

# ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ДИНАМИКА ФОНОВЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ГРУНТОВЫХ ТОЛЩ В г. МОСКВЕ

## DISTRIBUTION FEATURES AND DYNAMIC OF THE BACKGROUND TEMPERATURE SOIL'S FIELD AND THICKNESSES IN MOSCOW

УДК 551.1/.4

DOI 10.25296/1993-5056-2017-5-52-58



<http://verba1501.livejournal.com/508186.html>

### КАШПЕРЮК П.И.

Доцент кафедры инженерных изысканий и геоэкологии Института гидротехнического и энергетического строительства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ), г. Москва, npf-sivs@yandex.ru

### KASHPERYUK P.I.

Associate professor of Engineering Surveys and Geoecology Department, Hydraulic Engineering and Power Plant Construction Institute of National Research University "Moscow State University of Civil Engineering" (NRU MGSU), Moscow, npf-sivs@yandex.ru

### ПЯТКИН Д.С.

Аспирант кафедры инженерных изысканий и геоэкологии Института гидротехнического и энергетического строительства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ), г. Москва, cuh@mail.ru

### PYATKIN D.S.

Postgraduate of Engineering Surveys and Geoecology Department, Hydraulic Engineering and Power Plant Construction Institute of National Research University "Moscow State University of Civil Engineering" (NRU MGSU), Moscow, cuh@mail.ru

### Ключевые слова:

среднегодовая температура грунтовых толщ; эталонная фоновая температурная кривая; динамика температурных полей; формирование температурных полей; максимальные амплитуды температур; глубина сезонных колебаний температур; мониторинг за температурой грунтов.

### Key words:

average annual temperature of the soils mass; reference background temperature graph; dynamics of temperature fields; formation of temperature fields; maximum temperature amplitudes; depth of seasonal temperature fluctuations; monitoring of soil temperature.

### Аннотация

Рассмотрены некоторые особенности формирования среднегодовых температур грунтов на примере г. Москвы. На основании многолетних наблюдений в условиях, близких к естественным ландшафтным условиям города, проанализированы особенности пространственной изменчивости температуры грунтов и составлена оригинальная карта-схема изотерм фоновых среднегодовых температур грунтовых толщ в г. Москве.

### Abstract

Some peculiarities of formation of the average temperatures of the soil on the example of Moscow. They were based on many years of observations on conditions of close to the natural landscape conditions of the city, analyses the features of spatial variability of soil temperature and compiled the original map background isotherms of average annual temperatures of soil strata in Moscow.

### Введение

Инженерно-геологические изыскания в пределах крупных городских агломераций показывают существующую зависимость основных физических и механических свойств дисперсных грунтов от пространственной изменчивости температуры грунтовых толщ. Известно, что формирование и распределение температурных полей в

грунтовых толщах городских территорий зависит от комплекса гидрометеорологических, геоморфологических, ландшафтно-планировочных, геологических, гидрогеологических и техногенных факторов [1, 2, 5]. Учесть и оценить степень влияния перечисленных факторов на формирование температурных полей грунтов в пределах сколько-нибудь значительных по площади городских тер-

риторий, а тем более закартировать характер изменения основных параметров температурного поля грунтов на средне- и крупномасштабных картах города является чрезвычайно сложной задачей. Это связано с отсутствием единой методики и системных наблюдений за динамикой среднегодовых температур грунтов в городских условиях.

Анализ динамики температурных полей в грунтовых толщах и учет влияния на нее конкретных природных и особенно техногенных факторов невозможен без изучения зональных и азональных закономерностей формирования температурных полей в пределах обширной территории города Москвы. В связи с этим на основании собранного авторами массива натуральных одномерных измерений температуры грунтов по данным одиночных скважин в настоящей работе предпринята попытка установить пространственную изменчивость фоновых среднегодовых температур грунтов в городе Москве. Для этих целей авторами использовались данные температурных замеров в скважинах, расположенных на участках, максимально приближенных к естественным природно-ландшафтным условиям города Москвы и ближайшего Подмосковья, не подверженных отепляющему влиянию городских теплоносущих коммуникаций, метрополитена и подземных частей зданий и сооружений.

### **Особенности пространственной изменчивости температур грунтов**

Температурные замеры в скважинах в г. Москве, выполненные за последние 15 лет такими изыскательскими организациями, как ООО НПФ «СИВС», ООО НПФ «СтройИнвест и К», ООО «Маком», ООО «ИнвестСтрой», ООО «ИГЦ», позволяют заключить, что, как показано на рис. 1, изменение среднегодовых температур грунтов в Москве и ближайшем Подмосковье в целом имеет довольно выраженный зональный характер, обусловленный закономерным изменением среднегодовой температуры грунтов с севера на юг.

Эта закономерность в пределах Подмосковья может осложняться влиянием особенностей геолого-геоморфологического строения того или иного района, локальным изменением состава и влажности грунтовых массивов, ландшафтными особенностями территорий, связанными с преобладанием открытых участков лугов и полей, крупных залесенных массивов или плотно застроенных территорий подмосковных городов и поселков городского типа [2, 3].

В пределах города Москвы (внутри МКАД) южнее линии Митино — Речной вокзал — Ростокино — 104 км МКАД отмечается резкая азональная перестройка среднегодовых значений температурного поля грунтов с формированием «теплового купола» в центральной части города с максимальными среднегодовыми температурами грунтов в пределах Садового кольца и в районе станции метро «Ленинский проспект» (см. рис. 1). Приведенная на рис. 1 карта-схема изотерм фоновых среднегодовых температур грунтовых толщ в целом не противоречит схемам геоизотерм «нейтрального слоя» Москвы, опубликованным в работе Н.М. Фролова и В.Н. Шкатункина [7], которые были составлены по данным многолетних наблюдений за температурой почв на глубинах 1,6; 2,0 и 3,2 м на 4 московских и 9 подмосковных метеостанциях и режимных наблюдений за температурой подземных вод в отдельных скважинах г. Москвы и Подмосковья.

С юга область повышенных среднегодовых температур грунтов замыкается изотермой 8,5 °С приблизительно

по долине реки Чертановки, что в целом подтверждает материалы Н.М. Фролова [7].

Согласно авторским наблюдениям и ранее опубликованным материалам отдельных исследований [2, 3, 4, 6] значительные аномалии в площадном распределении температур грунтов в пределах города могут отмечаться за счет повышения среднегодовой температуры воздуха в плотно застроенных массивах и вблизи работающих ТЭЦ, отепляющего воздействия подземных сооружений (в частности, метрополитена) и водонесущих коммуникаций.

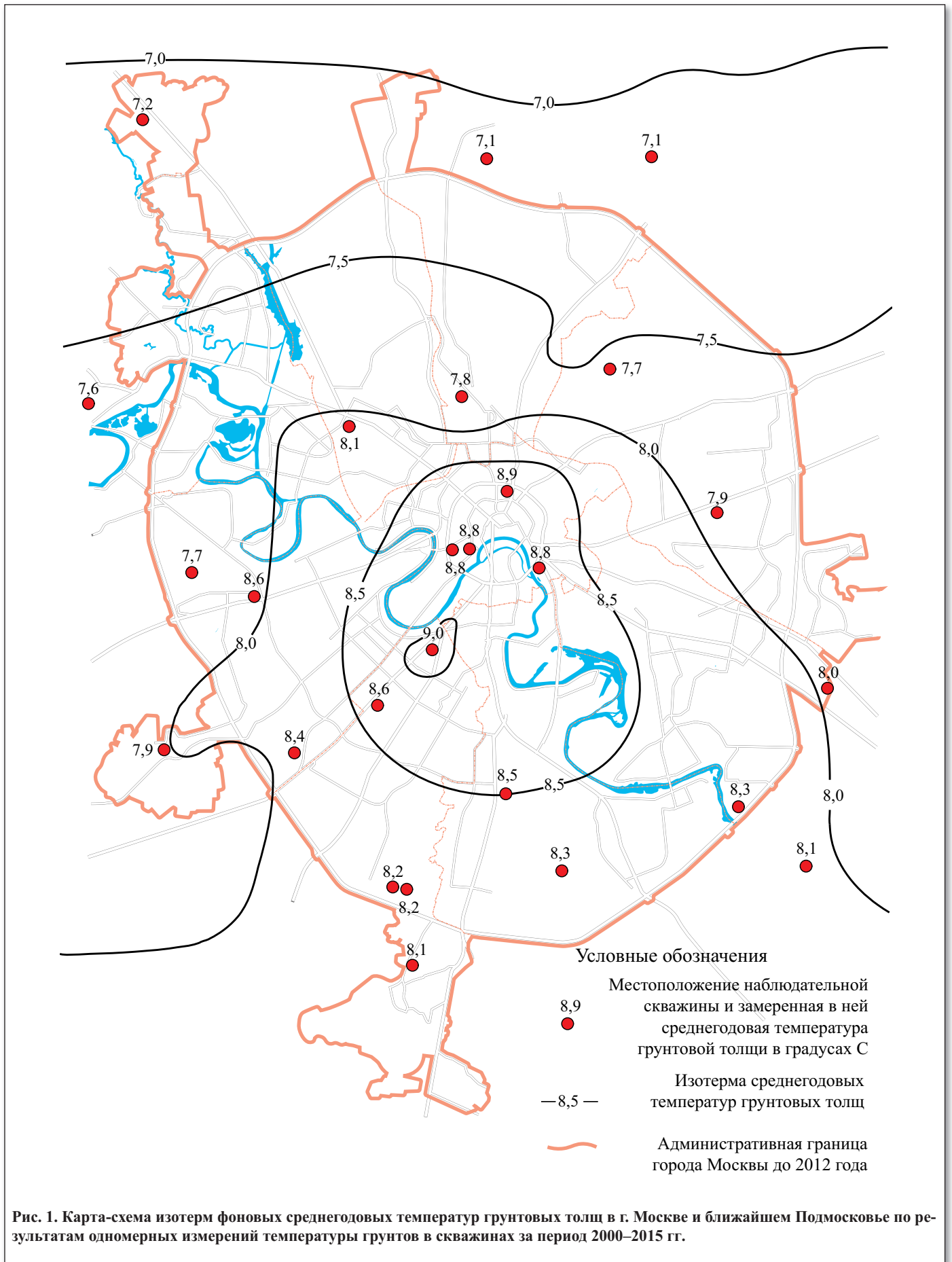
Как показано на карте-схеме (см. рис. 1), фоновые среднегодовые температуры грунтов в пределах города Москвы изменяются от 7,2 °С в Молжаниновском районе, вблизи поселка Новоподрезково до 9,0 °С в районе пересечения улиц Губкина и Вавилова. Аномальное значение среднегодовой температуры 10,4 °С в районе пересечения Ленинского проспекта и улицы Обручева, по-видимому, связано с отепляющим влиянием подвальной части пятиэтажного жилого дома и входящей в него трубы теплоцентрали. Об отепляющем влиянии на грунтовую толщу указанных сооружений свидетельствует не характерная для июня месяца температурная кривая, показанная на рис. 2, которая существенным образом отличается от эталонной температурной кривой в естественных условиях по замерам в июне, приведенной на рис. 3. Здесь полностью отсутствует холодная волна, обычно отмечающаяся в июне на глубинах 4–5 м.

Следует отметить, что все приведенные на рис. 1 наблюдательные скважины расположены в пределах водораздельных территорий и на высоких террасах реки Москвы и ее притоков. Таким образом, влияние долинного комплекса рек, как азонального фактора, на распределение температурного поля грунтов, показанного на карте-схеме, авторами не учитывалось.

### **Изменение температурного поля грунтов по глубине**

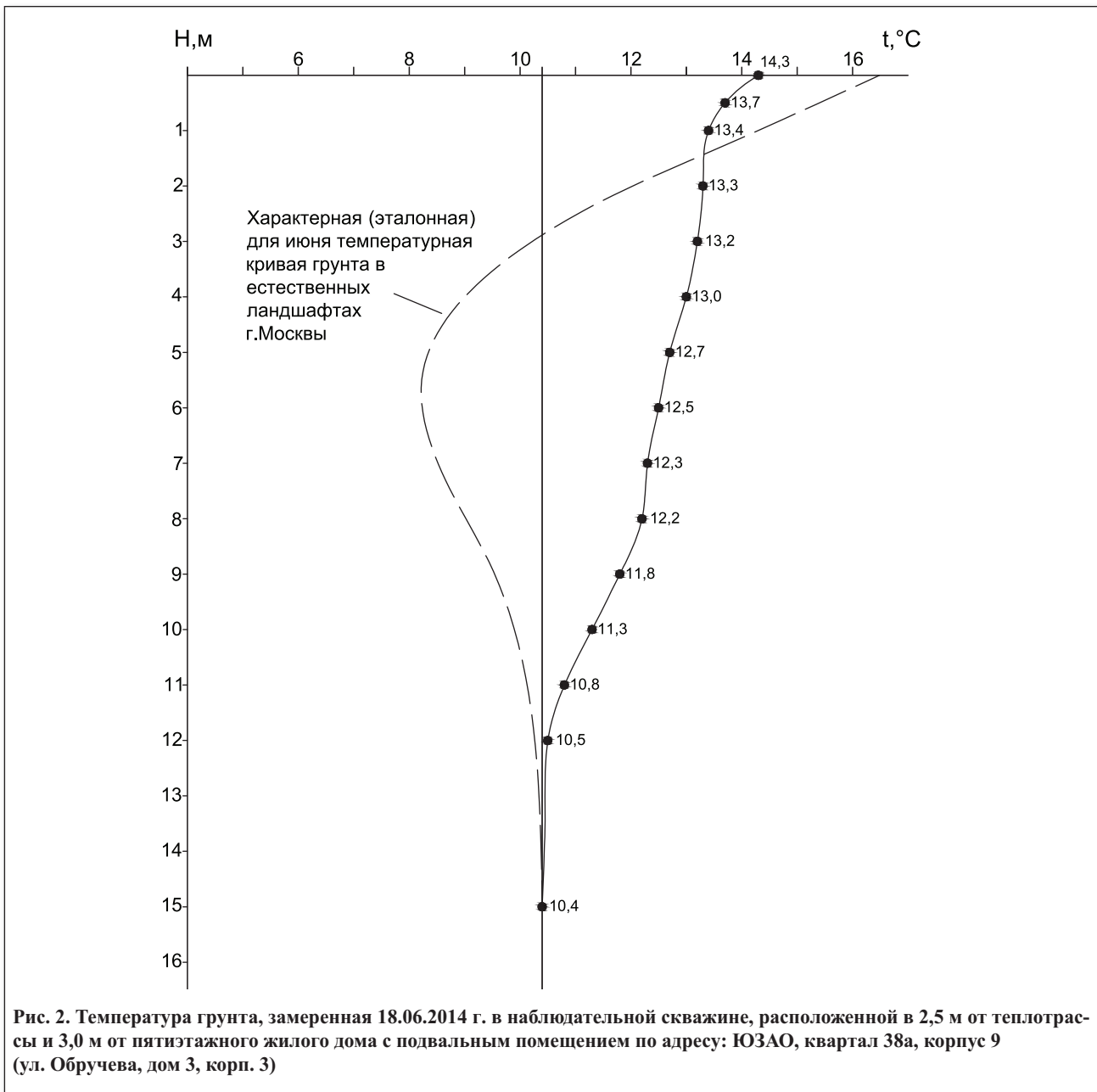
Для анализа динамики температурных полей грунтов по глубине авторами в 2012–2013 годах были выполнены ежемесячные замеры температур в трех оборудованных до глубины 60 м наблюдательных скважинах на участке ранее проектируемого храма Кришны в районе поселка Новоподрезково Молжаниновского района. Результаты ежемесячных замеров температуры грунтов в одной из скважин приведены в таблице и на рис. 3. Полученные данные позволяют судить о годовой динамике одномерных температурных полей грунтов в однородной толще водно-ледниковых маловлажных плотных песков средней крупности, перекрытых 6-метровой толщиной слежавшихся насыпных грунтов, состоящих из суглинка легкого песчанистого, тугопластичного, с линзами и прослойками толщиной до 20 см песка средней крупности, средней плотности, средней степени водонасыщения, с включениями до 10% обломков битого кирпича, дресвы и щебня. Участок расположен на ровной плоской поверхности водно-ледниковой равнины в 110 м от Новосходненского шоссе и в 40 м от крутого уступа (30 м высотой) склона коренного берега реки Сходни. Поверхность покрыта естественной луговой растительностью с редкими отдельно стоящими деревьями березы.

Максимальная амплитуда температуры на поверхности грунта в течение года составила 32,3 °С при максимальном значении температуры 24,9 °С в июле 2012 года и минимальном значении - 7,4 °С в январе 2013 года. На глубинах



5 и 10 м амплитуда температур грунта изменяется от 7,5 °С (3,2 °С в мае и 10,8 °С в октябре) до 2,6 °С (5,9 °С в августе и 8,5 °С в феврале) соответственно. Максимальная глубина сезонных колебаний температуры грунтов отме-

чается в марте и сентябре и составляет 17,4–17,5 м. Минимальные глубины нулевых амплитуд температур грунтов зафиксированы на глубине 15,0 м в июне и декабре. Отмеченное в течение года варьирование глубины нуле-



вых амплитуд температуры грунтов на глубинах 15,0–17,5 м, с нашей точки зрения, связано с недостаточной чувствительностью (0,1 °C) регистрирующего устройства оборудованной термодатчиками температурной косы. На рис. 3, б показан возможный характер годовой динамики температурного поля на глубинах 10–17,5 м.

Ниже 17,5 м мощность грунтовой толщи с постоянной среднегодовой температурой 7,2 °C (зоны постоянной температуры) составляет 17,5–20,0 м. С глубины 35,0–37,5 м температура грунтов начинает увеличиваться и на глубине 60,0 м достигает 7,6 °C.

Наличие диапазона глубин в нашем случае связано с тем, что с глубины 30 м температурная коса оборудована термодатчиками через 5,0 м.

Следует отметить, что характер фоновых температурных кривых для каждого месяца года, показанный на рис. 3, соответствует согласно систематике грунтовых толщ, разработанной В.Т. Трофимовым и др. в 1988 году [6], классу дисперсной, двухпородной, глинистой, подстилаемой песчанистой, с однородным состоянием по разрезу, немерзлой, со среднегодовой температурой более 3,0 °C, слабоувлажненной грунтовой толще. Такие же кривые следует ожидать и для соот-

ветствующих дисперсных одно- и многопородных песчаных и глинистых толщ при отсутствии водоносного горизонта в пределах годовой зоны изменения температуры грунтов.

### Выводы

В заключение отметим, что собранные за последние 15 лет в различных районах Москвы и Подмосковья материалы натуральных термометрических исследований грунтов в разведочных скважинах позволили составить оригинальную карту-схему распространения фоновых среднегодовых температур грунтов в пределах города Москвы.

Проведенный авторами в течение года мониторинг за динамикой температуры грунтов в оборудованной 60-метровой скважине позволяет получить эталонные фоновые температурные кривые для любого месяца года в г. Москве.

Наличие 12 эталонных фоновых температурных кривых грунтов позволяет по характеру температурной кривой, полученной по температурным замерам в скважине в любой точке города, оценить наличие и даже степень отопляющего воздействия какого-либо источника на температуру грунтов.

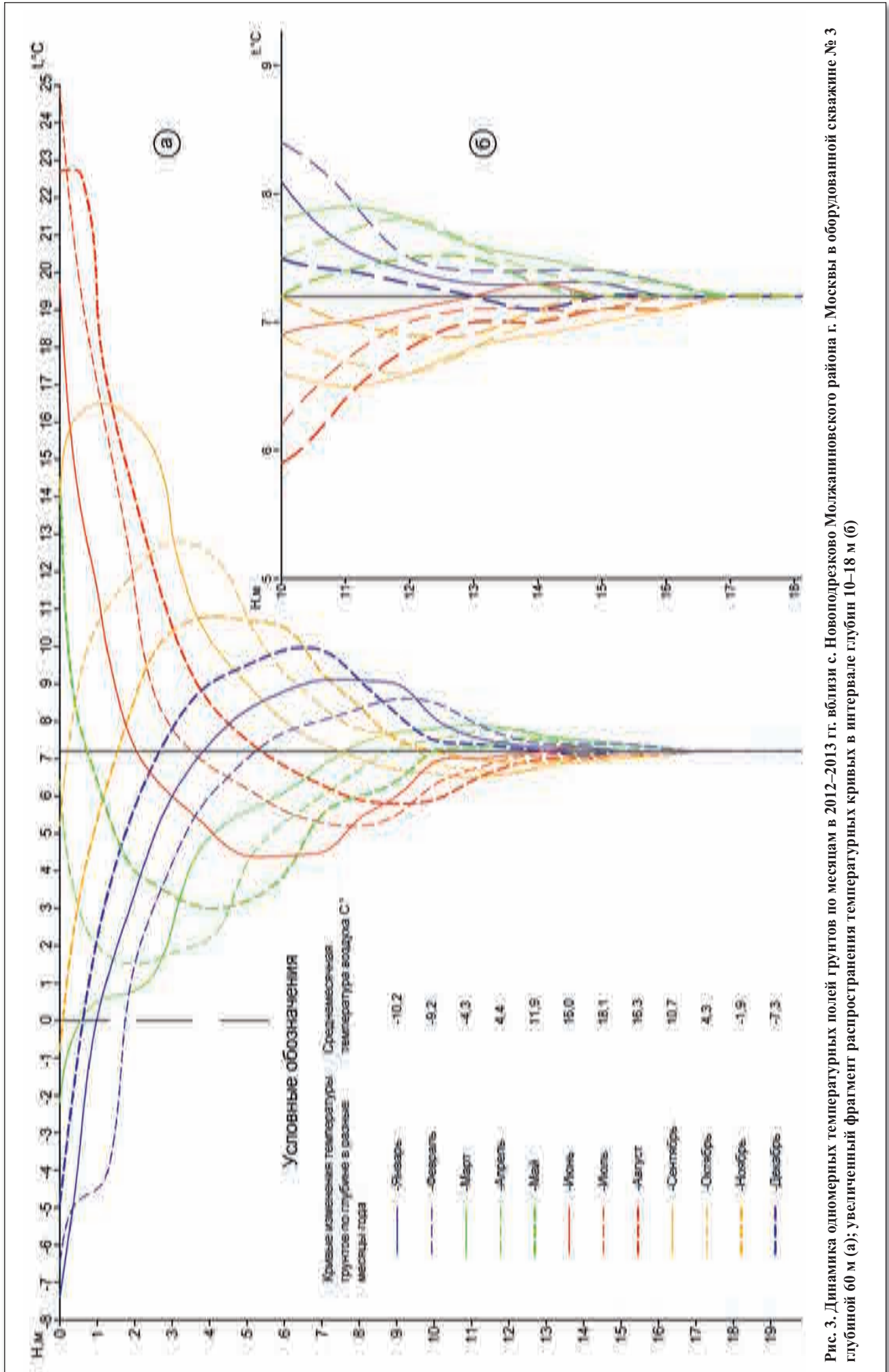


Рис. 3. Динамика одномерных температурных полей грунтов по месяцам в 2012–2013 гг. вблизи с. Новоодрезково Молжаниновского района г. Москвы в оборудованной скважине № 3 глубиной 60 м (а); увеличенный фрагмент температурных кривых в интервале глубин 10–18 м (б)

Таблица

**Значения температуры грунтов, замеренной в оборудованной наблюдательной скважине № 3 глубиной 60 м по адресу: г. Москва, Молжаниновский район, вблизи с. Новоподрезково на участке проектируемого храма Кришны**

Глубина, м	Температура грунта по месяцам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,0	-7,4	-6,5	-2,2	6,4	14,5	19,7	24,9	22,7	13,9	5,2	-0,8	-4,9
0,5	-3,7	-4,8	-0,1	3,0	8,0	14,0	19,9	22,7	16,2	9,0	3,2	-0,8
1,0	0,1	-4,5	0,5	2,0	6,4	11,5	17,0	19,0	16,5	10,6	5,4	2,2
2,0	3,4	1,5	0,8	1,5	4,0	7,3	11,5	14,0	16,0	12,0	8,6	5,7
3,0	6,0	4,2	2,5	1,8	3,4	6,1	7,8	10,5	13,0	12,8	10,4	7,8
4,0	7,4	6,0	4,9	2,2	3,0	5,1	6,8	8,5	10,2	12,5	10,8	12,5
5,0	8,3	7,0	5,6	4,2	3,2	4,4	6,2	7,5	9,0	10,8	10,7	9,5
6,0	8,8	7,7	6,1	5,3	3,9	4,4	5,6	6,8	8,0	9,3	10,5	9,9
7,0	9,1	8,0	6,8	6,0	5,5	4,5	5,3	6,3	7,4	8,4	9,3	9,9
8,0	9,1	8,3	7,4	6,7	6,0	5,4	5,2	5,9	7,0	7,8	8,4	9,1
9,0	9,0	8,6	7,7	7,3	6,4	6,0	5,5	5,8	6,7	7,6	7,5	8,2
10,0	8,1	8,4	7,8	7,5	7,2	6,9	6,3	5,9	6,6	6,9	7,2	7,5
11,0	7,6	8,0	7,9	7,7	7,3	7,0	6,7	6,4	6,5	6,7	7,0	7,4
12,0	7,4	7,5	7,8	7,8	7,5	7,1	7,0	6,8	6,6	6,6	6,9	7,3
13,0	7,3	7,4	7,6	7,6	7,5	7,2	7,1	7,0	6,8	6,8	6,9	7,2
14,0	7,3	7,4	7,5	7,4	7,3	7,3	7,1	7,0	6,9	7,0	7,1	7,1
15,0	7,2	7,4	7,4	7,3	7,2	7,2	7,1	7,1	7,0	7,1	7,1	7,2
16,0	7,2	7,3	7,3	7,3	7,2	7,2	7,2	7,1	7,1	7,1	7,2	7,2
17,0	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
18,0	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
35,0	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
40,0	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
50,0	7,5	7,5	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5	7,4	7,5	7,5	7,4	7,5
60,0	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
Дата замеров температур	21.01.13	20.02.13	16.03.12	18.04.12	20.05.12	19.06.12	20.07.12	17.08.12	16.09.12	16.10.12	20.11.12	19.12.12

Сравнение среднегодовых температур воздуха и грунтовых толщ, отмеченных в пределах различных участков города Москвы, показало, что среднегодовая

фоновая температура грунта на 2,9–3,0 °С выше среднегодовой температуры воздуха, характерной для района города. 🌐

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Грунтовые толщии Западно-Сибирской плиты / под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1988. 128 с.
2. Королев В.А., Соколов В.Н., Кошелев А.Г. Термические воздействия на геологическую среду города // Материалы региональной научной конференции студентов и молодых специалистов «Геология XXI века». Саратов, 2001. С. 43.
3. Кошелев А.Г. Техногенное изменение моренных грунтов в пределах жилой застройки г. Москвы: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: Изд-во МГУ, 2002. 26 с.
4. Москва: Геология и город / гл. ред. В.И. Осипов, О.П. Медведев. М.: Московские учебники и картолитогрфия, 1997. 400 с.
5. Особенности температурного режима грунтов в г. Москве и его влияние на инженерно-геологические свойства грунтов активной зоны оснований сооружений / Кашперюк А.А., Кашперюк П.И., Потапов А.Д., Потапов И.А. // Вестник МГСУ. 2013. № 3. С. 88–97.
6. Федяева Е.А. Закономерности неизотермического влагопереноса в песчаных и пылеватых грунтах: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: Изд-во МГУ, 2015. 26 с.
7. Фролов Н.М., Шкатункин В.Н. Эволюция геотемпературного поля Москвы с 1945 по 1975 г. // Инженерная геология. 1983. № 2. С. 102–111.

## Summary

The analysis of dynamic of temperature fields in the ground thicknesses and the effects on its environmental-geological conditions and technogenic factors, especially in the city of Moscow is impossible without studying the zonal and atonally regularities of formation of temperature fields within the vast territory of the city. In this regard, on the basis of the collected authors of the one-dimensional array in-situ temperature measurements of soil according to single wells in the present work an attempt was made to establish the spatial variability in background average annual temperatures of soils in the city of Moscow. For these purposes, we used the data of temperature measurements of soils in the wells located in areas as close as possible to the natural landscape conditions of the city of Moscow and the nearest Moscow region, are not affected by the warming effect of urban heat-carrying communications, metro and underground parts of buildings and structures.

Some peculiarities of formation background of the average temperatures of the soil in the Moscow city and the nearest Moscow suburbs. On the basis of one-dimensional long-term observations of annual mean temperature of the soil in areas close to the natural landscape conditions of the city, analyzes the features of spatial (areal) variability of soil thermal and compiled the original map background isotherms of average annual temperatures of soil strata in Moscow. Noted possible anomalies in the areal distribution of soils within the city and examines the reasons zonalnogo distribution of the average temperatures of the soil.

On the basis of a regime of monthly observations of the dynamics of soil temperature in deep well-equipped, in a plot, excluding the possibility of anthropogenic warming influence on temperature soil bulk obtained reference set of background temperature curves for each month of the year, showing changes in temperature of soil at depth. It is established that in the Moscow city's value of the background average annual temperatures of soils vary from 7,2 to 9,2 °C, and the depth values of zero annual amplitudes of temperatures, depending on the composition and condition of the soil massif and the presence of an aquifer, can vary from 13,0 to 17,5 m. First noted that Moscow and Moscow region the maximum depth of the zero-temperature amplitude of soil in one-dimensional measurements of temperature in wells is celebrated in March and September and minimum in June and December. Marked variation during the year, the depth of zero amplitude of the soil temperature in the depth interval, from our point of view, due to the insufficient sensitivity (0,1 °C) a recording device equipped with sensors of temperature braids.

It was found that the compare of the character of the temperature curve of soil obtained in the result of a single measurement of ground temperature in the borehole in the process of engineering-geological surveys, and the typical background temperature curve of the corresponding month of the year allows us to estimate the degree of warming effect on ground layer nearest man-made source of heat. 

## CAPTIONS TO FIGURES

Fig. 1. Map-table of background isotherms of average annual temperatures of soil thicknesses in Moscow and the Moscow region according to the results of a one-dimensional soil temperature measurements in boreholes during the period 2000–2015

Fig. 2. Temperature of soil was measured 18.06.2014, in the observation hole located 2,5 meters from the heating and 3,0 m from the five-storey residential building with basement at the address: West, block 38A, building 9 (ul. Obrucheva, Dom 3, korp. 3)

Fig. 3. Dynamics of one-dimensional temperature soil's fields months by month in 2012–2013 near the village Novopodrezsky of Molzhaninov district of Moscow in the equipped well No. 3 depth of 60 m (a); enlarged fragment distribution temperature curves in the depth interval 10–18 m (b)

## CAPTIONS TO TABLES

Table. Soil's value of temperature, measured in observed equipped chink No. 3 depth of 60 m at the address: Moscow, Molzhaninovskiy district, near the village Novopodrezkov on the site of the proposed Krishna temple

## REFERENCES

1. Gruntovye tolshhi Zapadno-Sibirskoj plity [Soil thicknesses of the West Siberian plate] / pod red. V.T. Trofimova. M.: Izd-vo MGU, 1988. 128 s. (Rus.).
2. Korol'ov V.A., Sokolov V.N., Koshelev A.G. Termicheskie vozdejstviya na geologicheskuyu sredu goroda [Thermal impacts on the geological environment of the city] // Materialy regional'noj nauchnoj konferencii studentov i molodyh specialistov «Geologija XXI veka» [Materials of a regional scientific conference of students and young specialists "XXI century geology"]. Saratov, 2001. S. 43. (Rus.).
3. Koshelev A.G. Tehnogennoe izmenenie morenykh gruntov v predelakh zhiloz zastrojki g. Moskvy [Technogenic change of thin soil within the residential development of Moscow]: avtoref. dis. ... kand. geol.-min. nauk. M.: Izd-vo MGU, 2002. 26 s. (Rus.).
4. Moskva: Geologija i gorod [Moscow: Geology and city] / gl. red. V.I. Osipov, O.P. Medvedev. M.: Moskovskie uchebniki i kartolitografija, 1997. 400 s. (Rus.).
5. Osobennosti temperaturnogo rezhima gruntov v g. Moskve i ego vliyanie na inzhenerno-geologicheskie svojstva gruntov aktivnoj zony osnovanij sooruzhenij [Features of temperature condition of soil in Moscow and his influence on engineering-geological properties of soil of an active zone of the bases of constructions] / Kashperjuk A.A., Kashperjuk P.I., Potapov A.D., Potapov I.A. // Vestnik MGSU [MGSU bulletin]. 2013. № 3. S. 88–97. (Rus.).
6. Fedjaeva E.A. Zakonomernosti neizotermicheskogo vlagoperenosa v peschanyh i pylevatyh gruntah [Regularities of not isothermal moisture transfer in sandy and dusty soil]: avtoref. dis. ... kand. geol.-min. nauk. M.: Izd-vo MGU, 2015 26 s. (Rus.).
7. Frolov N.M., Shkatunkin V.N. Jevoljucija geotemperaturnogo polja Moskvy s 1945 po 1975 g. [Evolution of the geotemperature field of Moscow from 1945 to 1975.] // Inzhenernaja geologija [Engineering geology]. 1983. № 2. S. 102–111. (Rus.).