

# Инженерно-геологические исследования территории, грунтов основания и фундаментов памятника архитектуры «Дом Мельникова» в Москве

**Борис Александрович ГРАНИТ**, главный специалист, e-mail: granit-boris@yandex.ru

ООО «Инжиниринговый Геотехнический Центр», 105082 Москва, ул. Фридриха Энгельса, 75, стр. 21, оф. 609

**Александр Викторович ДЕНИСОВ**, кандидат технических наук, доцент, e-mail: DenisovAV@mgsu.ru

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337 Москва, Ярославское ш., 26

**Аннотация.** На основании выполненных авторами данной статьи инженерно-конструкторских обследований здания, инженерно-геологических и геофизических исследований грунтов территории, а также с учетом результатов исследований этого участка, полученных другими специалистами, установлены особенности фундаментов, грунтов их основания и инженерно-геологических условий участка Дома Мельникова. Показано, что памятник архитектуры расположен в сложных инженерно-геологических условиях на территории повышенного геологического риска, в зоне влияния тектонического нарушения. Севернее участка находится зона узла пересечения отмеченного нарушения с более крупным нарушением, что может оказывать влияние на геологические процессы. К северо-востоку от участка памятника архитектуры выявлено резкое погружение кровли отложенный карбона. Это способствует фильтрации грунтовых вод в известняки карбонатной толщи из залегающих выше водоносных песков и активизации процессов суффозионного выноса и провальных явлений грунта. Обследованный участок оценен как потенциально карстоопасный, а прилегающая к нему с северо-востока территория – как карстоопасная. В связи с этим любое строительство на прилегающей территории может спровоцировать активизацию провальных явлений на поверхности. Фундаменты здания находятся в основном в работоспособном состоянии. Существующие дефекты могут быть ликвидированы при ремонте. Грунты основания преимущественно имеют достаточную несущую способность. Участки основания с насыпным грунтом могут быть усилены. Однако при разработке проекта реконструкции здания и его территории необходимо учитывать, что конструкция Дома Мельникова не предусматривает его работу на нагрузки при образовании провалов.

**Ключевые слова:** фундаменты, грунты основания, инженерно-геологические условия, геофизические исследования, провальные явления грунтов, структурно-тектонические условия, оценка карстово-суффозионной опасности территории.

## ENGINEERING-GEOLOGICAL STUDIES OF THE TERRITORY, SOILS OF FOUNDATION AND FOUNDATIONS OF THE ARCHITECTURAL MONUMENT OF THE "MELNIKOV'S HOUSE" IN MOSCOW

**Boris A. GRANIT**, e-mail: granit-boris@yandex.ru

Engineering Geotechnical Center, ul. Friedrich Engels, 75, str. 21, of. 609, Moscow 105082, Russian Federation

**Aleksandr V. DENISOV**, e-mail: DenisovAV@mgsu.ru

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Yaroslavskoye shosse, 26, Moscow 129337, Russian Federation

**Abstract.** On the basis of engineering and design surveys of the building, engineering-geological and geophysical studies of the soils of the territory conducted by the article authors, as well as with due regard for the results of studies conducted on this territory by other authors, the features of the foundations, soils of their foundation and engineering-geological conditions of the territory of the Melnikov House are established. It is shown that the Melnikov house is located under complex engineering-geological conditions on the territory of high geological risk, in the zone of influence of tectonic disturbance. To the North of the area there is a zone of intersection of the observed disturbance with a larger disturbance that can have an impact on geological processes. To the North-East of the site of the Melnikov House, a sharp immersion of the roof of carbon deposits was revealed. It promotes groundwater seepage into limestone of the carbonate strata from overlying water-bearing sands and activation of processes of suffusion removal and sinkhole phenomena of the soil. The surveyed area is assessed as potentially karst-hazardous and adjacent to it from the North-East territory as karst-dangerous. In this regard any construction on the adjacent territory can provoke activation of sinkhole phenomena on the surface. The foundations of the building are basically in working condition. Existing defects can be eliminated during repair. The foundation soils mainly have sufficient bearing capacity. Areas of the base with bulk soil can be reinforced. However, when developing a project for the reconstruction of the building and its territory, it should be taken into account that the design of the Melnikov House does not provide for its operation on the loads at the formation of sinkholes.

**Key words:** foundations, foundation soils, engineering-geological conditions, geophysical studies, sinkhole phenomena of soils, structural and tectonic conditions, assessment of karst-suffusion danger of territory.

**Введение**

Спроектированный выдающимся архитектором Константином Мельниковым одноквартирный жилой дом-мастерская для себя и своей семьи был построен в 1927–1929 гг. в Москве в Кривоарбатском пер.

Дом Мельникова представляет собой 2–3-этажное кирпичное здание в основном с легкими деревянными перекрытиями, имеет подвал под частью первого этажа, состоит из двух врезанных друг в друга цилиндрических объемов (рис. 1). Благодаря особенностям объемно-планировочного и конструктивного решений дом-мастерская — это всемирно известный памятник архитектуры советского авангарда и рационализма в архитектуре [1–3].

В настоящее время здание находится в ведении Государственного музея архитектуры им. А. В. Щусева. Намечена его реставрация, так как техническое состояние дома оценивается специалистами как неудовлетворительное [3, 4].

Коллектив исследователей, состоящий из преподавателей, сотрудников и студентов Московского государственного строительного университета (МГСУ), под руководством и с активным участием авторов данной статьи в 2006 г. провел полное обследование конструкций и грунтов основания фундаментов Дома Мельникова, а также детально изучил инженерно-геологические условия в зоне здания и территории вокруг него [5]. Обследование было выполнено в связи с наличием дефектов конструкций здания, появлением провалов грунтов на территории. Кроме того, планировалось строительство на прилегающей к памятнику архитектуры территории многофункционального торгового комплекса с развитой подземной частью. Главные результаты

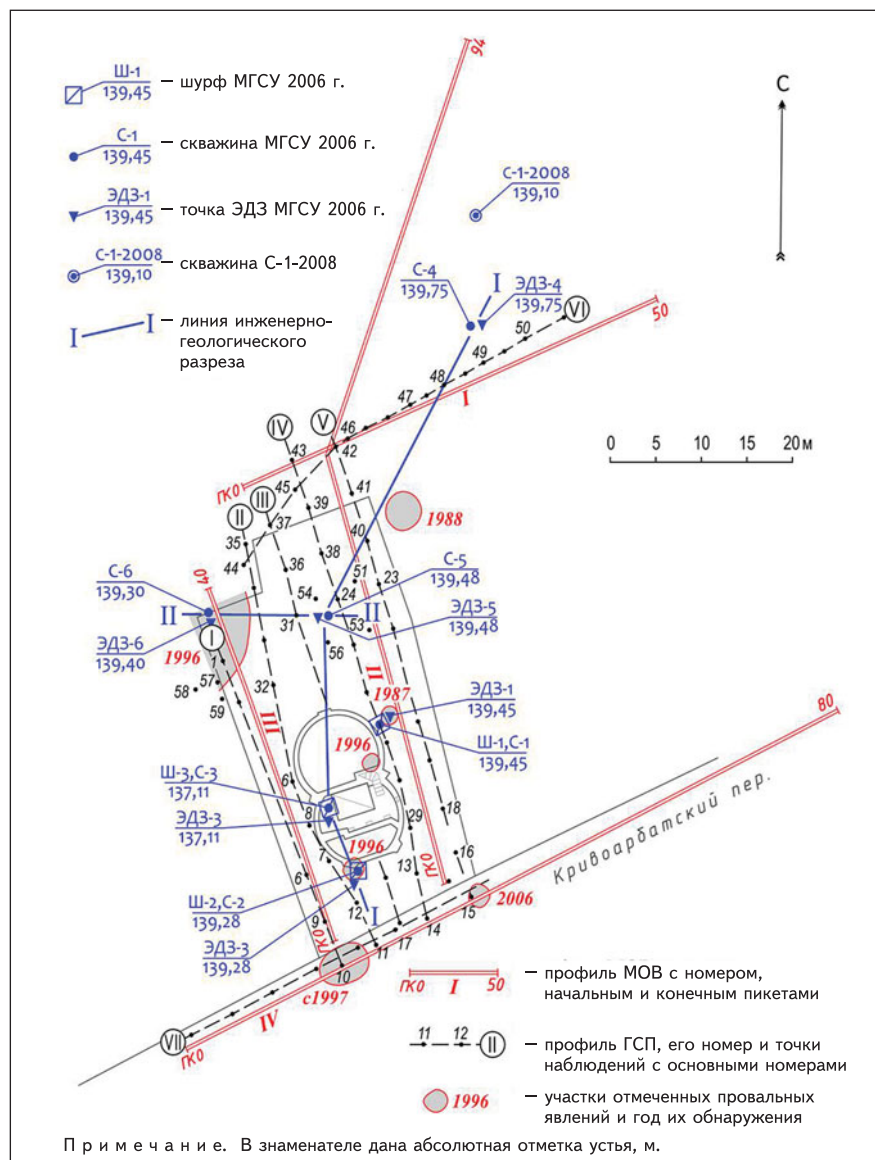
обследования строительных конструкций здания опубликованы в статье [6].

В данной статье авторы приводят основные результаты инженерно-конструкторских, инженерно-геологических и геофизических исследований. Целью этих комплексных работ было изучение особенностей и состояния фундаментов здания, свойств грунтов, залегающих под подошвой фундаментов и в толще влияния здания, а также детальное определение геологических условий участка расположения До-



Рис. 1. Вид здания со стороны переулка (2016 г., [3])

Рис. 2. Карта фактического материала



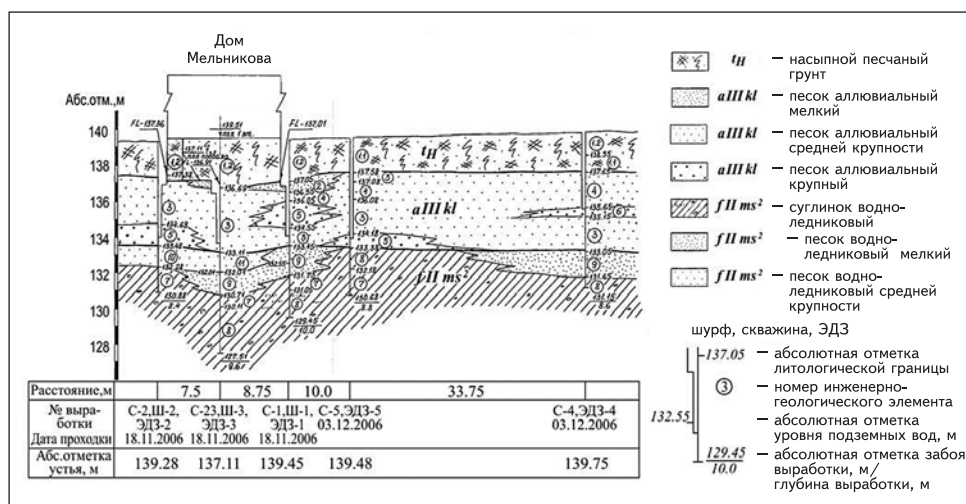
## 1. Расчетные значения физико-механических характеристик грунтов основания

Геологический индекс	Номер инженерно-геологического элемента	Грунт	$\gamma_s$ , кН/м <sup>3</sup>	$\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	W, %	e	$\varphi$ , град.	C, кПа	$E_0$ , МПа
$t_H$	1.1	Насыпной песчаный грунт со щебнем кирпича, местами со строительным мусором, с комками суглинка и супеси, рыхлый, маловлажный	26,6	15,5	3,8	0,78	$R_0 = 120$ кПа		
	1.2	Насыпной песчаный грунт со щебнем кирпича, местами с обломками известняка, строительным и бытовым мусором, корнями деревьев, средней плотности, маловлажный	26,6	17	7,1	0,68	$R_0 = 150$ кПа		
aIIIkl	2	Песок мелкий, однородный, с включениями гравия, средней плотности, маловлажный	26,6	17	6	0,66	32	0	27
	3	Песок средней крупности, местами с редкими включениями гравия, рыхлый, маловлажный и влажный	26,5	15,6	3,4	0,76	29	0	15
	4	Песок средней крупности, местами с включениями гравия и гальки, средней плотности, маловлажный	26,5	16,7	4	0,65	35	0	30
	5	Песок крупный, местами с гравием и галькой, рыхлый, маловлажный и влажный	26,5	15,8	4,6	0,75	30	0	20
	6	Песок крупный, с гравием и галькой, средней плотности, маловлажный	-	-	-	0,68	34	0	31
fIIms <sup>2</sup>	7	Суглинок, местами с прослоями песка, с гравием и галькой, мягко-пластичный	-	-	-	-	-	-	10
	8	Суглинок с гравием, местами с прослоями насыщенного водой песка, тугопластичный	-	-	-	-	-	-	20
	9	Песок мелкий, с гравием, глинистый, с прослоями суглинка, средней плотности, маловлажный, влажный и насыщенный водой	-	-	-	0,7	30	0	20
	10	Песок средней крупности, с гравием и галькой, рыхлый, маловлажный и влажный	-	-	-	0,71	32	0	20
	11	Песок средней крупности, с гравием и галькой, средней плотности, маловлажный	-	-	-	0,65	35	0	31

ма Мельникова и прилегающей территории в связи с наличием провалов вблизи здания.

Авторы надеются, что результаты этих исследований территории в историческом центре Москвы будут учтены на новом этапе обследования и при разработке проекта реконструкции памятника архитектуры. Кроме того, полученные результаты и описанный практический опыт проведения подобных комплексных исслед-

Рис. 3. Инженерно-геологический разрез по линии I-I



2. Строение скважины С-1-2008 по данным работы [10]

Номер инженерно-геологического элемента	Геологический индекс	Пройдено, м		Мощность, м	Абсолютные отметки подошвы слоя, м	Описание грунтов
		от	до			
1	$t_H$	0	2,2	2,2	136,9	Насыпь: песок серо-коричневый, со щебнем кирпича, слежавшийся, влажный
2	$aIIIkl$	2,2	9,2	7	129,9	Песок желтовато-серый, средней крупности, местами плотный, влажный, с глубины 8,1 м – водонасыщенный
3	$flms^2$	9,2	10	0,8	129,1	Суглинок красновато-коричневый, от мягкопластичного до тугопластичного, с прослоями песка, с редким гравием
4		10	22,6	12,6	116,5	Песок серовато-желтый, мелкий, средней плотности, местами плотный, влажный
4а		22,6	27,6	5	111,5	Супесь светло-серая, пылеватая, карбонатная, с прослоями песка, пластичная
5		27,6	34,6	7	104,5	Песок светло-серый, мелкий, слоистый, с прослоями супеси, плотный, влажный
5б		34,6	38,2	3,6	100,9	Щебнистый грунт с заполнителем из супеси и суглинка, плотный, водонасыщенный
6а		$C_3kr$	38,2	45,4	7,2	93,7
6	$C_3kr$	45,4	49,8	4,4	89,3	Известняк зеленовато-белый, органогенно-обломочный и органогенно-детритовый, кавернозный (полые каверны до 0,5 см) и слабокавернозный, трещиноватый, по трещинным ожелезненный, средней прочности, водонасыщенный, с прослойками мергелей малопрочных и средней прочности и глин буро-коричневого цвета, твердых, опесчаненных
6б	$C_2mc$	49,8	60	10,2	79,1	Известняк белый, органогенно-обломочный, средней прочности, кавернозный (каверны от 1–2 до 5 см, по стенкам со щетками кальцита), макропористый, слабо трещиноватый, с глубины 50,5 м сильно кавернозный (полые каверны до 2 см), сильно трещиноватый, водоносный, с глубины 59 м с прослоями мергелистых буровато-красных глин
Уровни подземных вод, м						8,1/8,1* 34,6/34,6 45,4/39,3

\* В числителе дано появление, в знаменателе – установление уровня подземных вод.

дований будут полезны специалистам широкого профиля при реконструкции и новом строительстве как на обследованном участке, так и на других территориях центральной части Москвы.

**Методика исследований**

Проведению исследований предшествовал анализ имеющихся архивных материалов и литературных источников [2, 7–9]. Для изучения инженер-

но-геологических условий участка и грунтов, подстилающих подошву фундаментов, выполнили четыре шурфа глубиной до 2,7 м, пробурили шесть скважин ручным способом до глубины около 6 м и провели электродинамическое зондирование (ЭДЗ) в шести местах глубиной до 10 м.

Свойства грунтов основания изучали на образцах ненарушенной и нарушенной структуры из шурфов и скважин. Вы-

полнили лабораторные исследования этих образцов и интерпретировали материалы ЭДЗ. Состояние фундаментов здания определяли непосредственно в шурфах.

Геофизические исследования проводились для выяснения причины оседания дневной поверхности и провальных явлений вблизи здания и оценки карстово-суффозионной опасности участка. Для этого применяли сейсмораз-

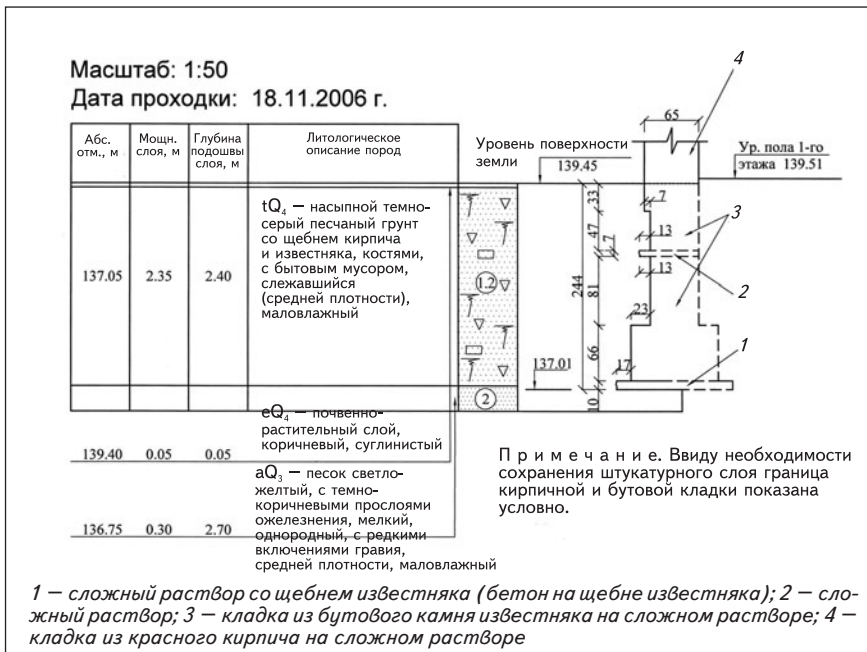


Рис. 4. Чертеж фундаментов и описание грунтов основания, зафиксированных при проходке шурфа № 1

ведочные методы, такие как отраженных (МОВ), преломленных (МПВ) волн и горизонтального сейсмического профилирования (ГСП) на постоянной базе. Для измерения прочностных свойств материалов фундаментов использовали оттарированный склерометр Шмидта типа N.

Результаты настоящей работы основаны на исследовании [6], публикациях [2, 8–10], а также на использовании результатов бурения в 2008 г. на рассматриваемой территории ООО «Гранд-ГЕО» двух скважин глубиной 60 м каждая и выполнения в них ООО «СВЗ» электрокаротажных исследований, описанных в работе [10].

Карта обобщенного фактического материала с расположением обследуемого объекта, инженерно-геологических и геофизических выработок, профилей и разрезов приведена на рис. 2.

#### Результаты исследований

Исследованный участок находится в пределах древнеаллювиальной Ходынской террасы р.

Москвы, имеет ровную поверхность с небольшим уклоном в юго-восточном направлении в сторону Кривоарбатского пер.

В геологическом строении данной территории встречаются верхне- и среднечетвертичные древнеаллювиальные *aIIIkI* пески и водно-ледниковые *flms*<sup>2</sup> опесчаненные суглинки и пески. Согласно архивным данным на глубине 21,1–43,8 м от земной поверхности они подстилаются известняками кривякинской серии верхнего *C<sub>3kr</sub>* и мячковской серии среднего *C<sub>2ms</sub>* карбона. С поверхности земли четвертичные отложения перекрыты толщей насыпных грунтов *t<sub>4</sub>* мощностью 1,9–4 м.

На участке расположения здания подземные воды до глубины 12 м присутствуют в виде «верховодки», зафиксированной на глубине 6,9–8,1 м, на абсолютных отметках 131–132,6 м. Горизонт «верховодки» локально развит под контуром обследуемого здания, что связано с существенным понижением в этом месте кровли слоя суглинков. На

глубине 16,8–19,5 м, на абсолютных отметках 121,4–121,6 м, распространены подземные воды надкаменноугольного водоносного горизонта. Эти воды насыщают водно-ледниковые *flms*<sup>2</sup> песчано-глинистые отложения и циркулируют в толще известняков верхнего *C<sub>3kr</sub>* и среднего *C<sub>2ms</sub>* карбона. Общее направление потока всех подземных горизонтов — северо-восточное. Гидрогеологическая ситуация на данной территории с 1998 по 2008 г. изменилась незначительно.

Под стенами здания устроены ленточные фундаменты в виде кладки из бутового камня-известняка марки M100...M200 на сложном растворе марки M10...M25. Их глубина заложения от поверхности земли составляет 1,9–3,1 м.

Фундаменты, вскрытые шурфами, находятся в удовлетворительном и работоспособном состоянии, но имеют дефекты. В кладке фундаментов отмечаются как участки с ослабленным выветрелым раствором, так и участки без раствора. Помимо этого во внутренней стене подвала зафиксирована трещина с раскрытием до 15 мм. Она могла появиться в результате опирания участка фундамента на насыпной грунт и прокладки канализационной трубы под полом подвала вдоль фундамента.

Грунты, подстилающие подошву фундамента здания, представляют собой в основном пески *aIIIkI* от мелких до средней крупности, рыхлые и средней плотности, маловлажные. Они залегают на маломощном слое водно-ледниковых суглинков, под которыми находятся водно-ледниковые *flms*<sup>2</sup> влажные и водонасыщенные пески. Инженерно-геологический разрез грунтов в основании здания до глубины 10–13 м по линии I–I показан на рис. 3. Расчетные физико-меха-

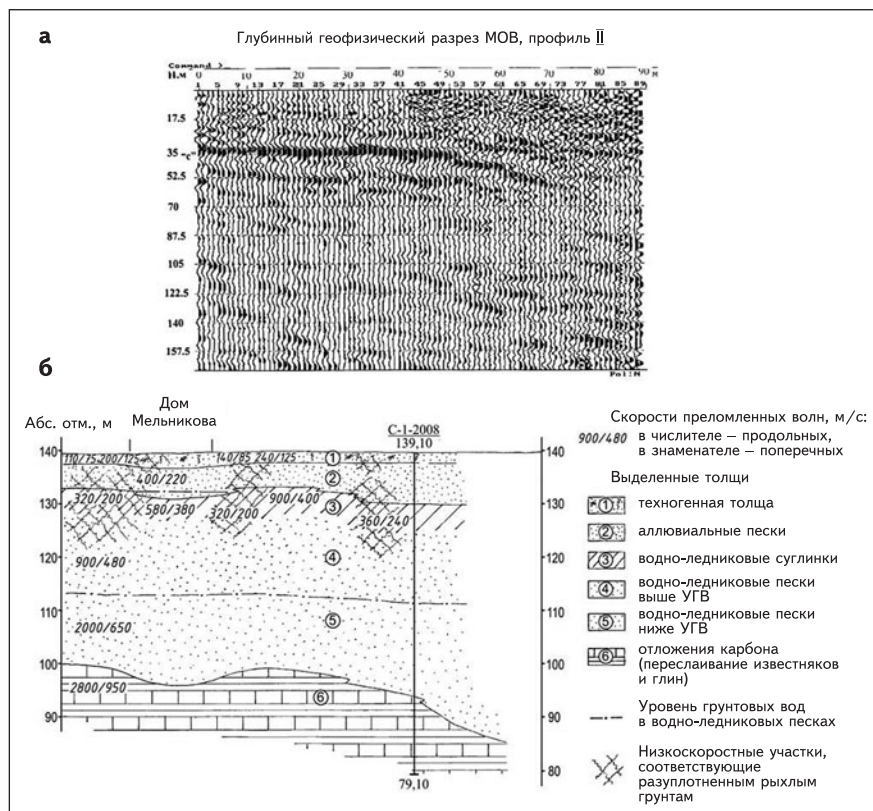
нические характеристики грунтов основания приведены в *табл. 1*. Согласно проведенным расчетам осадок фундаментов и подстилающих грунтов основания их величина изменяется от 2,9 до 7,4 см. Эти значения не превышают допустимых величин по абсолютным и относительным осадкам по СП 22.13330.2011 «СНиП 2.02.01-83\* Основания зданий и сооружений».

Чертеж сечения фундаментов и описание грунтов основания, зафиксированных в шурфе № 1, даны в качестве примера на *рис. 4*.

Исследование глубинного инженерно-геологического строения участка с помощью комплекса геофизических сейсморазведочных методов МОВ, МПВ позволило изучить геологический разрез до глубины залегания кавернозных известняков верхнего  $S_3kr$  и среднего  $S_2ms$  карбона.

Глубинный (*рис. 5а*) и сейсмогеологический (*рис. 5б*) разрезы по линии II на участке Дома Мельникова и прилегающей территории иллюстрируют, что участок расположен практически на бровке крутого (с углом падения более  $15^\circ$ ) склона в рельефе кровли каменноугольных отложений. Материалы бурения подтверждают достоверность геофизического разреза МОВ и строение сейсмогеологического разреза по линии II, а также трещиноватость и кавернозность известняков исследуемого разреза. Описание глубокой скважины С-1-2008, пройденной на изучаемом участке, дано в *табл. 2* (абсолютная отметка устья — 139,1 м, глубина проходки — 60 м, дата проходки — 12.03.2008 г.).

На основании полученных геологических, геофизических данных и имеющихся архивных материалов с учетом закономерности, выявленной М. А. Садовским [11], сотрудник Гидрогеологической экспедиции 16 района А. Л.



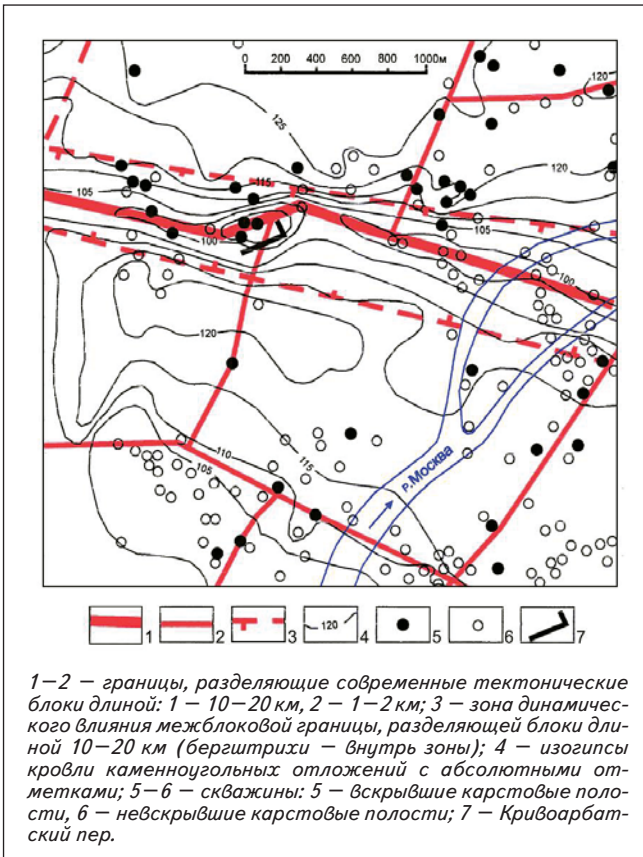
**Рис. 5. Сейсмический (а) и сейсмогеологический по линии II (б) разрезы**

Бенедик провел структурно-тектоническое исследование территории с построением дискретно-иерархической блочной модели, разработанной в Институте динамики геосфер РАН [12]. Кроме полученных авторами данной статьи геолого-геофизических материалов, были использованы «Карта современных структурно-тектонических блоков г. Москвы и лесопарковой зоны» масштаба 1:100 000, построенная в 2009 г. ФГУГП «Гидрогеологическая экспедиция 16 района» и карта кровли каменноугольных отложений масштаба 1:10 000 (С. И. Парфенов, 1979 г.). На основании этих сведений с большой вероятностью можно заключить, что район, где расположен участок Кривоарбатского пер., находится в зоне тектонического разлома длиной более 10–20 км, простирающегося вдоль долины р. Москвы.

На структурно-тектонической

схеме территории (*рис. 6*) в пределах характеризуемого участка выделены два современных тектонических блока длиной 10–20 км, которые разделяет субширотная межблоковая граница. Динамическая зона этой границы (показана пунктиром) в рельефе кровли каменноугольных отложений, представленных известняками и доломитами с прослоями глин, четко выражается ложбиной размыва глубиной 15–20 м. Бровка этой ложбины отмечается на абсолютной отметке 115 м, тальвег — на отметках 95–100 м. Весь Кривоарбатский пер. расположен в зоне динамического влияния этой межблоковой границы.

Оба этих тектонических блока в границах участка разбиты на современные тектонические блоки длиной от 1 до 2 км. Таким образом, Кривоарбатский пер. находится в пределах тектонического узла, который сформиро-



**Рис. 6. Структурно-тектоническая схема территории**

ван межблоковыми границами разного порядка и характеризуется эрозионным размывом кровли каменноугольных отложений.

Вся рассматриваемая территория (см. рис. 6) не имеет водонепроницаемого экрана юрских глин, которые разделяют отложения карбона, четвертичные аллювиальные и водно-ледниковые отложения. Межблоковые границы по современным тектоническим блокам определяются как зоны разуплотнения и повышенной трещиноватости карбонатных пород и мергелистых глин, поэтому на участке будут развиваться современные карстово-суффозионные процессы. Подтверждением этого вывода могут служить суффозионные провалы на исследуемом участке (см. рис. 2).

Участок Дома Мельникова

практически целиком расположен в зоне влияния границы тектонического блока протяженностью около 1,4 км. Ось этого нарушения пересекает участок от юго-западного угла к северо-восточному, тектоническое нарушение здесь проявляет себя в виде локального погружения кровли карбонатных отложений на 3–4 м.

Согласно результатам выполненных геофизических исследований и имеющихся инженерно-геологических материалов участок расположения здания следует оценивать как потенциально карстоопасный, а прилегающую к нему с северо-востока и свободную на момент обследования от застройки территорию – как карстоопасную [8, 9, 13, 14].

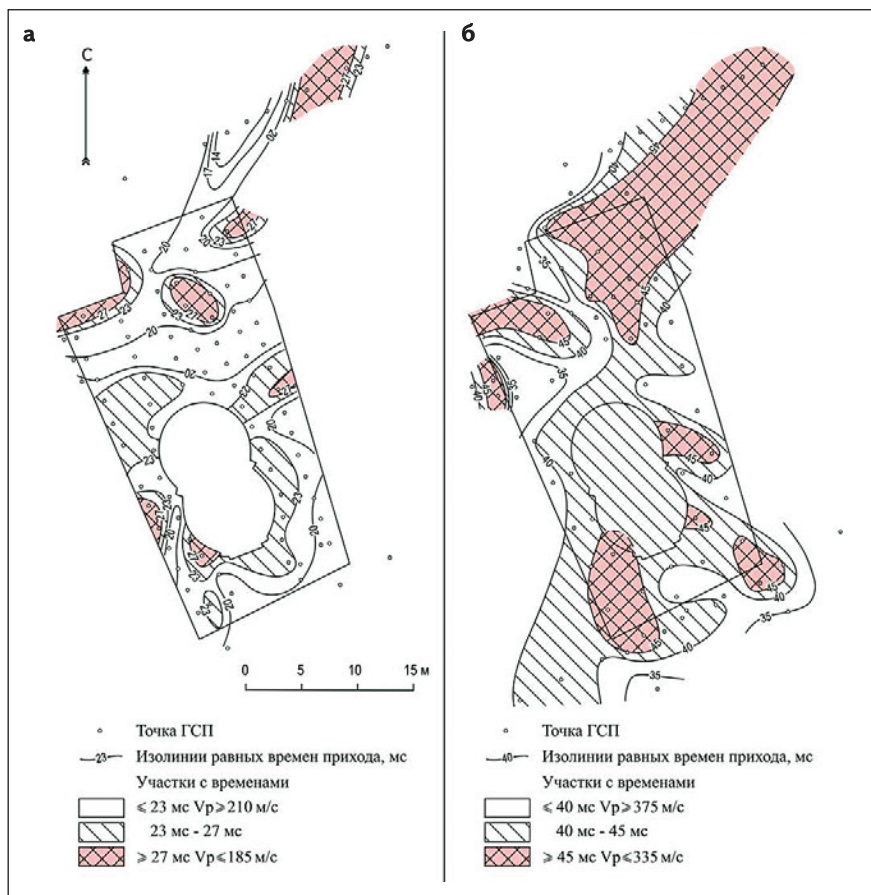
Образование провалов на поверхности, периодически наблюдаемых на участке данного зда-

ния, в основном связано с суффозионными явлениями в ослабленных четвертичных отложениях, расположенных в зоне межблоковых границ, которые определяются как зоны разуплотнения грунтового массива с высокой вероятностью развития физико-геологических процессов, включая карст и суффозию. Необходимо отметить, что провальные явления на данном участке возникали, когда велось строительство на соседних участках.

Эти процессы могут заметно активизироваться при техногенных воздействиях, фильтрации атмосферных вод и утечках из инженерных сетей, что подтверждают данные, которые приведены на карте фактического материала (см. рис. 2) и на схематической карте абсолютных отметок кровли карбонатных пород в районе Дома Мельникова



**Рис. 7. Схематическая карта абсолютных отметок кровли карбонатных пород**



**Рис. 8. Карты равных времен прихода вступлений первых экстремумов при разносе  $R = 5$  м (а) и  $R = 15$  м (б)**

(рис. 7). На этой карте хорошо видно, что в рельефе кровли карбонатных пород на северо-востоке прослеживается переуглубленный участок в кровле карбонатных отложений. Именно к нему, как установлено по данным геофизического картирования, приурочена обширная зона разуплотненных четвертичных отложений в верхней части инженерно-геологического разреза обследуемого участка.

Картирование разуплотненных четвертичных отложений в верхней части геологического разреза проводилось с использованием горизонтального сейсмического профилирования (ГСП) на постоянной базе на разносах  $R$ , равных 5 и 15 м, с построением карт времен вступлений первых экстремумов для данных разносов. Результаты сейсмопрофили-

рования показаны в виде карт ГСП на рис. 8. Скорость упругих волн в исследуемых толщах определялась как  $V_p = R/t$ .

Изменение средних значений скоростей в верхнем слое от земной поверхности до глубины 1,5–2 м, что присуще техногенным грунтам, показано на рис. 8а. Участкам, где преобладают наиболее слабые, рыхлые грунты, соответствуют зоны со значениями скоростей  $V_p = 185$  м/с (красный цвет) и 210 м/с. Незаштрихованные участки этой карты (с  $V_p = 230...310$  м/с) характеризуют более плотные, слежавшиеся насыпные грунты.

Изменение скоростей в слое от земной поверхности до глубины порядка 5–7 м, т. е. изменения осредненных значений упруго-прочностных свойств в объединенной толще, представлен-

ной техногенными грунтами и верхней частью аллювиальных (аллюви) песков, иллюстрирует рис. 8б. Участкам, где преобладают наиболее слабые, рыхлые грунты, соответствуют зоны со значениями скоростей  $V_p$  от 335 м/с (красный цвет) до 375 м/с. Незаштрихованные участки, где  $V_p$  превышает 395 и 440 м/с, это — участки с грунтами средней плотности.

Из анализа данных ГСП с учетом скоростей  $V_p$  по зависимостям Г. Н. Назарова [15] можно оценить модуль деформации самой верхней части массива грунтов на обследованном участке. Расчетный модуль деформации в зависимости от скоростей  $V_p$  для  $R = 5$  м и  $R = 15$  м для различных зон приведен в табл. 3.

Анализ данных табл. 3 показывает, что в ослабленных зонах модули деформации в верхней части техногенной толщи могут снижаться до 7 МПа и ниже, а в толще от земной поверхности до глубины порядка 5 м — до 13 МПа и ниже.

Отмеченные anomalно низкие значения  $V_p$ , по данным МПВ, встречаются в других частях толщ 2, 3 и частично 4 (см. рис. 5б). Это свидетельствует о том, что в исследуемом грунтовом массиве на отдельных участках имеются условия, при которых резко снижаются контактная составляющая упругости и сцепление. При этом грунты оказываются способными доуплотняться под собственным весом.

В целом данный участок характеризуется значениями измеренных скоростей упругих волн меньшими, чем это характерно для соответствующих толщ Московского региона [13, 14]. Это объясняется наличием здесь сложной системы накладывающихся друг на друга тектонических нарушений, поэтому выделенные на участке ослабленные зоны характеризуются еще более низки-



Мельникова не предусматривает его работу на нагрузки при образовании провалов и что имеются участки основания с насыпными грунтами.

8. Полученные в 2006 г. результаты изучения строения и свойств грунтов участка памятника архитектуры можно использовать для сравнения с результатами более поздних исследований (выполненных по имеющимся сведениям другими авторами в 2018 г.) для установления скоро-

сти и характера изменений инженерно-геологических условий на данной территории.

9. Использованный в работе комплекс методов исследования рекомендуется применять для изучения сложных инженерно-геологических условий и свойств грунтов и в других центральных районах Москвы.

Авторы выражают благодарность студентам и сотрудникам НИУ МГСУ, особенно ин-

женеру В. В. Буянову, сотруднику Гидрогеологической экспедиции 16 района А. Л. Бенедикту, сотруднику института «ВНИИ-Геофизика» А. Г. Гиномдану и главному специалисту ОАО 31 ГПИСС Г. Н. Назарову. Авторы признательны С. Н. Левочкину, ведущему инженеру ООО ИПК МГСУ Технопарк «Строительство», который принимал активное участие во всех работах по обследованию здания и его территории.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хан-Магомедов С. О. Дом-мастерская архитектора Константина Мельникова. М. : Архитектура-С, 2006. 80 с.
2. Гозак А. П. Дом Мельникова. М. : С. Э. Гордеев, 2010. 104 с.
3. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Дом\\_Мельникова](https://ru.wikipedia.org/wiki/Дом_Мельникова) (дата обращения: 18.01.2018).
4. URL: <http://muar.ru/item/1278-mezhdunarodnyenablyudateli-obsudili-planu-obsledovniya-domamelnikova-pered-restavratsiej/> (дата обращения: 18.01.2018).
5. Обследование конструкций, фундаментов и состояния грунтового основания дома-памятника архитектора Мельникова, расположенного по адресу: г. Москва, Кривоарбатский пер., 10: научно-технический отчет. М. : МГСУ, 2006. 292 с.
6. Денисов А. В., Гранит Б. А., Левочкин С. Н. О техническом состоянии конструкций и грунтов основания памятника архитектуры «Дом Мельникова» в Москве // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 5. С. 46–53.
7. Техническое заключение о состоянии фундаментов и причинах провала поверхности земли во внутреннем интерьере у восточной стены Дома Мельникова. М. : ЗАО ИГИТ, 1996. 58 с.
8. Осипов В. И. Зоны геологического риска на территории Москвы // Вестник РАН «Проблемы экологии». 1994. Т. 64. № 1. С. 32–45.
9. Медведев А. П. Москва: геология и город. М. : Изд-во Картография, 1997. 399 с.
10. Инженерно-геофизические исследования на участке архитектурного памятника «Дом Мельникова»: технический отчет. Тула : ООО «СВЗ», 2008. 35 с.
11. Садовский М. А. О значении и смысле дискретности в геофизике. Дискретные свойства геофизической среды. М. : Наука, 1989. С. 5–14.
12. Бенедик А. Л., Иванов А. В., Кочарян Г. Г. Построение структурных моделей участков земной коры на разном иерархическом уровне // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 1995. № 5. С. 31–42.
13. Гранит Б. А., Гиномдан А. Г., Голосов В. П. К вопросу о провалах в Московском регионе // Материалы 3-й Междунар. конф. «Геопространственные технологии и сферы их применения» (13–16 марта 2007 г.). М. : Информационное агентство «ГРОМ», 2007. С. 47–49.
14. Гиномдан А. Г., Голосов В. П., Гранит Б. А., Гурова Е. А. Обнаружение карста и сопряженных с ним суффозионных процессов в условиях Москвы и Московского региона методом сейсморазведки // Геофизика. 2009. № 6. С. 20–23.
15. Назаров Г. Н. Палетки для оценки прочностных свойств грунтов по величинам скоростей упругих волн. М. : Госстрой РСФСР, 1972. С. 17–24.

#### REFERENCES

1. Han-Magomedov S. O. *Dom-masterskaja arhitekтора Konstantina Melnikova* [House-Studio of architect Konstantin Melnikov]. Moscow, Architectura-C Publ., 2006. 80 p. (In Russian).
2. Gozak A. P. *Dom Melnikova* [Melnikov House]. Moscow, S. E. Gordeev Publ., 2010. 104 p. (In Russian).
3. Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Dom\\_Mel'nikova](https://ru.wikipedia.org/wiki/Dom_Mel'nikova) (accessed 18.01.2018). (In Russian).
4. Available at: <http://muar.ru/item/1278-mezhdunarodnyenablyudateli-obsudili-planu-obsledovniya-domamelnikova-pered-restavratsiej/> (accessed 18.01.2018). (In Russian).
5. *Nauchno-tehnicheskij otchyot. Obsledovanie konstrukcij, fundamentov i sostoyaniya gruntovogo osnovaniya doma-pamyatnika arhitekтора Mel'nikova, raspolozhennogo po adresu: g. Moskva, Krivoarbat'skij pereulok, 10* [Scientific and technical report. Survey of designs, the bases and a state of the soil basis of the house-monument of the architect Melnikov located at the address: Moscow, Krivoarbat'sky lane, 10]. Moscow, MGSU Publ., 2006. 292 p. (In Russian).
6. Denisov A. V., Granit B. A., Levochkin S. N. About

- technical condition of structures and soil foundations of the Melnikov's House in Moscow. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2018, no. 5, pp. 46–53. (In Russian).
7. *Tekhnicheskoe zaklyuchenie o sostoyanii fundamentov i prichinah provala po-verhnosti zemli vo vnutrennem inter'ere u vostochnoj steny Doma Melnikova* [Technical conclusion on the condition of the foundations and the reasons for the failure of the earth's surface in the interior of the Eastern wall of the Melnikov House]. Moscow, IGIT Publ., 1996. 58 p. (In Russian).
  8. Osipov V. I. Geological risk zones on the territory of Moscow. *Vestnik RAN "Problemy ehkologii"*, 1994, vol. 64, no. 1, pp. 32–45. (In Russian).
  9. Medvedev A. P. *Moskva: geologiya i gorod* [Moscow: Geology and the city]. Moscow, Kartografija Publ., 1997. 399 p. (In Russian).
  10. *Tekhnicheskij otchet «Inzhenerno-geofizicheskie issledovaniya na uchastke arhi-tekturnogo pamyatnika "Dom Melnikova"»* [Technical report "Engineering and geophysical research on the site of the architectural monument "Melnikov House"']. Tula, SVZ Publ., 2008. 35 p. (In Russian).
  11. Sadovskij M. A. *O znachenii i smysle diskretnosti v geofizike. Diskretnye svoystva geofizicheskoy sredy* [On the meaning and sense of discreteness in Geophysics. Discrete properties of geophysical medium]. Moscow, Nauka Publ., 1989, pp. 5–14. (In Russian).
  12. Benedik A. L., Ivanov A. V., Kocharjan G. G. Construction of structural models of the earth's crust at different hierarchical level. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznyh iskopaemyh*, 1995, no. 5, pp. 31–42. (In Russian).
  13. Granit B. A., Ginodman A. G., Golosov V. P. On the issue of failures in the Moscow region. *Sbornik trudov 3-ey Mezhdunarodnoj konferencii "Geoprostranstvennye tekhnologii i sfery ih primeneniya"* [Proc. of the 3rd International conference "Geospatial technologies and their applications", March 13–16, 2007]. Moscow, 2007, pp. 47–49. (In Russian).
  14. Ginodman A. G., Golosov V. P., Granit B. A., Gurova E. A. Detection of karst and associated suffocation processes in the conditions of Moscow and Moscow region by seismic exploration. *Geofizika*, 2009, no. 6, pp. 20–23. (In Russian).
  15. Nazarov G. N. *Paletki dlya ocenki prochnostnyh svoystv gruntov po velichinam skorostej uprugih voln* [Samples for evaluating mechanical properties of soils according to values of velocities of elastic waves]. Moscow, Stroizdat Publ., 1972, pp. 17–24 (In Russian).

Для цитирования: Гранит Б. А., Денисов А. В. Инженерно-геологические исследования территории, грунтов основания и фундаментов памятника архитектуры «Дом Мельникова» в Москве // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 5. С. 41–51. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.05.41-51.

For citation: Granit B. A., Denisov A. V. Engineering-Geological Studies of the Territory, Soils of Foundation and Foundations of the Architectural Monument of the "Melnikov's House" in Moscow. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2019, no. 5, pp. 41–51. (In Russian). DOI: 10.33622/0869-7019.2019.05.41-51. ■