

2. Южная Якутия. Мерзлотно-гидрогеологические и инженерно-геологические условия Алданского горнопромышленного района / Под ред. В.А. Кудрявцева. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – 444 с.

3. Павлова Н.А., Колесников А.Б., Ефремов В.С. Состав межмерзлотных вод в Центральной Якутии

// Материалы Всероссийской конференции с участием иностранных учёных «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами». – Томск: Изд-во НТЛ, 2012. – С.162–165.

Поступила в редакцию 05.11.2014

УДК 551.345

Особенности динамики температуры грунтов на территории г. Якутска

И.И. Сыромятников, И.В. Дорофеев

Сравнительный анализ динамики температуры грунтов территории г. Якутска показал, что на урбанизированной части города происходит относительное понижение температуры грунтов по сравнению с температурой, прилегающей к городу местности. Высокая аварийность тепло- и водонесущих коммуникаций является основной причиной нарушения физико-химических свойств и температурных условий несущих грунтов. Исходя из этого, проведено районирование территории г. Якутска по возрасту ее освоения.

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы, температура грунтов, сравнительный анализ, инженерные сети, криопэги, наледи, потепление климата, геокриологический мониторинг.

A comparative analysis of the ground temperature variations in the Yakutsk area has shown that the urban part of the city has relatively lower ground temperatures compared to the adjoining areas. The high failure rate of the heat and water supply lines is the main cause for disturbances to the physical and chemical properties and temperature regime of the foundation soils. Zonation mapping of the Yakutsk area by age of its development has been made.

Key words: permafrost rocks, grounds temperature, comparative analysis, service lines, cryopegs, icings, climate warming, geocryological monitoring.

Введение

История застройки территории г. Якутска насчитывает свыше трех с половиной веков. Объекты города занимают в основном первые две низкие террасы р. Лены с абсолютными отметками 95–100 м со сложными инженерно-геологическими условиями территории. Грунты здесь представлены сильно льдистыми озерно-аллювиальными образованиями – песками и суглинками мощностью до 20–22 м. На протяжении длительного времени город застраивался деревянными зданиями. Интенсивная каменная застройка началась только с середины прошлого века. Строительство многоэтажных каменных домов ведется на сваях по 1-му принципу, т.е. с сохранением мерзлого состояния грунтов основания. Длительный

опыт строительства по данному принципу в целом доказывает правильность такого подхода.

Массовые измерения температуры грунтов на территории г. Якутска впервые были проведены в середине прошлого века, т.е. когда основная часть города была еще деревянной [1–3]. Они показали, что на территории города произошло понижение температуры грунтов по сравнению с температурой на прилегающей к городу местности.

Целью данной работы являлось изучение динамики температуры многолетнемерзлых пород (ММП) на территории г. Якутска.

Методика исследований

Потепление климата, массовая застройка кварталов г. Якутска каменными зданиями и появление разных деформаций на зданиях потребовали постоянного слежения за температурным режимом мерзлых грунтов [4].

В 2009–2011 гг. Институтом мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН была создана система скважинного геокриологического мониторинга на территории восьми административных

СЫРОМЯТНИКОВ Игорь Иннокентьевич – м.н.с. Института мерзлотоведения СО РАН, syromyatnikov@mpi.usn.ru; ДОРОФЕЕВ Иван Васильевич – ведущий инженер Института мерзлотоведения СО РАН, dorofee-ivan@yandex.ru.

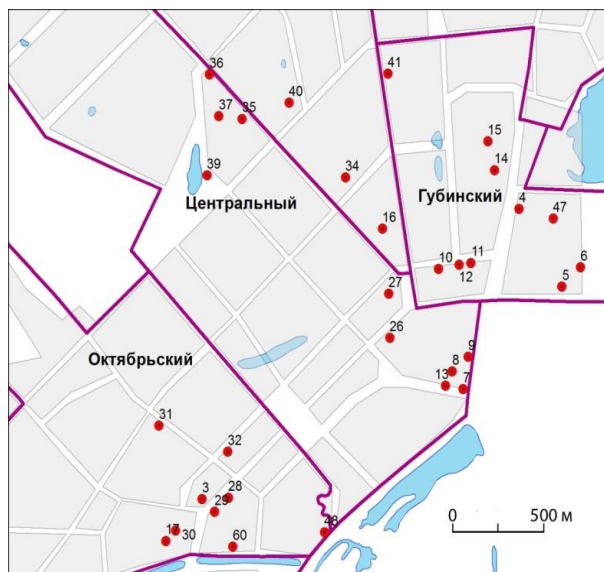


Рис. 1. Расположение буровых скважин системы геокриологического мониторинга на территории г. Якутска

округов г. Якутска. Эта система включает в себя 65 участков. Каждый из них обеспечен разрезом буровой скважины, который оборудован контрольно-измерительной аппаратурой (рис. 1).

Созданная система геокриологического мониторинга предназначена для изучения формирования состава и строения грунтов сезонно-протаивающего (деятельного), сезоннопромерзающего и культурного слоя, а также для регистрации изменений теплового состояния грунтов в слое годовых теплооборотов в многолетнем цикле.

Для анализа динамики температурного поля грунтов на территории г. Якутска авторами настоящей статьи был использован метод сравнения полученных данных геокриологического мониторинга с результатами геотермических наблюдений, проведенных в предыдущие годы.

Результаты и обсуждение

Климат Центральной Якутии по основным своим параметрам (температура воздуха, осадки, снежный покров) на рубеже XVI–XVII веков имел близкие значения к современному периоду [5, 6]. Исходя из этого, можно предположить, что в начале освоения территории города температура ММП в естественных условиях могла быть от -3 до -4°C .

Первые измерения температуры ММП на территории города были осуществлены лишь в 40-х годах XIX века [1]. Измерения проводились в шахте Шергина до глубины 116,4 м в

шпурах, пробуренных в стенках шахты. Было установлено, что температура грунтов на глубине 10 м составляла около -9°C , что значительно ниже, чем температура вне обжитой части территории города. Согласно замерам в шахте Шергина, проведенным Якутской научно-исследовательской мерзлотной станцией Института мерзлотоведения им. В.А. Обручева АН СССР, температура грунтов на той же глубине составила $-8,1^{\circ}\text{C}$, что позволило говорить о незначительном естественном охлаждении стенок шахты после ее проходки. Последующие исследования температурного поля грунтов на территории древней части города позволили однозначно утверждать, что их средняя годовая температура за всю историю города на его территории не могла быть ниже -8°C [7–10].

В 30–50-х годах прошлого века на территории города и его окрестностях были организованы массовые температурные наблюдения в специально оборудованных скважинах. Они показали, что на застроенной части территории г. Якутска температура ММП существенно ниже по сравнению с ненарушенными участками. Если в старой части города температура грунтов составляла от -6 до $-8,1^{\circ}\text{C}$, то в его окрестностях температура находилась в диапазоне от -2° (на лугу) до -3°C (в лесу). В результате анализа полученных данных П.А. Соловьев [3] пришел к выводу, что деревянный тип застройки и прежний уклад жизни населения способствовали значительному охлаждению верхних горизонтов мерзлых грунтов. Кроме того, он, вслед за П.А. Мельниковым [10], указывал на возможное повышение температуры грунтов в городе, в связи с будущим «...уплотнением застройки и развитием коммунального хозяйства» [3].

Следует отметить некоторые особенности перехода от деревянного способа освоения территории на каменный вид застройки городских кварталов. Эти особенности связаны, в первую очередь, с переходом города на централизованное тепло- и водоснабжение и строительством городского канализационного коллектора. Если теплотрассы, как правило, размещались на поверхности земли или над землей, то остальные коммуникации, включая кабели связи и электропитания, прокладывались подземным способом. Канализационный коллектор, проходящий под основными улицами города, проектировался и строился на существовавших в то время расчетных объемах стоков, которые в последующем были превышены. Это обстоятельство, а также наличие мерзлых льдистых грунтов и отсутствие естественных уклонов привели к частой его аварийности.

Аварии на основном коллекторе и во внут-

риквартальных сетях сопровождаются подземными утечками фекальных вод через неплотные трубные соединения и отверстия в изношенных трубах, которые агрессивно воздействуют на вмещающие грунты. При изливисток непосредственно на земную поверхность в зимний период под домами формируются техногенные наледи, нарушающие температурный режим грунтовых оснований зданий, построенных по принципу сохранения грунтов в мерзлом состоянии.

Таким образом, в настоящее время в центральной части г. Якутска сформировалась сильно урбанизированная территория с густой сетью подземных коммуникаций довольно глубокого заложения (до 8–10 м). Высокая аварийность тепло- и водоснабжающих коммуникаций являются основными причинами нарушения структуры, физических и химических свойств несущих грунтов в г. Якутске.

Проведенные геотермические наблюдения показали чрезвычайную сложность формирования температурного поля грунтов в урбанизированной части территории города. Установлено, что в старой его части произошло засоление грунтов, приведшее к появлению на относительно небольшой глубине горизонтов мокроморозных грунтов или криопэгов [11]. Здесь на некоторых участках, по сравнению с 1930–1950 гг., произошло повышение средних годовых значений температуры грунтов, а на не-

Таблица 1

Температура грунтов в скважинах мониторинговой сети в пределах территории старой застройки г. Якутска за период 2009–2011 гг.

Номер скважины	Местоположение (название улицы, № дома)	Температура грунтов на глубине 10 м, °С
3	Петровского, 2	–2,4
7	Хабарова, 1	–4,9
8	Ярославского, 2	–5,0
9	Хабарова, 5	–3,8
10	Чиряева, 4	–4,2
11	Чиряева, 8	–3,5
12	Чиряева, 8	–4,1
13	Ярославского, 4	–5,7
17	Каландаришвили, 1	–2,5
26	Ленина, 11	–4,2
27	Орджоникидзе, 3/1	–4,0
28	Ленина, 35	–4,2
29	Ленина, 37	–3,0
30	Ленина, 46	–2,2
31	Октябрьская, 21	–3,8
32	Орджоникидзе, 45	–4,8
48	Чернышевского, 22/2	–4,1
60	Кулаковского, 16	–4,5
Средняя температура грунтов на территории старой части г. Якутска –3,9°С		

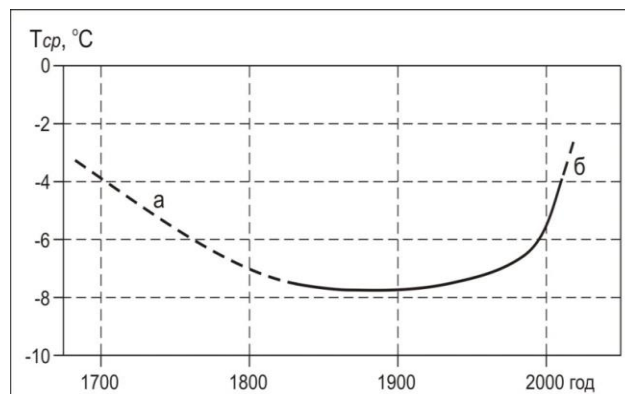


Рис. 2. Динамика температуры многолетнемерзлых грунтов на глубине 10 м в старой части г. Якутска. Пунктиром на графике показаны интервалы предполагаемых (а) и прогнозных (б) изменений температуры грунтов

которых – понижение. В старой части города температура ММП в среднем составляет –3,9°С (табл. 1), что в целом соответствует нормативным показателям строительства зданий и сооружений, принятым в г. Якутске.

Сравнение этих данных с результатами температурных наблюдений, проведенных в начале XX века, указывает на то, что на глубине 10 м произошло повышение температуры ММП примерно на 3,5°С (рис. 2).

Основываясь на этих данных, вслед за П.А. Соловьевым [3], можно говорить о существовании определенной зависимости между значением температуры ММП и возрастом застройки городской территории. В связи с этим нами было проведено районирование территории г. Якутска по возрасту ее освоения (рис. 3).

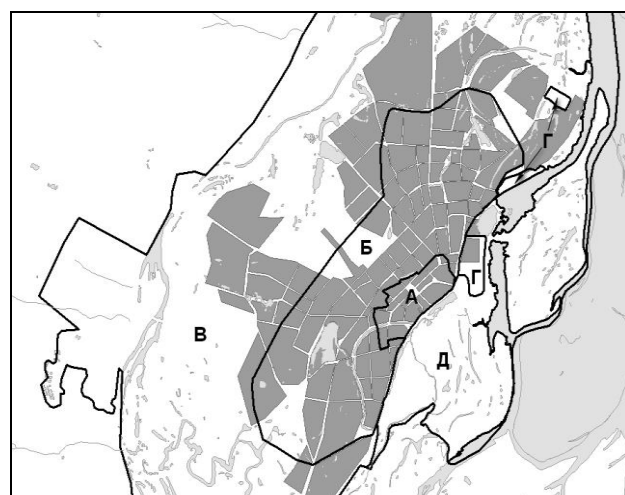


Рис. 3. Схематическая карта районирования территории г. Якутска по возрасту ее освоения. Условные обозначения: А – старая часть города (более 160 лет); Б – средневозрастная часть города (70–160 лет); В – постепенно осваиваемая часть города (менее 70 лет); Г – объекты на намывных грунтах (менее 40 лет); Д – пойма р. Лены. Карта составлена В.В. Куницким при участии авторов

Зависимость изменения температуры грунтов от возраста застройки территории г. Якутска

Индекс на карте	Выделенные области на территории города	Температура грунтов на глубине 10 м	Степень изменения температуры грунтов
А	Наиболее древняя застроенная часть города (возраст более 160 лет)	–2,2...–5,7°C (вне зданий и водных объектов)	Сильно изменена
Б	Средневозрастная застроенная часть города (возраст 70–160 лет)	–2,5...–6,5°C (вне зданий и водных объектов)	Изменена
В	Локально застроенная (возраст менее 70 лет) и незастроенная часть города	–1...–4°C,	Природный тренд
Г	Районы города и объекты на намывных грунтах (возраст менее 30 лет)	2...–3°C	Формирующийся температурный режим
Д	Пойма р. Лены (резервная территория для застройки)	0...–2°C (без водных объектов)	

Сравнительный анализ данных геокриологического мониторинга с результатами ранее проведенных геотермических наблюдений показал, что области, выделенные в зависимости от возраста освоения территории г. Якутска, различаются по степени изменения температуры грунтов на глубине 10 м (табл. 2).

Заключение

На первом этапе освоения территории Якутска (до середины XX века) в целом происходило охлаждение грунтов. Наблюдаемое повышение температуры грунтов в старой части города за последние 40–50 лет в основном обусловлено значительной аварийностью водонесущих инженерных сетей. Частые аварийные и постоянные утечки воды из них приводят к повышению температуры несущих грунтов и к появлению криопэгов, которые нарушают режим эксплуатации зданий. Проведенные исследования подтвердили прогнозы П.И. Мельникова и П.А. Соловьева, сделанные ими в 50-х годах прошлого века, о возможном повышении температуры грунтов на территории г. Якутска под воздействием техногенных факторов.

Литература

1. Миддендорф А.Ф. Путешествия на север и восток Сибири: Север и восток Сибири в естественно-историческом отношении: в 2 ч. – Репринтное издание. – СПб.: АЛЬФАРЕТ, 2009. – Ч. 1. – 884 с.; Ч. 2. – 872 с.
2. Мельников П.И. Мерзлотно-геологические условия возведения гражданских и промышленных

зданий на территории Центральной Якутии: опыт строительства. – М.: Изд-во АН СССР, 1951. – 136 с.

3. Соловьев П.А. О влиянии застройки города Якутска на температуру многолетнемерзлых горных пород // Труды Северо-Восточного отделения Института мерзлотоведения. Вып. 1. – Якутск, 1958. – С. 179–191.

4. Чжан Р.В., Куницкий В.В., Дорофеев И.В. Организация геокриологического мониторинга на территории города Якутска // Научное обеспечение решения ключевых проблем развития г. Якутска. – Якутск: ООО «Издательство Сфера», 2010. – С. 27–33.

5. Будыко М.И. Изменения климата. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 280 с.

6. Гаврилова М.К. Климаты холодных регионов Земли. – Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2003. – 206 с.

7. Сумгин М.И., Качурин С.П., Толстухин Н.И., Тумель В.Ф. Общее мерзлотоведение. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – 340 с.

8. Салтыков Н.И. О фундаментах зданий г. Якутска // Труды Института мерзлотоведения им. В.А. Обручева. Т. 1. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1946. – С. 102–136.

9. Мельников П.И. Вечная мерзлота в районе Якутска // Исследование вечной мерзлоты в Якутской республике. Вып. 2. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – С. 53–70.

10. Мельников П.И. Динамика мерзлоты под зданиями и расчет фундаментов для условий низкотемпературной мерзлоты города Якутска // Исследование вечной мерзлоты в Якутской республике. Вып. 3. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – С. 259 – 278.

11. Павлова Н.А. Динамика мерзлотно-гидрогеохимической обстановки на участках распространения криопэгов в г. Якутске // Наука и образование. – 2010. – № 3. – С.15–19.

Поступила в редакцию 24.10.2014