

---

# ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

© С.Е. КОРКИН

*korkin\_geomorf@rambler.ru*

УДК 911.52

## **МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОРОД ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФОНОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕРРИТОРИИ ПРИРОДНОГО ПАРКА «СИБИРСКИЕ УВАЛЫ»**

*АННОТАЦИЯ. В статье рассматривается проблема мониторинга тенденций состояния природно-территориальных комплексов в слое с годовыми колебаниями температур. В результате проделанной работы были получены фоновые показатели температуры горных пород по различным природным комплексам территории природного парка «Сибирские Увалы».*

*SUMMARY. The article considers condition monitoring of natural territorial complexes in a layer with annual temperature fluctuations. The findings of the research present background indicators of rock temperature in various natural complexes of "Sibirskie uvaly" Nature Park.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Температурные датчики, природно-территориальный комплекс, природный парк «Сибирские Увалы».*

*KEY WORDS. Temperature gages, prirodno-territorial complex, natural park «Siberian Uvaly».*

С начала 90-х гг. XX в. для измерения физических величин (температуры, давления, влажности и др.) в различных средах, в том числе в грунтах, стали широко использоваться логгеры (в иностранной научной литературе: data loggers) — малогабаритные цифровые измерительные устройства для длительной автономной регистрации данных [1]. Возможность фиксировать и хранить большие массивы данных делает логгеры привлекательными для использования в качестве термоизмерительных средств. В России разработка комплексов высокоточной регистрирующей аппаратуры применительно к геокриологии ведется В.А. Дубровиным [2], В.П. Чернядьевым, Ю.А. Поповым, Н.Г. Елизаровым [3], С.А. Казанцевым, А.Д. Дучковым [4], [5]. Оценка и прогноз термического режима криогенных почв на севере России в связи с ожидаемым потеплением климата рассматривается в работе Н.Б. Какунова, А.В. Павлова [6], а на региональном уровне освещается в границах устойчивого развития в условиях климатических изменений [7]. Информационно-регистрирующая система для полевого измерения температуры грунтов более подробно раскрыта Ю.А. Поповым и К.Ю. Борисенко [8].

Логгеры обеспечивают точность измерений не ниже  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  и имеют несколько каналов измерения, комплектуются термодатчиками с длинными кабелями, рассчитанными для измерения температуры в буровых скважинах. С 2010 г. сотрудники научной лаборатории геоэкологических исследований используют одноканальные терморегистраторы (DS1921G-F5 с диапазоном регистрируемых температур от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$  с чувствительностью  $0,5^{\circ}\text{C}$ ; DS1921Z-F5 с диапазоном регистрируемых температур от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $+26^{\circ}\text{C}$  с чувствительностью  $0,125^{\circ}\text{C}$ ).

Целью исследований является мониторинг тенденций состояния мерзлых и талых грунтов на основе современной приборной базы, обеспечивающей высокую точность, массовость и возможность отслеживания тенденций в различных природно-территориальных комплексах территории природного парка «Сибирские Увалы». Особенно важно отслеживать температурную тенденцию в зоне распространения островной и высокотемпературной мерзлоты, которая является индикатором чувствительности. Полученные результаты входят в базу данных фоновых температурных показателей верхней части слоя годовых теплооборотов, на основе которой можно строить точные прогнозы изменений и использовать данные в проектообеспечивающих работах.

Фактический материал, накопленный благодаря исследованиям А.В. Павлова [9-11], П.Н. Скрыбина, Ю.Б. Скачкова [12], А.А. Васильева [13], П.Т. Орехова [14] показывает, что реакция верхних горизонтов ММП на современные изменения климата сильно зависит от ландшафтно-геологических условий. Место закладки терморегистраторов соответствует подзоне северной тайги Западной Сибири (территория природного парка «Сибирские Увалы») в условиях редкоостровного распространения мерзлых пород для разных природных ландшафтов. Данное расположение точек в пределах данного ключевого участка позволяет получить фоновые показатели для не подверженных техногенному воздействию ландшафтов, отличающихся положением в рельефе, литологическим составом, условиями микроклимата и увлажнения, составом почвенного и растительного покровов.

В сосняке-беломошнике была пробурена первая скважина (термоскважина 1) глубиной 6 м ( $62^{\circ}26'24,5''$  с.ш.,  $81^{\circ}40'52,6''$  в.д.), а вторая скважина (термоскважина 2) глубиной 2 м была пробурена в листовничнике зеленомошно-ягодниковом, находящемся в пойме реки Глубокий Сабун ( $62^{\circ}26'08,2''$  с.ш.,  $81^{\circ}41'02,1''$  в.д.) [15]. Терморегистраторы первой и второй скважины активированы с 20.07.2010 г., где для глубин измерений 20 см, 40 см, 60 см и 1 м использовались термохроны типа DS1921G-F5, для глубин измерений 2 м, 3 м, 4 м, 5 м и 6 м — использовались термохроны типа DS1921Z-F5. Третья скважина (термоскважина 3) глубиной 2 м соответствует верховому грядово-мочажинному болоту Мегень-Нег-Куй ( $62^{\circ}30'47,7''$  с.ш.,  $81^{\circ}39'18,8''$  в.д.) [16]. Терморегистраторы данной скважины активированы с 22.07.2010 и для глубины измерений 2 м использовался термохрон типа DS1921Z-F5, а выше применялись логгеры типа DS1921G-F5. На метеопосту природного парка «Сибирские Увалы» 18.07.2010 г. установлен логгер с диапазоном регистрируемых температур от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$  с чувствительностью  $0,5^{\circ}\text{C}$  [17], [18]. На северо-западе от базы «Глубокий Сабун» 11.08.2011 в 1,2 км был заложен ключевой участок (термо скважина 8 —  $62^{\circ}26'51,2''$  с.ш.,  $81^{\circ}40'02,0''$  в.д.) по фиксации темпера-

туры мерзлого торфа на грядово-мочажинном болоте глубиной 1 м. В пределах поверхности, глубины 20, 40, 60 см, 1 м вставлен логгер типа DS1921G-F5, в мерзлый торф поставлен термодатчик типа DS1921Z-F5 на глубину 60 см. Мерзлый торф имеет мощность 20 см и идет от 50 до 70 см от поверхности гряды. Талый торф идет от 0 до 50 см. Высота гряды 70 см, ширина 4 м, а длина 10 м. Термохроны активированы с 12.08.2011 г. Во время полевых работ произведено определение температуры мерзлого грунта и были получены следующие результаты: 11.08.2011 г. 16:50 —  $-0,500^{\circ}\text{C}$ ; 11.08.2011 г. 17:00 —  $-0,625^{\circ}\text{C}$ ; 11.08.2011 г. 17:10 —  $-0,625^{\circ}\text{C}$ ; 11.08.2011 г. 17:20 —  $-0,625^{\circ}\text{C}$ ; 11.08.2011 г. 17:30 —  $-0,625^{\circ}\text{C}$ . Температура воздуха на момент измерений  $19^{\circ}\text{C}$ , а на контакте мерзлого и талого грунта —  $3^{\circ}\text{C}$ . В 5 метрах от термоскважины было определено строение торфяной залежи: 0-0,20 — очес сфагновый, 0,2-0,8 — торф верховой светло-коричневый, слабой степени разложения, 0,8-2,50 — торф верховой бурый, разжиженный, средней степени разложения, 2,50-2,60 — песок светло-серый среднезернистый.

Средняя температура воздуха по логгеру в период с 18.07.2010 по 16.07.2011 гг. составила  $-2,64^{\circ}\text{C}$ , теплым стал июнь 2011 г. ( $17,38^{\circ}\text{C}$ ), холодным — декабрь 2010 г. ( $-29,25^{\circ}\text{C}$ ) (рис. 1). В целом зимний период характеризовался температурами в пределах нормы и было зафиксировано 12 выходов за  $-40^{\circ}\text{C}$ . Анализируя суточный ход температур наблюдаются резкие перепады температурных показателей. Например 12.01.2011 г. температура ровнялась  $-30,91^{\circ}\text{C}$ , а 14.01.2011 г. поднялась до  $-8,75^{\circ}\text{C}$  и уже 16.01.2011 г. опустилась до показателя  $-21,0^{\circ}\text{C}$ .

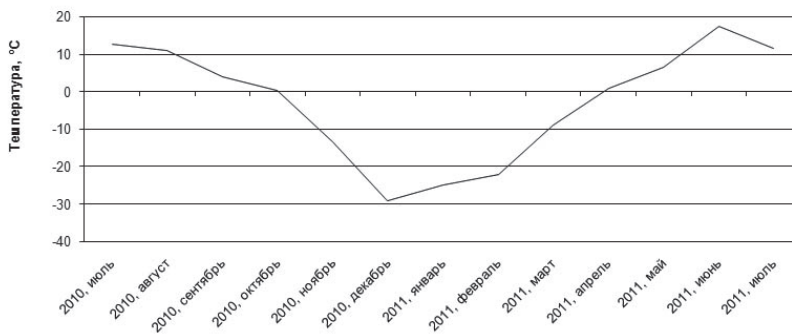


Рис. 1. График хода температуры воздуха по термохрону типа DS1921G-F5

В сосняке-беломошнике (термоскважина 1) на глубине 40 см температура в январе достигала  $-8^{\circ}\text{C}$ . Переход от положительных к отрицательным температурным показателям на глубине 40 см произошел 12.11.2010 г. (25.11.2010 г. — 60 см, 28.11.2010 г. — 1 м, 04.12.2010 г. — 2 м, 02.01.2011 г. — 3 м, 18.02.2011 г. — 4 м, а обратно первого мая 2011 г. (06.05.2011 г. — 60 см, 14.05.2011 г. — 1 м, 21.05.2011 г. — 2 м, 06.06.2011 г. — 3 м, 10.06.2011 г. — 4 м, (рис. 2). На глубинах от 40 см до 4 м в холодно-снежный период фиксируются переходы через ноль в сторону понижения, а на глубинах от 5 до 6 м температуры в течение года сохраняют положительный ход. Среднегодовая температура на всех глубинах зафиксирована со знаком плюс и составила  $2,3^{\circ}\text{C}$ . (40 см —  $2,35^{\circ}\text{C}$ , 60 см —  $2,63^{\circ}\text{C}$ , 1 м —  $2,47^{\circ}\text{C}$ , 2 м —  $2,4^{\circ}\text{C}$ , 3 м —  $2,51^{\circ}\text{C}$ , 4 м —  $2,17^{\circ}\text{C}$ , 5 м —  $1,83^{\circ}\text{C}$ , 6 м —  $2,06^{\circ}\text{C}$ ).

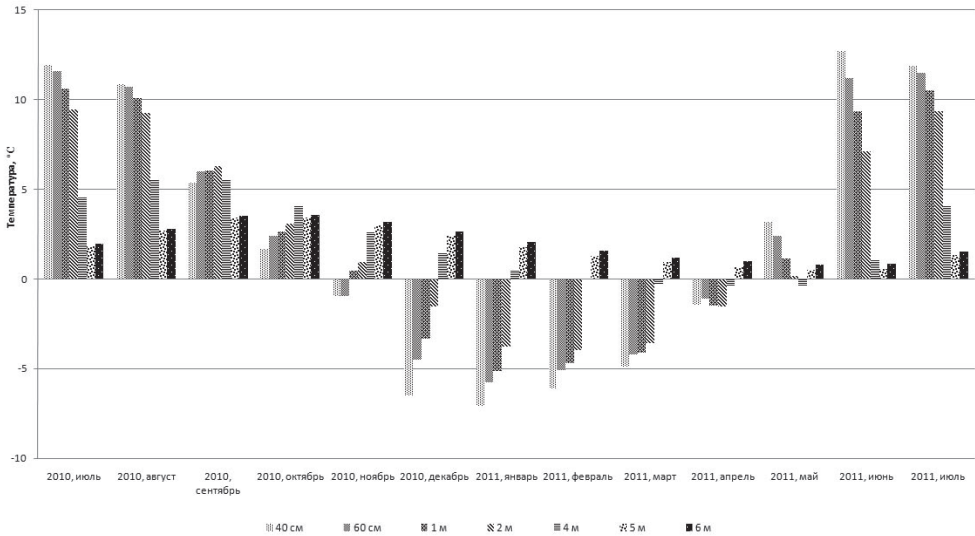


Рис. 2. График изменений температурных показателей в течение периода измерений для термоскважины 1

Для ландшафтов поймы (в лиственничнике зеленомошно-ягодниковом — термоскважина 2) среднегодовой ход по 4 термохронам дал отрицательный показатель  $-0,34^{\circ}\text{C}$  (20 см —  $-0,34^{\circ}\text{C}$ , 40 см —  $-0,5^{\circ}\text{C}$ , 60 см —  $-0,45^{\circ}\text{C}$ , 1 м —  $-0,07^{\circ}\text{C}$ ) (рис. 3).

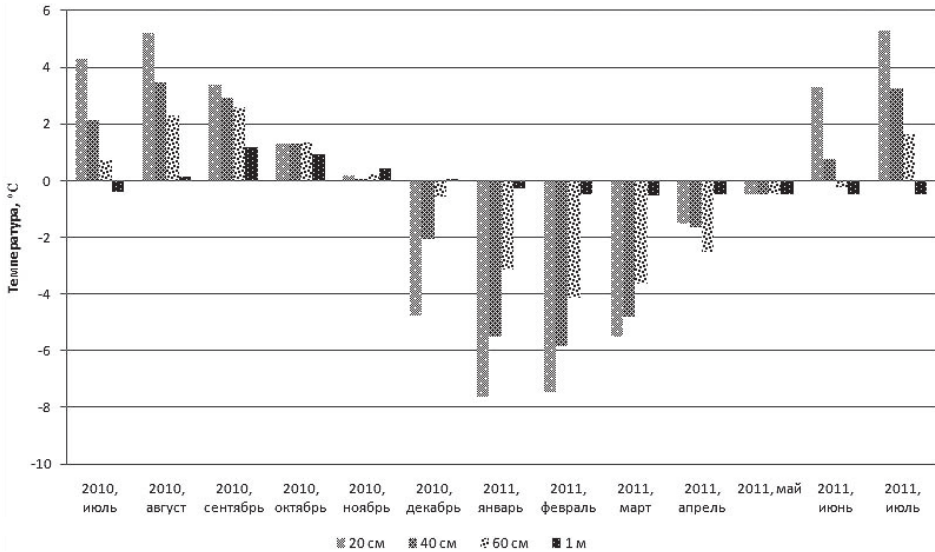


Рис. 3. График изменений температурных показателей в течение периода измерений для термоскважины 2

На верховом грядово-мочажинном болоте (термоскважина 3), а именно в пределах мочажины среднегодовой ход по 4 термохронам дал высокий положительный показатель  $3,55^{\circ}\text{C}$  (20 см —  $3,91^{\circ}\text{C}$ , 40 см —  $3,59^{\circ}\text{C}$ , 60 см —

3,55°C, 1 м — 3,14°C). Отрицательные показатели были зафиксированы на глубине 20 см в период с 17.12.2010 по 25.04.2011 гг. Это говорит о промерзании данных участков от 20 до 30 см (рис. 4, 5).

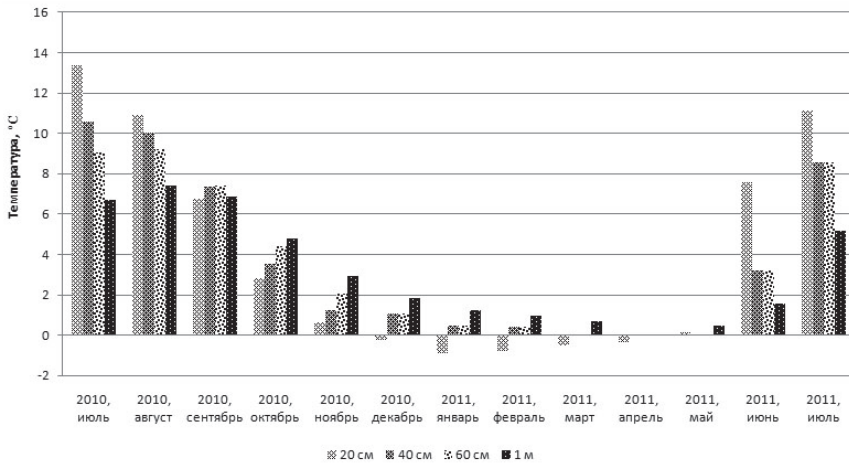


Рис. 4. График изменений температурных показателей в течение периода измерений для термоскважины 3

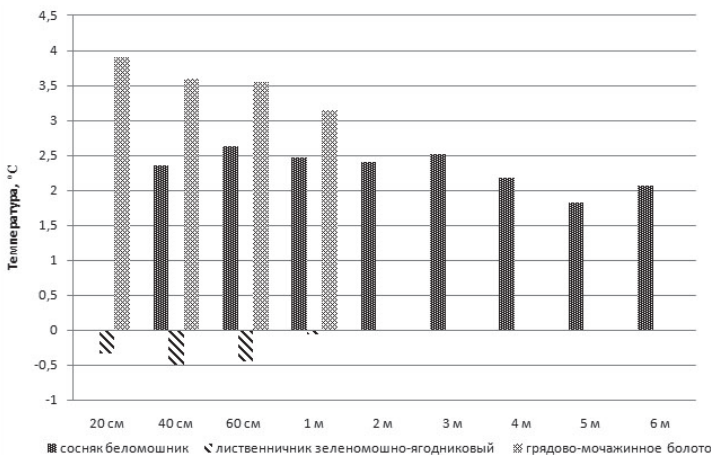


Рис. 5. График средних температурных показателей по трем скважинам

Результаты температурного мониторинга по трем термоскважинам, проведенного на территории природного парка «Сибирские Увалы», представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Результаты температурного мониторинга проведенного на территории природного парка «Сибирские Увалы»**

№ термоскважины	1	2	3
20 см		-0,34	3,91
40 см	2,35	-0,50	3,59

Окончание табл. 1

60 см	2,63	-0,45	3,55
1 м	2,47	-0,07	3,14
2 м	2,40		
3 м	2,51		
4 м	2,17		
5 м	1,83		
6 м	2,06		
Среднегодовые показатели	2,30	-0,34	3,55

Температура мерзлых пород в летний период 2011 г. по показателям термоскважины 8 составила  $-0,625^{\circ}\text{C}$ .

**Выводы.** В результате проделанной работы были получены фоновые показатели температуры горных пород по различным природным комплексам территории природного парка «Сибирские Увалы».

Сформирована база данных о годовом ходе температур для описанных доминантных типах урочищ. В дальнейшем для получения более качественных показателей планируется использовать рекомендации, представленные в работе П.Я. Константинова, А.Н. Федорова, Т. Мачимура и др. [6], и произвести установку комплексной лаборатории по фиксации изменений мерзлых грунтов разработанной в Институте геофизики СО РАН, что позволит дать достоверную оценку трендов изменений температур пород.

Также необходима организация сбора температурных показателей территорий, подверженных техногенному воздействию, на базе ландшафтного подхода с учетом геокотонного анализа для оптимальной организации проектообеспечивающих работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Константинов П.Я., Федоров А.Н., Мичимура Т. и др. Использование автоматических регистрирующих устройств (логгеров) для температурного мониторинга многолетнемерзлых грунтов. Т. XV // Криосфера Земли. 2011. № 1. С. 23-32.
2. Дубровин В.А. Система геоэкологического обеспечения объектов недропользования осваиваемых арктических регионов криолитозоны // Разведка и охрана недр. 2003. № 7. С. 15-20.
3. Чернядьев В.П., Попов Ю.А., Елизаров Н.Г. Термометрическая аппаратура для инженерно-геологических изысканий и мониторинга // Пром. и гражд. стр-во. 2003. № 10. С. 27-28.
4. Казанцев С.А., Дучков А.Д. Высокоточный мониторинг температуры при решении геологических и геоэкологических задач: аппаратура и опыт применения // ГЕО-Сибирь-2006. Т. 3. Мониторинг окружающей среды, геоэкология, дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия: М-лы Междунар. науч. конгресса. Ч. 2. Новосибирск: СГА, 2006. С. 25-29.
5. Казанцев С.А., Дучков А.Д. Аппаратура для мониторинга температуры и измерения теплофизических свойств мерзлых и талых пород // М-лы Междунар. конф. Криогенные ресурсы полярных и горных регионов. Состояние и перспективы инженерного мерзлотоведения. Тюмень: Институт криосферы Земли СО РАН, 2008. С. 236-239.
6. Каунов Н.Б., Павлов А.В. Оценка и прогноз термического режима криогенных почв на севере России в связи с ожидаемым потеплением климата // II Междунар. конф. Сыктывкар, 1997. С. 121.



7. Рянский Ф.Н., Коркин С.Е., Гребенюк Г.Н., и др. Управление природопользованием для устойчивого развития в условиях климатических изменений на севере Западной Сибири // Ползуновский вестник. Вопросы экологии и устойчивого развития. Ч. 2. 2005. № 4. С. 61-64.
8. Попов Ю.А., Борисенко К.Ю. Информационно-регистрающая система для полевого измерения температуры грунтов // Теория и практика оценки состояния криосферы Земли и прогноз ее изменения: М-лы Междунар. конф. Т. 2. Тюмень: ТюмГНГУ, 2006. С. 52-55.
9. Павлов А.В. Прогноз эволюции криолитозоны на севере Западной Сибири (по данным мониторинга) // Итоги фундаментальных исследований криолитозоны Земли в Арктике и Субарктике: М-лы Междунар. конф.. Новосибирск: Наука, 1997. С. 94-102.
10. Павлов А.В. Реакция криолитозоны на современные ожидаемые в XXI веке климатические изменения // Разведка и охрана недр. 2001. № 5. С. 8-14.
11. Павлов А.В. Мониторинг криолитозоны. Новосибирск: Гео, 2008. 229 с.
12. Скрябин П.Н., Скачков Ю.Б., Варламов С.П. Потепление климата и изменение термического состояния грунтов Центральной Якутии // Криосфера Земли. 1999. Т. III. № 3. С. 32-40.
13. Васильев А.А. Динамика морских берегов в криолитозоне Западного сектора Российской Арктики (на примере Карского моря): Автореф. дисс. ... д-ра геол.-мин. наук. Тюмень, 2004. 49 с.
14. Орехов П.Т. Ландшафтная дифференциация температурного режима грунтов северной тайги Западной Сибири // М-лы Междунар. конф. Криогенные ресурсы полярных и горных регионов. Состояние и перспективы инженерного мерзлотоведения. Тюмень: Институт криосферы Земли СО РАН, 2008. С. 252-255.
15. Коркин С.Е. Особенности геокриологических процессов в центральной части Западной Сибири // М-лы междунар. конф. Криогенные ресурсы полярных и горных регионов. Состояние и перспективы инженерного мерзлотоведения. Тюмень: Институт криосферы Земли СО РАН, 2008. С. 243-245.
16. Коркин С.Е. Мониторинг сезонного промерзания и оттаивания на территории ПП «Сибирские Увалы» // М-лы II науч.-практич. конф. с междунар. участием. Эколого-биологические проблемы Сибири и сопредельных территорий / Отв. ред. В.Б. Иванов. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та, 2011. С. 72-75.
17. Коркин С.Е. Мониторинг температуры пород в криолитозоне на территории природного парка «Сибирские Увалы» // М-лы Всеросс. науч. конф., посвящ-й 15-летию биол. ф-та Сургутского государственного университета. Современные проблемы биологических исследований в Западной Сибири и на сопредельных территориях / Отв. ред. В.П. Стариков. Сургут: Таймер, 2011. С. 14-17.
18. Коркин С.Е. Анализ проявлений изменения климата на процессах деградации многолетней мерзлоты // М-лы IV конф. геокриологов России. МГУ имени М.В. Ломоносова, 7-9 июня 2011 г. Т. 2. Ч. 5. Региональная и историческая геокриология. Ч. 6. Динамическая геокриология. М.: Университетская книга, 2011. С. 251-254.