегачи на высоте 1464 м примерно в 45 м от уступа склона левого (западного) борта ручья Клюквенный (рис. 3). Поверхность покрыта мхами и лишайниками с кедровым стлаником и редкими низкорослыми лиственницами. Из геокриологических образований развиты каменные кольца диаметром около 5 м. Литологический разрез представлен метаморфизованным сливным кварцевым песчаником, перекрытым крупноглыбовым элювием с дресвяно-песчаным заполнителем мощностью 3,0–3,5 м. Со стороны ручья Эмегачи к водоразделу примыкает слабонаклоненная поверхность, покрытая лиственничным редколесьем (слева на рис. 3).

Скважина № 6 расположена на 20-метровой субгоризонтальной площадке на левом борту долины ручья Нирунгнакан недалеко от его истока. Абсолютная высота площадки составляет 1707 м, склон имеет востоко-северо-восточную экспозицию и крутизну 15° (рис. 4). Поверхность склона представляет собой задернованный участок (покрытый ягелем) в пределах обширного курума. Обломки с песчаным заполнителем представлены кварцитовидным песчаником, рыхлые десерпционно-делювиальные отложения переходят по разрезу с глубины 5,5 м в монолитную скалу того же петрографического состава.

Проведенные разовые измерения в скважинах № 38 и № 6 продемонстрировали повышение температуры ММТ на глубине 19–20 м на 0,9° за 18 лет (рис. 5). Это может быть связано с тенденциями повышения температур воздуха, которые проявились как в зимние месяцы (на протяжении всего периода наблюдений), так и летом (в течение последних 20 лет) (рис. 6). В августе 2006 г. в соответствии с методическими рекомендациями международной программы TSP нами были начаты режимные термометрические наблюдения в указанных скважинах с шестичасовым шагом наблюдений (в 0, 6, 12 и 18 часов каждого дня).

Кроме наблюдений в скважинах были проведены режимные наблюдения в сезонноталом слое

Рис. 3. Долина ручья Клюквенный в верхнем его течении.

Стрелками указано местоположение скважины № 38 (1) и курумного шурфа (2). На заднем плане – Чарская впадина.

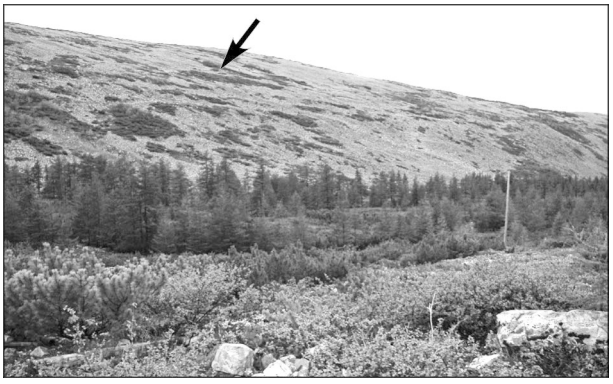

Рис. 4. Долина ручья Нирунгнакан в верхнем его течении.

Стрелкой указано местоположение скважины № 6.

(СТС) склоновых крупнообломочных отложений. Восстановлен геотемпературный и микрометеорологический шурф, обустроенный Д.Д. Загрязкиным и А.И. Тюриным в верховьях ручья Клюквенный (см. рис. 3). Температурный режим курумов наблюдался здесь в 1984–1988 гг. и позднее, а И.Ю. Мальчиковой – в 1990-х гг. В 2006 г. нами получены данные по температурному режиму в деятельном слое курума (на глубинах 0,38 и 2,05 м с шагом измерения 3 ч) и построен график температуры на поверхности почвы (на участке, покрытом ягелем) и воздуха (на высоте 2 м) за 2005–2006 гг. (рис. 7). На рисунке видно, что ход температуры на глубине 0,38 м в течение теплого сезона и весной близок к температуре воздуха. В период осеннего промерзания в деятельном слое курума устанавливается состояние, близкое к изотермии. На глубине 2,05 м зимой температура близка к температуре воздуха на поверхности из-за несплошного распределения снежного покрова в пределах курума, что способствует развитию конвекции. В середине мая начинает формироваться сезонный гольцовый лед, постепенно перемещающийся с ходом протаивания вниз по разрезу СТС – вплоть до середины июля. Летом температура грунта на глубине 2,05 м не поднимается выше +3 °С, что связано с мощным горизонтальным потоком воздуха, стекающего вниз по склону по подошве СТС. Таким образом, мы располагаем уникальным фактическим материалом, позволяющим количественно охарактеризовать механизм охлаждающего влияния курумов на подстилающие породы. Температурные наблюдения в шурфе продолжаются, и мы надеемся построить аналогичный график температур за 2006–2007 гг.

Полученные результаты продемонстрировали необходимость оценки представительности объектов, опираясь на которые участники программы исследований смогут охарактеризовать термическое состояние горных пород и их деятельного слоя. Бурение новых скважин в современных экономических условиях слишком дорого, да и существующие наблюдательные скважины не должны оснащаться современным оборудованием по “валовому” принципу. Однако критерии представительности отдельно взятой скважины (площадки наблюдений) остаются не общеупотребительными, хотя базовые подходы к решению этой проблемы разработаны довольно давно [*Методическое..., 1968*]. Опыт показал, что словесная (пусть даже весьма подробная) характеристика природных условий площадки наблюдений затрудняет сопоставление полученных геокриологических данных,

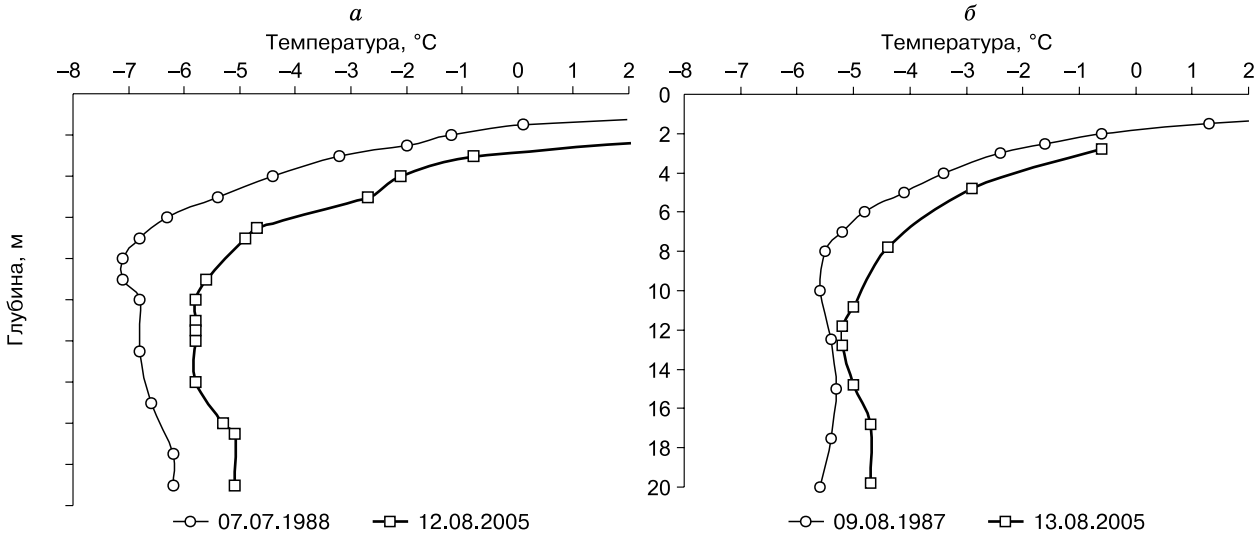

Рис. 5. Результаты повторных температурных измерений в скважинах:

а – скважина № 38, высота 1464 м; *б* – скважина № 6, высота 1707 м.

особенно по однотипным ландшафтам, расположенным в разных регионах.

Все многообразие ландшафтных и геологических описаний мы предлагаем обобщить тремя количественными критериями представительности (репрезентативности) площадки наблюдений:

1) представительность характеризуемого термометрической скважиной ландшафта, определяемая как удельная площадь (%) исследуемого ландшафта, выделяемого наблюдателем с детальностью, соответствующей масштабу не мельче 1:200 000, в составе макроландшафта классификации А.Г. Исаченко [*1985*];

2) площадная изменчивость температур в пределах характеризуемого термометрической скважиной ландшафта, определяемая как дисперсия среднегодовых температур ММТ, полученная по единовременным замерам в близкорасположенных скважинах, находящихся в сходных геолого-геоморфологических условиях (с указанием объема анализируемой выборки);

3) количественная оценка степени нарушенности температурного поля в непосредственной близости от скважины/площадки за счет влияния природных и техногенных агентов.

Например, по первому критерию скважина № 38 имеет индекс репрезентативности 6 % (удельная площадь плоских водоразделов в нижней части гольцового пояса), скважина № 6 – 24 % (удельная площадь склонов северо-восточной экспозиции в верхней части гольцового пояса). По второму критерию скважина № 38 относится к ландшафту с дисперсией 3,48 (всего имеется восемь скважин, расположенных на плоских водоразделах в интервале абсолютных высот 1033–1464 м), скважина № 6 – к ландшафту с дисперсией 1,53 (всего имеется четыре скважины, расположенные на склонах восточной и северо-восточной экспозиции в интервале абсолютных высот 1097–1850 м). По третьему критерию обе скважины могут характеризоваться ненарушенностью геокриологических условий.

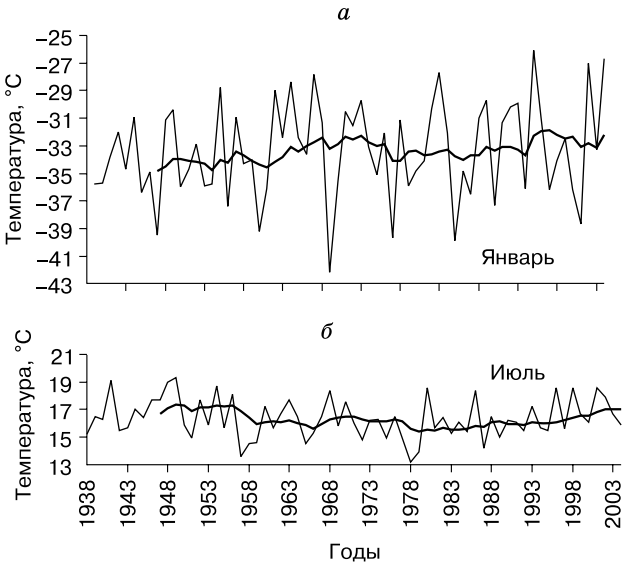

Рис. 6. Ход среднемесячных температур воздуха на метеостанции Чара:

а – январь; *б* – июль; жирная линия – результаты осреднения скользящим средним по десяти точкам.

Полученные геотемпературные данные с учетом индексов их представительности могут быть использованы для верификации глобальных и региональных моделей реакции ММТ на климати-

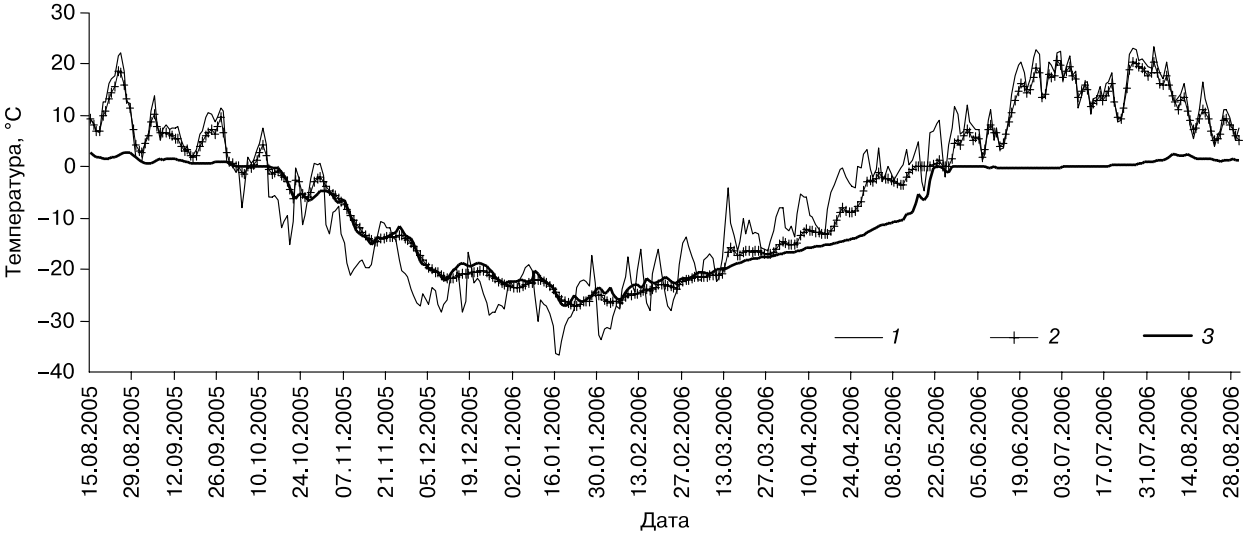

Рис. 7. Ход температур воздуха и в СТС курума в 2005–2006 гг.:

1 – воздух (на высоте 2 м); *2, 3* – курум (глубина 0,38 и 2,05 м соответственно).

ческие и антропогенные изменения, а также служить реперными значениями в сравнительном анализе территориальной и временной изменчивости температурного поля горных пород. Кроме того, авторы рекомендуют использовать результаты программы TSP при планировании и реализации других крупных программ по наблюдению за динамикой окружающей среды, например SEARCH, Integrated Arctic Observing Network и др.

ВЫВОДЫ

Восстановлен геокриологический стационар кафедры геокриологии геологического факультета МГУ, функционировавший в 1984–1988 гг. в пределах северных отрогов хр. Удокан (Северное Забайкалье).

Проведенные разовые измерения в восстановленных скважинах продемонстрировали повышение температур ММТ на глубине 19–20 м на 0,9 °С за период 1987–2005 гг.

Реализуемый международный проект TSP, предусматривающий проведение регулярных термометрических измерений в скважинах, должен иметь методическое обоснование оценки репрезентативности данных, получаемых в различных региональных условиях. Это позволит определить приоритеты в размещении новых пунктов наблюдений.

Авторами предложены критерии представительности объектов геотермических наблюдений.

Авторы благодарны В.Г. Подгорбунскому и А.А. Свиридову, оказавшим бесценную помощь в организации и проведении полевых работ, а также М.Н. Железняку и Д.М. Шестерневу, поддерживавшим исследования на всех этапах.

Настоящие исследования были проведены в соответствии с программами научно-исследовательских работ Института геоэкологии РАН и при поддержке РФФИ (гранты № 06-05-64959-а, 05-05-64390-а), специального гранта в рамках программы Целевых расходов Президиума РАН “Поддержка молодых ученых”, а также международного гранта “Permafrost Observatory Project: A Contribution to the Thermal State of Permafrost (TSP-125)”, включенного в программу Международного полярного года (2007/08).

Литература

Железняк М.Н. Геотермические условия криолитозоны западной части Алданской антеклизы. Якутск, Изд-во СО РАН, Якут. фил., 1998, 91 с.

Исаченко А.Г. Ландшафты СССР. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1985, 320 с.

Климовский И.В. Геокриологическая характеристика массива развеваемых песков Чарской котловины // Геокриологические условия Забайкальского Севера. Новосибирск, Наука. Сиб. отд-ние, 1966, с. 181–186.

Лейбман М.О. Высотная геотемпературная поясность горных районов территории, прилегающей к трассе БАМ // Инженерные изыскания в строительстве: Реф. сб. Вып. 1. М., ПНИИИС, 1979, 114 с.

Луговой П.Н. Многолетнемерзлые породы Олекмо-Витимского междуречья // Геокриологические условия Западной Сибири, Якутии и Чукотки. Новосибирск, Наука. Сиб. отд-ние, 1964, с. 78–96.

Мальчикова И.Ю. Криогенные и теплофизические процессы в курумах // Конференция по проблемам Земли, посвящ. 90-летию со дня рожд. акад. П.И. Мельникова. Пущино, 1998, с. 169–170.

Мальчикова И.Ю. Крупнообломочные склоновые отложения как геокриологические системы // Ритмы природных процессов в криосфере Земли. Пущино, 2000, с. 319–320.

Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. Т. I. М., Изд-во Моск. ун-та, 1968, 348 с.

Некрасов И.А. Криолитозона северо-востока и юга Сибири и закономерности ее развития. Якутск, кн. изд-во, 1976, 248 с.

Некрасов И.А. Некоторые закономерности распространения многолетнемерзлых пород в Северном Забайкалье // Первая науч. конф. геол. секции им. В.А. Обручева Забайкал. отд-ния Геогр. О-ва СССР: Тез. докл. Чита, 1964, с. 92–95.

Некрасов И.А., Шасткевич Ю.Г. Некоторые данные о многолетнемерзлых породах хребта Кодар // Геокриологические условия Забайкальского Севера. Новосибирск, Наука. Сиб. отд-ние, 1966, с. 100–106.

Романовский Н.Н., Тюрин А.И., Сергеев Д.О. и др. Курумы гольцового пояса гор. Новосибирск, Наука. Сиб. отд-ние, 1989, 150 с.

Соловьева Л.Н. Морфология криолитозоны Саяно-Байкальской области. Новосибирск, Наука. Сиб. отд-ние, 1976, 126 с.

Шасткевич Ю.Г. Многолетнемерзлые породы высокогорной части хребта Удокан и условия формирования их температурного режима // Геокриологические условия Забайкальского Севера. Новосибирск, Наука. Сиб. отд-ние, 1966, с. 24–43.

Шестернев Д.М. Криогенные процессы Забайкалья. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2005, 262 с.

Шестернев Д.М., Ядрищенский Г.Е. Строение и свойства пород криолитозоны Удокана. Новосибирск, Наука. Сиб. отд-ние, 1990, 126 с.

Brown J., Ferrians O.J., Heginbottom J.A., Melnikov E.S. Circum-Arctic map of permafrost and ground-ice conditions // Intern. Permafrost Assoc. Standing Committee on Data Information and Communication (comp.) / Ed. by M. Parsons, T. Zhang. Boulder, CO: Nat. Snow and Ice Data Center/World Data Center for Glaciol., 2003, CD-ROM.

Romanovskiy N.N., Zaitsev V.N., Volchenkov S.Yu. et al. Alpine permafrost temperature zonality, Northern Trans-Baikal Region, USSR // Permafrost and Periglacial Processes, 1991, vol. 2, p. 187–195.

Romanovsky V.E., Shender N.I., Sazonova T.S. et al. Permafrost temperatures in Alaska and East Siberia: Past, present and future // Proc. of the Second Rus. Conf. on Geocryology (Permafrost Sci.) (Moscow, June 6–8, 2001). M., 2001, p. 301–314.

Stolbovoi V. Land resources of Russia // Intern. Permafrost Assoc. Standing Committee on Data Information and Communication (comp.) / Ed. by M. Parsons, T. Zhang. Boulder, CO: Nat. Snow and Ice Data Center / World Data Center for Glaciol., 2003, CD-ROM.

Поступила в редакцию
6 декабря 2006 г.