

Научная статья

Original article

УДК 551.345

DOI 10.55186/02357801_2022_7_1_11



**ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРЫ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ПОРОД ЗА ПОСЛЕДНИЕ
30 ЛЕТ В ОТДЕЛЬНЫХ РАЙОНАХ ВОСТОЧНОГО СЕКТОРА
РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ**

**PERMAFROST TEMPERATURE DYNAMICS OVER THE LAST 30 YEARS IN
CERTAIN REGIONS OF THE EASTERN SECTOR OF THE RUSSIAN ARCTIC**

Константинов Павел Яковлевич, заведующий лабораторией, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск

Трегубов Олег Дмитриевич, ведущий научный сотрудник, Лаборатория комплексного изучения Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института им Н.А. Шило ДВО РАН, г. Анадырь

Чжан Миньи, заведующий лабораторией, Северо-Западный институт экологии, окружающей среды и ресурсов Академии наук Китая, г.Ланчжоу

Ли Гуаньцзи, докторант, Северо-Западный институт экологии, окружающей среды и ресурсов Академии наук Китая, г.Ланчжоу

Konstantinov Pavel Yakovlevich, Head of Laboratory, Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk

Tregubov Oleg Dmitrievich, Leading researcher, Laboratory of Integrated Study of the N.A. Shilo North-Eastern Integrated Research Institute FEB RAS, Anadyr

Zhang Mingyi, Head of Laboratory, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources of Chinese Academy of Sciences, Lanzhou

Li Guanji, Doctoral candidate, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources of Chinese Academy of Sciences, Lanzhou

Аннотация

Приводятся результаты температурного мониторинга многолетнемерзлых пород (ММП) в двух пунктах восточного сектора российской Арктики. Первый расположен на побережье моря Лаптевых вблизи пос. Тикси, а второй – на Чукотском полуострове в пределах Анадырской низменности около г. Анадыря. По изменениям температуры ММП в обоих пунктах можно выделить 2 периода. В 1990-2005 гг. около пос. Тикси на фоне небольшого понижения температуры воздуха и высоты снежного покрова происходило небольшое понижение температуры ММП с трендом $-0,008$ °C/год. Около г. Анадыря в этот период температура воздуха и высота снежного покрова находились в относительно большом положительном тренде, что привело к существенному повышению температуры ММП (тренд $0,063$ °C/год). В 2006-2020 гг. в обоих пунктах тенденции в изменении всех показателей поменялись местами. В районе пос. Тикси наблюдался существенный рост температуры воздуха, высоты снежного покрова и температуры ММП с трендом $0,066$ °C/год. Около г. Анадыря в этот период температура воздуха продолжала повышаться, но высота снежного покрова имела отрицательный тренд, что привело к остановке повышения температуры ММП.

Annotation

The results of permafrost temperature monitoring at two points in the eastern sector of the Russian Arctic are presented. The first is located on the coast of the Laptev Sea near the Tiksi village, and the second is located on the Chukchi Peninsula within the Anadyr Lowland near the Anadyr city. According to the changes in the permafrost temperature at both points, two periods can be distinguished. In 1990-2005 Near Tiksi village Against the background of a slight decrease in air temperature and the height of the snow cover, a slight decrease in the temperature of the MMP with trend -0.008 °C/year has occurred.

Near Anadyr city during this period, the air temperature and snow depth were in a relatively large positive trend, which led to a significant increase in permafrost temperature (trend 0.063 °C/year). In 2006-2020 in both points, the trends in the change of all indicators were reversed. In the area of the Tiksi village, a significant increase in air temperature, snow cover depth and permafrost temperature was observed with a trend of 0.066 °C/year. Near the Anadyr city during this period, the air temperature continued to rise, but the depth of the snow cover had a negative trend, which led to a halt in the increase in permafrost temperature.

Ключевые слова: температура воздуха, снежный покров, многолетнемерзлые породы, температура многолетнемерзлых пород.

Keywords: air temperature, snow cover, permafrost, permafrost temperature.

В работе приводятся результаты температурного мониторинга ММП в двух пунктах восточного сектора российской Арктики. Первый расположен на побережье моря Лаптевых вблизи пос. Тикси, а второй – на Чукотском полуострове в пределах Анадырской низменности около г. Анадыря.

Мониторинговый участок около пос.Тикси находится в предгорной части восточного склона Хараулахского хребта, который здесь выходит непосредственно к морскому побережью. На участке исследований развиты породы Тиксинской свиты Намюрского яруса нижнего отдела карбона, представленные аргиллитами и алевролитами [2, с. 110]. Согласно Б.П. Алисову район пос.Тикси относится к сибирской области арктического климатического пояса [1, с. 98]. Средняя месячная температура января находится в диапазоне значений -27... -33 °С, а июля – +6,0...+9 °С. Среднее многолетнее значение годовой суммы атмосферных осадков равно 241 мм, из которой основная часть выпадает с июня по август. Количество атмосферных осадков превышает испаряемость. Число дней со снежным покровом достигает 260 дней. Устойчивый снеговой покров образуется в первую декаду октября, а разрушается к концу первой – началу второй декад июня. Район исследований находится в зоне сплошной вечной мерзлоты со средними годовыми температурами -9...-11 °С. Мощность ММП оценивается в 650 м [3, с. 14]. Температурная скважина

расположена на невысокой каменной гряде у южного борта долины р. Суонаннах, в 5 км к юго-западу от пос.Тикси. Растительный покров представлен только отдельными куртинами травяных растений и накипными лишайниками. Верхняя 4-метровая толща отложений составлена глыбово-щебнистыми отдельностями. Ниже до глубины 30 м залегают выветрелые и трещиноватые аргиллиты. 30-метровая скважина оборудована термокосой на основе платиновых термометров сопротивления в комплекте с многоканальным логгером DATAMARK LS-3300PtV японской фирмы HAKUSAN. Данная скважина является одной из опорных мониторинговых точек в сети пунктов мерзлотного мониторинга Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН [6, с. 2].

Второй мониторинговый участок расположен в центральной части Анадырской низменности у побережья Анадырского лимана, в 15 км к югу от г. Анадырь. Преобладает равнинный рельеф с останцовыми и низкогорными массивами. Территория сложена аллювиально-озёрными песками и суглинками. На большей части низменности преобладают тундровые ландшафты. Климат субарктический умеренно-континентальный и морской [5, с. 24]. Средняя температура января $-22...-23^{\circ}\text{C}$, а июля $+12...+13^{\circ}\text{C}$. На образование осадков наибольшее влияние оказывает перенос влаги с Тихого океана. Годовая сумма их составляет 250-300 мм, причем большая их часть приходится на теплый период. Снежный покров существует в среднем 217 дней в году с середины октября до середины мая. Район исследований находится в зоне сплошной вечной мерзлоты. На большей части низменности мощность ММП составляет от 100 до 200 м [4, с. 68]. Мониторинговая скважина глубиной 20 м расположена на участке кочкарниково-кустарничково-моховой тундры. В составе грунтов преобладают супеси, перекрытые сверху торфяными отложениями мощностью 0,6 м. Регулярные измерения температуры в скважине проводятся термокосой на основе терморезисторов сотрудниками Лаборатории комплексного изучения Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института им Н.А. Шило ДВО РАН.

В криолитозоне основными факторами, определяющими межгодовые изменения температуры верхних горизонтов ММП, выступают межгодовые вариации температура воздуха и высоты снежного покрова. Анализ многолетней динамики значений средней годовой температуры воздуха и высоты снегового покрова по данным метеостанций Тикси и Анадыря показал, что за последние 30 лет здесь можно выделить 2 периода: 1990-2005 гг. и 2006-2020 гг., когда рассматриваемые параметры меняли многолетние тренды (таблица). Температура ММП в Тикси и Анадыре в указанные периоды также

Таблица. Тренды изменения средней годовой температуры воздуха и высоты снежного покрова

Пункт	Метеорологический параметр	Тренды	
		1990-2005 гг.	2006-2020 гг.
Тикси	$t_{\text{в}}$	-0,05 °C/год	0,14 °C/год
	$h_{\text{сп}}$	-0,17 см/год	0,20 см/год
Анадырь	$t_{\text{в}}$	0,08 °C/год	0,25 °C/год
	$h_{\text{сп}}$	0,71 см/год	-0,17 см/год

$t_{\text{в}}$ – средняя годовая температура воздуха, °C;

$h_{\text{сп}}$ – высота снежного покрова, см.

меняла свои многолетние тренды на противоположные (рисунок). В Тикси в 1990-2005 гг. небольшие отрицательные тренды температуры воздуха и высоты снежного покрова вызвали небольшое понижение температуры ММП на глубине 20 м с трендом -0,008 °C/год. В Анадыре в этот период температура воздуха и особенно высота снегового покрова, наоборот, существенно повышались, что обусловило заметное повышение температуры ММП на глубине 20 м с трендом -0,063 °C/год. В 2006-2020 гг. в Тикси тренды температуры воздуха и высоты снежного покрова сменились на положительные. Это вызвало интенсивное повышение температуры ММП с трендом -0,066 °C/год. В Анадыре в 2006-2020 гг. температура воздуха продолжала повышаться (см. таблицу), но тенденция изменения высоты снегового покрова сменилась в сторону уменьшения с трендом -0,17 см/год. В этих условиях произошла стабилизация температуры ММП с очень небольшим

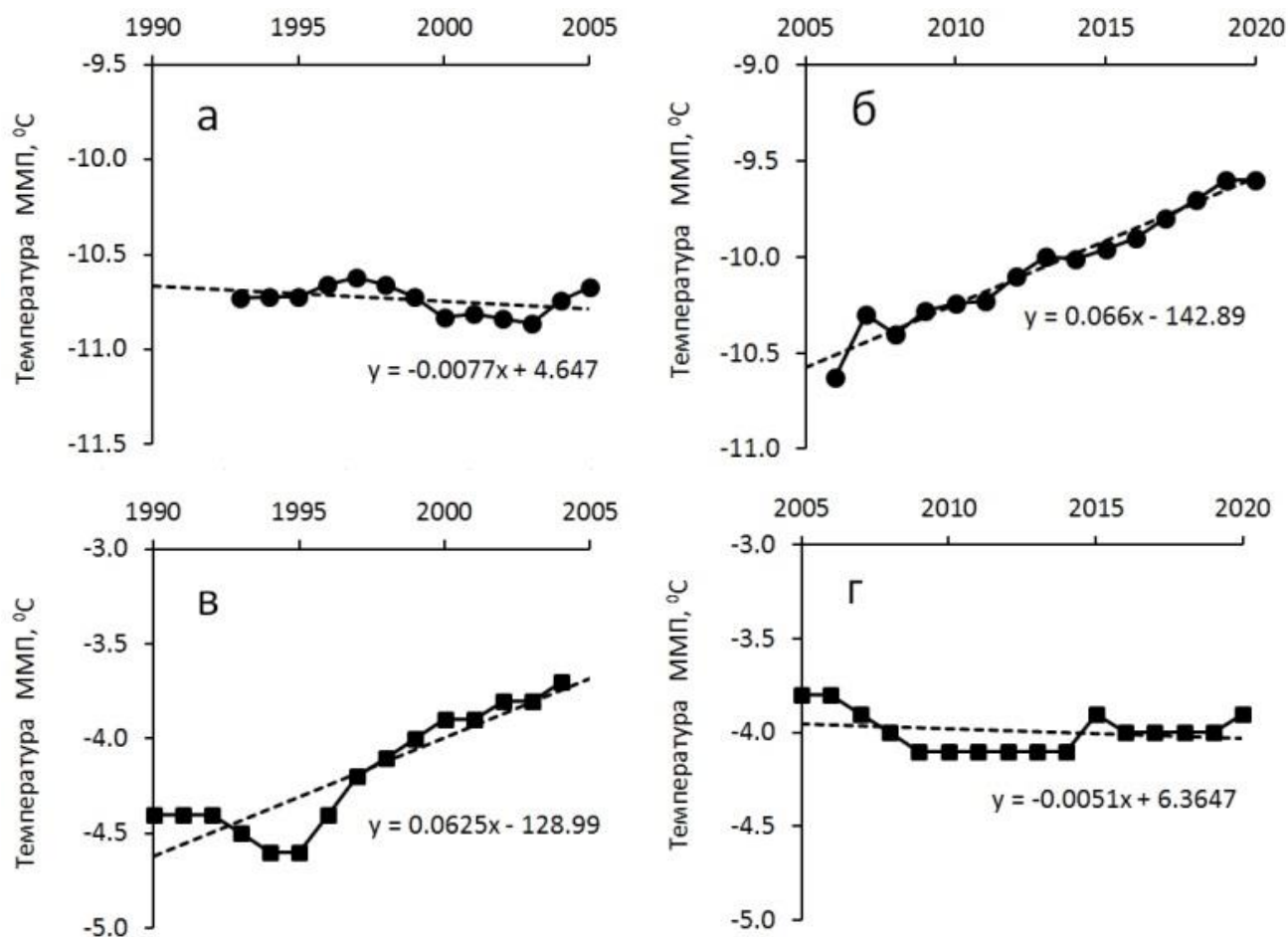


Рисунок. Изменения температуры ММП на глубине 20 м в 1990-2005 и 2006-2020 гг. в Тикси (а, б) и Анадыре (в, г).

отрицательным трендом ($-0,005$ °C/год). При этом влияние снижения мощности снежного покрова на температуру подстилающих грунтов нейтрализовало влияние на них повышения температуры воздуха. Сильное воздействие снежного покрова в районе Анадыря на температуру грунтов можно объяснить тем, что его высота здесь относительно большая для арктических регионов.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в отдельных районах восточного сектора российской Арктики за последние 30 лет наблюдались противоположные тенденции в многолетней динамике температуры вечномёрзлых пород.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и ГФЕН Китая в рамках научного проекта № 20-55-53014.

Литература

1. Атлас СССР. М.: ГУГК, 1986. 259 с.
2. Геология Якутской АССР. М.: Недра, 1981. 300 с.
3. Тепловодообмен в мерзлотных ландшафтах Восточной Сибири. Москва–Тверь: ООО «Издательство Триада», 2007. 576 с.
4. Рузанов В.Т. Характер озер Анадырской низменности и их освоение // Инженерные изыскания. № 7. 2014. С. 68-72.
5. Чукотка: Природно-экономический очерк. М.: «Арт-Литекс», 1995. 370 с.
6. Konstantinov P., Zhelezniak M., Basharin N., Misailov E., Andreeva V. Establishment of Permafrost Thermal Monitoring Sites in East Siberia // Land, 2020, № 9(12). P. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.3390/land9120476>.

Literature

1. Atlas of the USSR. M.: GUGK, 1986. 259 p.
2. Geology of the Yakutian ASSR. M.: Nedra, 1981. 300 p.
3. Heat and water exchange in permafrost landscapes of Eastern Siberia. Moscow-Tver: LLC Triada Publishing House, 2007. 576 p.
4. Ruzanov V.T. The nature of the lakes of the Anadyr lowland and their development // Engineering surveys. No. 7. 2014. P. 68-72.
5. Chukotka: Natural and economic essay. M.: "Art-Liteks", 1995. 370 p.
6. Konstantinov P., Zhelezniak M., Basharin N., Misailov E., Andreeva V. Establishment of Permafrost Thermal Monitoring Sites in East Siberia // Land, 2020, № 9(12). P. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.3390/land9120476>.

© Константинов П.Я., Трегубов О.Д., Чжан Миньи, Ли Гуаньцзи, 2022
Международный журнал прикладных науки и технологий "Integral" №1/2022.

Для цитирования: Константинов П.Я., Трегубов О.Д., Чжан Миньи, Ли Гуаньцзи Динамика температуры вечномёрзлых пород за последние 30 лет в отдельных районах восточного сектора Российской Арктики// Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №1/2022