

В. М. Митинский, канд.техн. наук, доцент

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Е. А. Черкез, док. геол.- мин. наук, профессор

К. К. Пронин, инж. геолог

Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова

В. Т.Чепелев, инж.

КП «Будова»

СТРОИТЕЛЬСТВО НА ПЛОЩАДКЕ В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК (КАТАКОМБ)

АННОТАЦИЯ: Приводятся особенности распространения, горнотехническое состояние и характеристика ранее выполненного крепления подземных выработок (катакомб) на территории г. Одессы. По результатам дополнительных исследований выявлены условия строительства на подработанной территории высотных зданий жилого комплекса.

Ключевые слова: ПОДЗЕМНАЯ ВЫРАБОТКА, КРЕПЛЕНИЕ, СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ, ТАМПОНИРОВАНИЕ

Введение. Строительным материалом для подавляющего большинства построек Одессы до начала 20 века служил равномерно сцементированный известняк-ракушечник понтического возраста, добывавшийся прямо под территорией города. В результате за пределами центральной части города сформировалось множество подземных каменоломен, называемых в Одессе «катакомбами» [1]. Иногда это небольшие локальные каменоломни протяжённостью первые десятки метров, иногда огромные лабиринты протяжённостью десятки километров, в отдельных местах - в два этажа (2-а яруса). Протяжённость подземных каменоломен только в черте города составляет около 600км.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими задачами. Каменоломни имеют разный современный облик и горно-техническое состояние вследствие различных методов их проходки, различий их возраста и размеров, а также технологии крепления. Одни участки крепились деревом, другие - каменной кладкой, третьи

заполнялись камнем либо засыпались отходами камнепиления или грунтом. Часть участков выработок обрушилась и уничтожилась естественным путем. В некоторых случаях крепь неоднократно разбиралась и вновь восстанавливалась. Со второй половины 1950-х годов было начато тампонирующее выделение выработок песчаной пульпой. Несколько позднее отдельные выработки начали крепить бетонными диафрагмами.

Как показывает опыт эксплуатации малоэтажных домов на подработанных территориях, влияние выработок и условий их ликвидации на ухудшение технического состояния зданий является чаще незначительным, за исключением территорий, где известняки выходят близко к поверхности (пос. Усатово). При строительстве зданий повышенной этажности степень негативного влияния выработок резко увеличивается за счет их включения в зону совместной работы с устраиваемыми фундаментами.

Анализ последних исследований и публикаций. Опыт строительства высотных зданий на подработанной территории [2] показал, что надежность обоснования устройства фундаментов достигается при комплексном подходе, который включал выбор типа фундаментов, обследования состояния выработок и назначения методов их тампонирующего выделение, проведения исследований грунтов оснований, в частности, известняков. Выполненные исследования свойств известняков в полевых и лабораторных условиях [3] подтвердили полученную рядом исследователей анизотропию их свойств и снижение прочности в условиях замачивания.

Выделение не решенной части общей проблемы, которой посвящена статья. Один из участков традиционной добычи пильного известняка расположен на «Молдаванке» в районе Михайловской площади, где планируется строительство комплекса жилых домов повышенной этажности. Особенностью площадки строительства является наличие сформированного контура большого единого шахтного поля (региональный индекс К-24), состоящего из множества соединенных между собой небольших каменоломен, рис.1. После окончания разработки, они претерпели множество изменений – обрушений, расчисток завалов, креплений, проходок новых сбоек и повторных креплений. Часть выработок в каменоломнях затампонирована песком,

часть закреплена монолитными бетонными пилонами и значительный их объем требует проведения ликвидационных работ.

Цель работы. Определение условия надежной совместной работы фундаментов с грунтами слагающих основания зданий повышенной этажности в условиях, где выявлено наличие подземных выработок.

Основной материал. Целостная документация о расположении шахтного поля отсутствует. Имеются разноречивые архивные материалы по отдельным участкам выработок. По результатам выполненного анализа этих материалов было сделано предположение, что в северо-восточной части строительной площадки за контуром шахтного поля К-24 могли находиться небольшие локальные каменоломни. Кроме того, часть из известных по изученным материалам выработок затампонирована в разное время различными организациями, но полная информация о способе и качестве выполнения этих работ отсутствует, включая и достоверные исполнительные съемки затампонированных выработок. В этом случае требуется их всестороннее изучение и определение условий ликвидации.

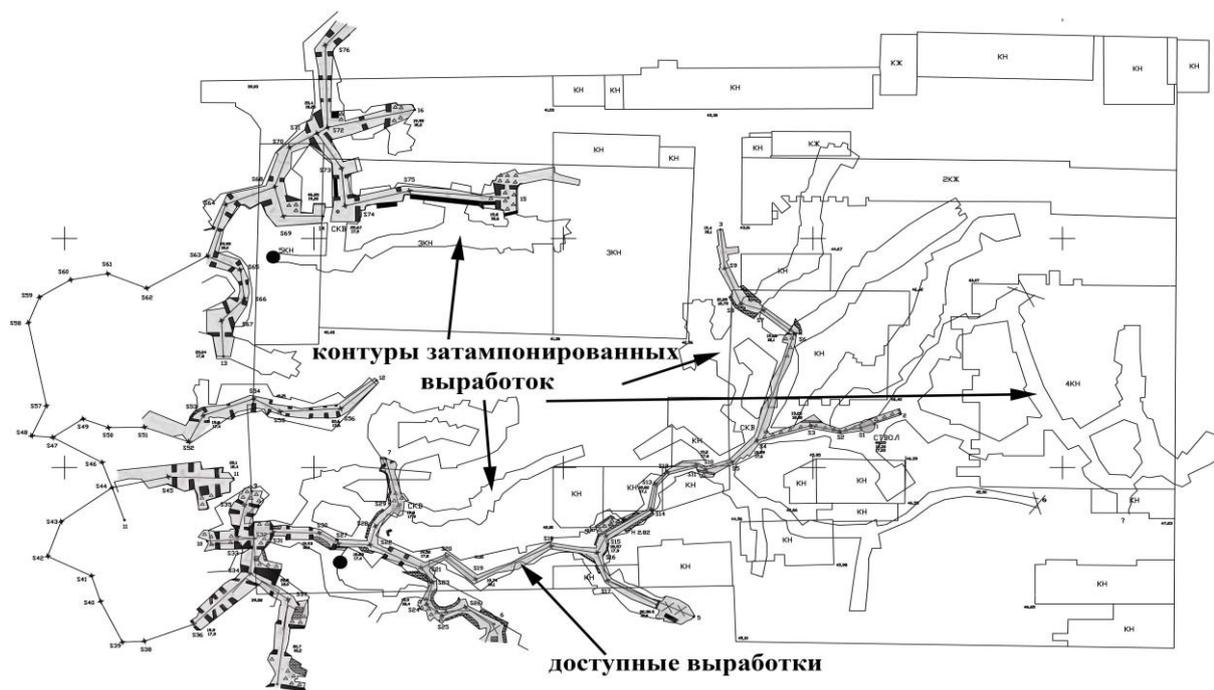


Рис. 1. План-схема выработок по данным архивных материалов

Дополнительные исследования включали маркшейдерскую съемку и горно-геологическое описание, устройство смотровых окон в перемычках, расчистку лазов в засыпанных и заложенных выработках, бурение скважин,

как по намеченным профилям, так и отдельных контрольных, устройство шурфов, проходку сбоек между сопредельными участками.

В процессе обследования, в доступных выработках выявлено множество крепёжных элементов – стенок, перегородок, выполненных из монолитного бетона и кладок камня, участков, засыпанных бутом и штыбом (отходами пиления), что затрудняло доступ в тупиковые выработки. В итоге выполненную маркшейдерскую съёмку доступных подземных выработок совмещали с архивными материалами и с топосъёмкой площадки, что позволило составить совмещенный план.

Более сложным явилось выявление положения ранее затампонированных выработок. Были изучены архивные материалы, которые зачастую носили противоречивый характер. С целью уточнения расположения выработок и определения качества тампонажа назначались места бурения отдельных контрольных скважин. В результате установлено, что крепление было выполнено, в большей части, путем нагнетания водно-песчаной пульпы, а на отдельных участках, в основном, в тупиках - закладкой бутом и штыбом. Важным результатом бурения явилось выявленные полости между кровлей выработок и тампонажным песком. Высота полостей составляла от 0.2 до 0.8 м, а в отдельных скважинах – более 1,0 м. Сложной задачей явилось составление уточненного плана всех выработок, включая и затампонированных. По результатам контрольного бурения скважин в местах, где согласно архивным материалам должны были располагаться выработки, не всегда их находили. Приходилось назначать и бурить дополнительные скважины, позволяющие уточнить границы выработок и их расположение.

Бурением по профилям с шагом скважин 3,0м устанавливали отсутствие выработок, или их наличие на обследуемом участке. При провале бурового инструмента в разведочной скважине проводилась контрольная телеметрия (в скважины опускался телезонд). После подтверждения информации о наличии выработок, на месте скважины проходилась шурф диаметром 630...720мм, через который организовывался спуск в выработки и проводились необходимые работы – маркшейдерская съёмка, горно-геологическое описание, временное крепление. В результате проведенного поиска были вскрыты неизвестные ранее две небольшие старинные каменоломни, которым присвоены индексы К-77 и К-84, рис. 2. Выработки этих двух каменоломен были вскрыты и стали доступными при

настоящих обследований. За период от окончания добычных работ до настоящего времени они деформировались естественным образом без выполнения каких-либо работ по их креплению.

Каменоломня К-84, протяжённостью 32м, объёмом 425м³ расположена в северной части площадки. Добычные выработки её заложены на глубине 27м от поверхности. Ширина выработок достигает 7.3м, при высоте до 3.7м. В северной части выработка сильно завалена рухнувшей с кровли породой – плитчато-обломочным известняком. Высота обвальных куполов достигает 2.5м. Входом в эту небольшую каменоломню служил наклонный ствол шириной 1.1м устроенный в виде витка спирали. Весь наклонный ствол заполнен глиной и суглинком. Время отработки этой каменоломни - середина 50-х годов 19 столетия.

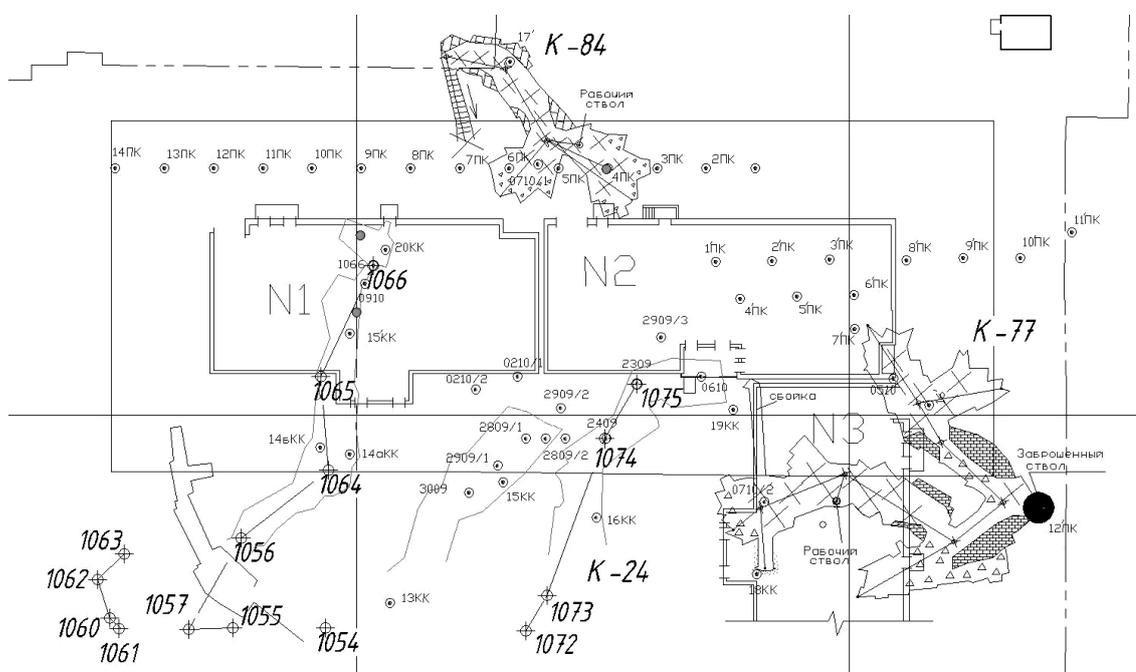


Рис.2. Фрагмент плана шахтного поля К-24 с вскрытыми каменоломнями К-24 и К-77 после их выявления бурением скважин по профилям

Вторая локальная каменоломня К-77, рис.3, вскрытая в восточной части площадки, имеет протяжённость 52м и объём 870м³. Входом в неё служил вертикальный шахтный ствол, в настоящее время полностью засыпанный глиной, землёй и камнями. Ствол был засыпан сразу после окончания разработки каменоломни в 60-х годах 19 века. Ширина выработок достигала 7,2м, высота - 3,5м. Мощность обрушений кровли в отдельных местах составляла 4,1м.

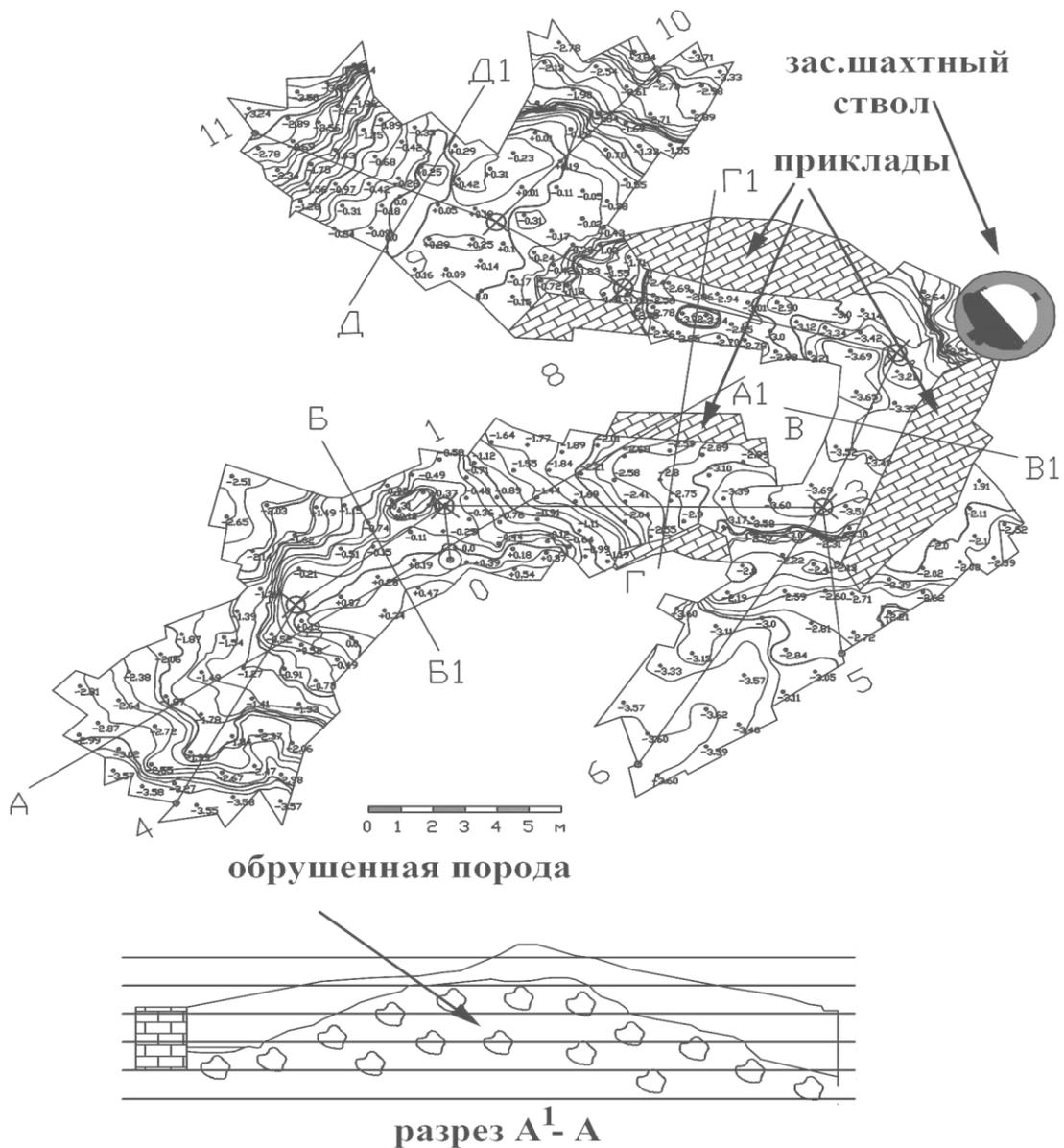


Рис. 3. Изолинии рельефа сформированной поверхности выработки К-77 после обрушения породы в ее кровле

Почти вся площадь выработки завалена рухнувшим с кровли глинистым плитчато-обломочным известняком. В первичном состоянии сохранились участки выработок только в забоях, в остальных местах завалы породы полностью засыпали выработки, но над ними образовались гравитационные полости высотой 0.7 – 1.6м высотой, по которым и организовывался доступ во время обследования каменоломни. Над полостями сформировался некий объем разуплотненного грунта. По результатам изысканий высота разуплотненной толщи составила от 3-х до 6-и метров в зависимости от толщи обрушившейся породы.

Толща известняков понтического яруса имеет довольно сложное и изменчивое строение, как в вертикальном направлении, так и по простиранию. Толщу понтических известняков можно разделить на четыре слоя. Первый - самый нижний - слой представлен плитчатым известняком мощностью 0.2 - 1.0м. Второй слой представлен равномерно сцементированным известняком-ракушечником ("пильный" известняк) мощностью 4.5 - 7.9м. Выработки располагаются именно в пределах этого слоя. Их размеры и густота зависят от качества известняка. Третий слой сложен сильно перекристаллизованным известняком-ракушечником. Четвертый - самый верхний - слой представлен плитчато-обломочным известняком. Мощность третьего и четвертого слоев равна 5.0 - 5.6м.

Понтический водоносный горизонт развит в известняках на всей территории города. Его питание осуществляется преимущественно за счет перетекания из вышележащего горизонта грунтовых вод. Понтические известняки перекрыты плотными красно-бурыми глинами с включениями гипса и карбонатных стяжений, мощность слоя - 3-6 м. Выше расположены лессы и лессовидные суглинки различной консистенции. Их мощность достигает 12-16м. В лессовых породах распространен четвертичный водоносный горизонт, водоупором которого служат красно-бурые глины. Он сформировался преимущественно за счет утечек из водонесущих коммуникаций.

Физико-механические свойства понтических известняков зависят от многих факторов, в том числе и от их трещиноватости. Характерной особенностью является увеличение их прочности в направлении водоразделов и снижение прочности вблизи крупных эрозионных врезов. На отдельных участках территории Одессы прочность известняков в сухом состоянии изменяется от 0.5 до 2.0 МПа. В состоянии водонасыщения прочность известняков снижается до 1.5...2-х раз.

Первоначально на площадке планировалось разместить шесть 24-х этажных домов, но при дальнейшей оценке условий строительства, включая и выявленные дополнительно выработки и их горно-техническое состояние, принято решение о снижении этажности до 18...20 этажей.

При выборе типа фундаментов проектируемых зданий учитывались следующие выявленные по результатам выполненных исследований особенности площадки:

- неоднородность основания по глубине за счет наличия подземных выработок;

- неоднородность основания в плане за счет хаотичного распространения выработок в пределах площадки проектируемого строительства;

- использование различных материалов, которыми ранее и в разное время выполнялось тампонирующее выработок;

- наличие разуплотненных грунтов над выработками, где происходило обрушения их кровли;

- возможность наличия погрешностей между истинными и полученными по результатам исследований плановым расположением ранее ликвидированных выработок;

- наличие в верхней части разреза лессовых просадочных грунтов.

В выявленных условиях предварительно приняты фундаменты глубокого заложения из призматических свай длиной 12,0 м сечением 35x35 см с остановкой их нижних концов в тяжелых суглинках. Важным фактором при выборе длины свай явилась обеспечение, с одной стороны, требуемой их несущей способности и с другой – сохранение достаточной мощности грунтовой толщи над кровлей выработок, позволяющей обеспечить рассеивание дополнительных давлений, передаваемых на эту кровлю от проектируемых зданий.

Выполнен численный анализ работы принятых свайных фундаментов с учетом выявленных особенностей грунтов основания площадки. При этом использована конечно-элементная модель, реализованная в программном комплексе «PLAXIS».

Анализ результатов, полученных по данным предварительных расчетов, показал, что надежность работы фундаментов может быть обеспечена при условии выполнения ряда мероприятий по усилению грунтов основания с учетом защитной бермы возле здания шириной по 8-10м с каждой из его сторон. Усиление основания включало, в первую очередь, ликвидацию выработок путем нагнетания через скважины водно-песчаной пульпы, закрепление грунтов разрыхленных участков напорной цементацией с использованием манжетных колонн, «подбучивание» кровли ранее не качественно ликвидированных «катакомб». Также принято решение по блокировке некоторых секций с целью снижения развития неравномерных осадков, которые могут возникать из-за неоднородности

свойств грунтов основания по глубине за счет хаотичного простираения выработок в плане под зданиями.

Выполненные испытания статическими нагрузками принятых свай подтвердили принятую в проекте допускаемую нагрузку на сваю равную 1200 кН, что позволило обеспечить, с учетом конструктивных требований, их размещение в пределах «пятна» застройки каждого из проектируемых зданий жилого комплекса.

Рассматривался вариант устройства буронабивных свай с проходкой толщи известняков и их заглублением на 3...5 м в мезотическую глину. Выполнение такого решения осложнено необходимостью проходки двух водоносных горизонтов и обеспечения требований норм по соблюдению соотношения диаметра сваи к ее длине, которое регламентируется равным 1:25. В этом случае требуемая длина сваи составила 32...34м, диаметр - 1,3м, что значительно снизило эффективность инвестиций.

Выводы. Обеспечение надежной работы фундаментов с их основанием на площадке строительства, которая характеризуется наличием подземных выработок (катакомб) в толще известняков, требует выполнения комплексных обследований этих выработок, включающих определение: их горнотехнического состояния, простираения на площадке, характеристики выполненного тампонирувания и крепления и на этой основе разработки мероприятий по усилению грунтов основания.

Список литературы

1. Козлова Т.В. Инженерно-геологические процессы на территории Одессы и их экологическое значение / Козлова Т.В., Черкез Е.А., Шмуратко В.И. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск № 36 – Одеса: ОДАБА, 2009. - С. 206 – 212.
2. Зоценко М.Л. Досвід геотехнічного проектування та моніторинга будівництва висотних будівель у зоні підземних виробок / Зоценко М.Л., Винников Ю.Л., Харченко М.О., Митинський В.М., Бараник С.В., Чепелєв В.Т. // Основи та фундаменти / Міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 36 – К.: КНУБА, 2015. – С. 18-26.
3. Новский А. В. Известняк-ракушечник: Исследование и использование в качестве основания фундаментов: (монография) /А. В. Новский, В. А. Новский, Ю. Ф. Тугаенко. – Одесса: Астропринт, 2014. - 92с.

В. М. Митинський, канд. техн. наук, доцент

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Є. А. Черкез, док. геол.- мин. наук, професор

К. К. Пронін, інж. геолог

Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова

В. Т. Чепелев, інж.

КП «Будова»

БУДІВНИЦТВО НА МАЙДАНЧИКУ В УМОВАХ НАЯВНОСТІ ПІДЗЕМНИХ ВИРОБОК (КАТАКОМБ)

АНОТАЦІЯ: Наводяться особливості поширення, гірнично-технічний стан і характеристика раніше виконаного кріплення підземних виробок (катакомб) на території м. Одеси. За результатами додаткових досліджень виявлені умови будівництва на підроблених територіях висотних будівель житлового комплексу.

Ключові слова: ПІДЗЕМНА ВИРОБКА, КРІПЛЕННЯ, ПАЛЬОВИЙ ФУНДАМЕНТ, ТАМПОНУВАННЯ.

V. M. Mitinskiy, kand. tehn. science, associate professor

Odessa academy of building and architecture

E. A. Cherkez, doc. heol. science, professor

C. C. Pronyn, eng. geologist

Odessa national university them. I.I. Mechnikov

V. T. Chepelev, eng.

CE "Budova"

CONSTRUCTION ON THE SITE UNDER THE PRESENCE OF UNDERGROUND WORKINGS (THE CATACOMBS)

ABSTRACT: We give particular distribution, mining technical condition and characteristics of the previously executed fixing underground workings (the catacombs) in the city of Odessa. According to the results of additional studies found conditions in the construction of high-rise buildings underworked territory of the residential complex.

Keywords: UNDERGROUND OPENINGS, MOUNT, FIXTURE PILE FOUNDATION, PLUGGING.