

УДК 624.131.6:69.059.2

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПРОЯВЛЕНИЯ «ТОПОЛИНОЙ» КАТАСТРОФЫ И МЕРОПРИЯТИЯ, ИСКЛЮЧАЮЩИЕ ПОДОБНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ

(к 20-летию катастрофы).

ОБЩИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИЧИН «ТОПОЛИНОЙ» КАТАСТРОФЫ (часть 1)

БОЛЬШАКОВ В. И.¹, *д. т. н., проф.*,
МОТОРНИЙ Н. А.², *к. т. н., доц.*

¹Кафедра материаловедения и обработки материалов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепро, 49600, Украина, тел. +38 (0562) 745-23-72, e-mail: press.pgasa@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

²Кафедра оснований и фундаментов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепро, 49600, Украина, тел. +38 (0562) 756-33-43, e-mail: A.motorchik@i.ua

Аннотация. Представлена историческая справка о формировании городским советом г. Днепропетровск нового микрорайона – «Тополь». Выполнен анализ материалов изысканий для строительства новых жилмассивов «Тополь-1», «Тополь-2», «Тополь-3». Проанализированы инженерно-геологические и гидрогеологические условия массива под застройку жилого массива «Тополь-1». Даны обоснования предложенных вариантов фундаментов строящихся жилых домов, объектов соцкультбыта, представленных проектной организацией ГПИ «Укрспецстройпроект». Проанализированы проектные решения фундаментов жилого комплекса ЮМЗ вдоль ул. Запорожское шоссе. Раскрыта вынужденная замена предложенного варианта свайного фундамента под запроектированный ГПИ «ГИПРОГРАД» жилой комплекс на другой вариант фундаментов на искусственном основании, после перевода площадки строительства из второго типа в первый тип грунтовых условий по просадочности.

Дано краткое обоснование начала проявления подтопленности уже эксплуатируемой жилой застройки при выполнении предварительного замачивания территории под жилой комплекс ЮМЗ. Раскрыта причина проявления запредельных деформаций оснований, фундаментов и конструкций самых легких зданий дошкольных детских учреждений, эксплуатируемых еще до выполнения предварительного замачивания территории жилого комплекса ЮМЗ. Обосновано проявление суффозионных процессов на территории жилого массива «Тополь-1», связанных с проявлением разгрузки подземных вод и повышения напорного градиента, разуплотнения и ослабления грунтов второго склона балки «Встречная». Раскрыта причина гидравлического прорыва разрушенного второго склона балки «Встречная» и выходящие отсюда последствия. Указаны ошибки при предложении ГП «ДнепрНИИСП» принять в производство вариант предварительного замачивания верхней территории, готовящейся под строительство жилого комплекса ЮМЗ. Приведены материальный и моральный ущерб проявившейся катастрофы жилого массива «Тополь-1» и существующие материальные и моральные потери на Приднепровской железной дороге.

Представлены общие выводы экспертной комиссии и отдельное мнение члена экспертной комиссии, автора данной статьи Н. А. Моторного.

Ключевые слова: *предварительное замачивание; водонасыщенный грунт; подтопление территории; напорный градиент; разгрузка подземных вод; коэффициент фильтрации; суффозионный процесс; корневая система; ослабленный склон; гидравлический прорыв*

АНАЛІЗ ПРИЧИН ПРОЯВУ «ТОПОЛИНОЇ» КАТАСТРОФИ ТА ЗАХОДИ, ЩО ВИКЛЮЧАЮТЬ ПОДІБНІ ЯВИЩА ПІД ЧАС ПРОЕКТУВАННЯ І БУДІВНИЦТВА БУДІВЕЛЬ І СПОРУД НА ПРОСАДНИХ ГРУНТАХ (до 20-річчя катастрофи). ЗАГАЛЬНІ ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ ПРИЧИН «ТОПОЛИНОЇ» КАТАСТРОФИ (частина 1)

БОЛЬШАКОВ В. І.¹, *д. т. н., проф.*,
МОТОРНИЙ М. А.², *к. т. н., доц.*

¹Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (0562) 745-23-72, e-mail: press.pgasa@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

²Кафедра основ і фундаментів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (0562) 756-33-43, e-mail: A.motorchik@i.ua.

Анотація. Наведено історичну довідку про формування міською радою м. Дніпропетровськ нового мікрорайону – «Тополя». Виконано аналіз матеріалів вишукувань для будівництва нових житлових масивів «Тополя-1», «Тополя-2», «Тополя-3». Проаналізовано інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови масиву під забудову житлового масиву «Тополя-1». Дано обґрунтування запропонованих варіантів фундаментів споруджуваних житлових будинків, об'єктів соціальної інфраструктури, представлених проектною організацією ДП «Укрспецбудпроект». Проаналізовано проектні рішення фундаментів житлового комплексу «Південмаш» уздовж вул. Запорізьке шосе. Розкрито вимушену заміну запропонованого варіанта пальового фундаменту під запроєктовані ДП «ДІПРОмісто», житловий комплекс на інший варіант фундаментів на штучній основі після переведення майданчика будівництва з другого типу в перший тип ґрунтових умов щодо просідання.

Дано коротке обґрунтування початку прояву підтоплення вже експлуатованої житлової забудови під час виконання попереднього замочування території під житловий комплекс «Південмаш». Розкрито причини прояву заграничних деформацій основ, фундаментів і конструкцій найлегших будівель дошкільних дитячих установ, експлуатованих ще до виконання попереднього замочування території житлового комплексу «Південмаш». Обґрунтовано прояв суфозійних процесів на території житлового масиву «Тополя-1», пов'язаних із проявом розвантаження підземних вод і підвищення напірного градієнта, розущільнення та ослаблення ґрунтів другого схилу балки «Зустрічна». Розкрито причину гідравлічного прориву зруйнованого другого схилу балки «Зустрічна» і його наслідки. Зазначено помилки при пропозиції ДП «ДніпроНДІБВ» прийняти у виробництво варіант попереднього замочування верхньої території, що готується під будівництво житлового комплексу «Південмаш». Наведено матеріальні і моральні збитки від катастрофи житлового масиву «Тополя-1» та матеріальні і моральні збитки на Придніпровській залізниці.

Наведено загальні висновки експертної комісії та окрему думку члена експертної комісії, автора цієї статті Н. А. Моторного.

Ключові слова: попереднє замочування; водонасичений ґрунт; підтоплення території; напірний градієнт; розвантаження підземних вод; коефіцієнт фільтрації; суфозійний процес; коренева система; ослаблений схил; гідравлічний прорив

REASONS ANALYSIS OF THE «TOPOLINA» CATASTROPHE OCCURRENCE AND ACTIVITIES, EXCLUDING SIMILAR PHENOMENA IN DESIGNING AND CONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES ON COLLAPSIBLE SOILS (to the 20th anniversary of disaster management). GENERAL PREREQUISITES FOR THE CAUSES FORMING OF «TOPOLINA» CATASTROPHE (part 1)

BOLSHAKOV V. I.¹, *Dr. Sc., Prof.*,

MOTORNUI N. A.², *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*

¹ Department of Materials and Materials Processing, State Higher Educational Establishment «Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 745-23-72, e-mail: press.pgasa@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

² Department of Basements and Foundations, State Higher Educational Establishment «Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipro, 49600, Ukraine, Tel. +38 (0562) 756-33-43, e-mail: A.motorchik@i.ua.

Summary. It is presented historical information about the formation of the Dnepropetrovsk city council a new neighborhood – «Topol». The analysis of survey materials for the construction of new residential community «Topol-1», «Topol-2», «Topol-3» was made. Geotechnical and hydrogeological conditions of the area for construction of housing estate «Topol-1» were analyzed. The justification of the offered variants of the residential houses foundations under construction, social and cultural objects, submitted by project organization SPI «Ukrspetsstroyproekt» are given. We analyzed the design decisions UMZ residential complex foundations along the Zaporozhskoe shosse street. It was disclosed forced replacement of the proposed variant of pile foundation under the projected SPI «Giprograd», housing estate on another version of foundations on the artificial basis after the transfer of the construction site from the second type to the first type of ground conditions by subsidence.

It is given a brief justification of the flooding onset of the already exploited residential construction during the preliminary soaking of the territory for the residential complex UMZ. It is also revealed the reason for the occurrence of supranational deformations of the basements, foundations and structures of the lightest buildings of pre-school children's institutions, which are in operation before the preliminary soaking of the UMZ residential complex territory. The suffusion processes occurrence on the territory of the Topol-1 residential area, connected with the unloading occurrence of groundwater and increasing of the pressure gradient, decompaction and weakening of the soils of the second slope of the «Vstrechnaya» beam is substantiated. The cause of the hydraulic breakthrough of the destroyed second slope of the «Vstrechnaya» beam and the consequences that follow from this was disclosed. It is shown errors in purpose of SE "DneproNIISP" taking into production version of pre-soaking the upper area preparing for the construction of residential complex UMZ. The material and moral damage of the occurred catastrophe of a housing estate «Topol-1» and the existing material and moral losses on the Dnieper railway are presented.

It is presented the general conclusions of the expert committee and a separate opinion of the expert committee member, the author of this article N. A. Motornyi.

Keywords: *pre-soaking; water saturated soil; flooding areas; the pressure gradient; the groundwater discharge; filtration coefficient; suffusion processes; the root system; weakened slope; hydraulic breakthrough*

Введение. В конце 1960-годов г. Днепропетровск для расселения возрастающей численности населения, мигрирующего из окружающих город сельских районов, требовались новые территории. По решению городского совета от апреля 1969 года часть территории совхоза «Цветы Днепропетровска» отчуждалась и территориально закреплялась за г. Днепропетровск. Следующим заседанием городского совета отчужденная территория передавалась УКСу горисполкома под застройку жилого массива.

Согласно действующим на указанный период (1969 г.) нормативным документам по заказу УКСа горисполкома изыскательская организация Днепропетровский филиал «УкрвостокГИИНИТИЗА» выполнил изыскания сначала на стадии «проектное задание», а потом на стадии «рабочий проект» и выдал УКСу Горисполкома «Отчет по инженерно-геологическим изысканиям на территории строящегося жилого массива «Тополь-1». УКС, в свою очередь, назначил генеральным проектировщиком проектную организацию Д/Ф ГПИ «Укргорстройпроект» (сегодня ГПИ «Днепрогражданпроект»), передал ему материалы изысканий для проектирования жилого массива «Тополь-1». Генеральным подрядчиком по строительству жилого массива «Тополь-1» выступал комбинат «Днепротяжстрой» с участием всех городских специализированных строительных организаций: трестов «Днепроэкскавация», «Гидроспецфундаментстрой», «Днепросантехмонтаж», «Днепроэлектромонтаж» и др.

Проектной организацией Д/Ф ГПИ «Укргорстройпроект» был выполнен анализ инженерно-геологических и гидрогеологических условий выделенной под застройку территории, из которого следует: «Выделенная под застройку территория от придорожной полосы (Запорожское шоссе) до устья балки «Встречная» и от ул. Джинжарадзе до ул. Паникахи сложена четвертичными отложениями среднечетвертичного возраста, представленными эоловыми супесями и суглинками, переслаиваемыми послойно общей мощностью равной $34,0 \div 28,0$ м (у устья балки). Супеси (лѣссы) и суглинки лессовидные макропористые от палево-бурых до палевых, твердой консистенции с пористостью $48 < n \leq 52$ % (коэффициент пористости $0,9 \leq e < 1,0$). Лѣссовая толща по глубине разделена двумя прослойками (мощностью до $1,8 \div 2,2$ м) погребенные почвы, служащие временным местным относительным водоупором. Сверху лѣссовая толща перекрыта растительным слоем мощностью $0,5 \div 0,7$ м и супесями гумусированными мощностью $1,0 \div 1,3$ м, лессовая толща маловлажна, $0,08 \leq W \leq 0,14$ твердой консистенции $I_L < 0$ по всей глубине. Подстиляется лессовая толща суглинками элювиальными плотными, твердыми и глинами красно-бурыми, твердыми плотными ($0,62 \leq e \leq 0,75$) пройдены на глубину $3,7 \leq h \leq 4,5$ м.

В гидрогеологическом отношении на выделенной под застройку территории подземные воды встречены на глубине $35,0 \div 34,0$ м тремя скважинами (из пробуренных

67 скважин) практически с нулевым дебетом (после откачки уровень воды не восстановился). Таким образом территория оказалась практически (до разведанной глубины $36,0 \div 39,0$ м) обезвожена.

В региональном отношении выделенная территория сложена лессовыми просадочными грунтами, мощностью просадочной толщи $28,0 \leq h_{se} \leq 32,0$ м с просадкой просадочной толщи от собственного веса $S_{sl,q} - 50 \leq S_{sl,q} \leq 63$ см. Территория относится ко второму типу грунтовых условий по просадочности (для варианта полного водонасыщения лессовой толщи на всю ее мощность).

Первое проектное решение оснований и фундаментов. Согласно действующим нормативным документам на период проектирования (СНиП II.Б.1-62; СНиП II.Б.2-62) проектная организация основания и фундаменты под первые жилые дома крупнопанельные, девятиэтажные, запроектировала в виде искусственного основания – грунтовой подушки толщиной 2,5 м (5 слоев толщиной по 0,5 м, уплотненных тяжёлыми прицепными катками на пневмашинах массой $Q = 40$ т и самоходными катками Д-53 массой $Q = 40$ т при оптимальной влажности $0,16 \leq W_o \leq 0,18$ до плотности сухого грунта $1,65 \leq \rho_{ds} \leq 1,70$ т/м³. Генподрядчиком являлся трест «Днепрожилстрой» комбината «Днепротяжстрой» с участием субподрядной организации: треста «Днепрэкскавация» Минмонтажспецстроя УССР. В 1972 году праздновали первое заселение первого сданного в эксплуатацию девятиэтажного жилого дома, приуроченное к 55-й годовщине Великого Октября. Площадка жилмассива «Тополь-1» осваивалась от ул. Джинжарадзе до ул. Паникахи и от устья балки «Встречная» по направлению к улице Запорожское шоссе.

Одновременно с застройкой жилого массива «Тополь-1» велось строительство жилых комплексов жилмассивов «Тополь-2» с левым поворотом ул. Паникахи, левым отрогом балки «Встречная» и поселка «Опытный» и «Тополь-3» от ул. Паникахи в направлении Запорожской трассы. Фундирование жилых зданий и объектов соцкульт-

быта согласно разработанным проектным решениям выполнялось в виде искусственного основания – грунтовых подушек – для легких зданий (в основном объектов соцкультбыта) – (дошкольные учреждения, школы, отдельные торговые учреждения) и, конечно, кооперативные жилые дома высотой до 9 этажей в целях снижения стоимости нулевого цикла и в виде свайных фундаментов для зданий повышенной этажности, как государственных, так и кооперативных жилых комплексов с полной прорезкой (в отдельных случаях не полной прорезкой) просадочной толщи и опиранием острия (нижнего конца) сваи в непросадочные коренные делювиально-аллювиальные отложения, расположенные на глубине $24 \div 28 \div 30$ м, которые проектировала государственная проектная организация «Укрспецстройпроект» Минмонтажспецстроя УССР.

Таким образом к середине 1982 года основная часть территории «Тополь-1» была практически застроена с оставшейся резервной полосой вдоль ул. Запорожское шоссе от ул. Джинжарадзе до ул. Паникахи.

Застройка придорожной полосы жилмассивом «Тополь-1». Оставшаяся не застроенная полоса территории жилмассива «Тополь-1» шириной $b = 80$ м от проходящего рядом Запорожского шоссе по решению горкома КПСС и горисполкома предназначалась для жилой застройки и решения проблемы жилья для Южного машиностроительного завода, и по требованиям вышестоящих инстанций М. О., комплекс должен был быть принят в эксплуатацию в 1986 году и приурочен к открытию XXVII съезда КПСС.

Архитектурно-строительные чертежи будущих жилых домов запроектировал ГПИ «ГИПРОГРАД», г. Киев. Проект фундаментов запроектированных домов выполнила специализированная проектная организация ГПИ «Укрспецстройпроект» Минмонтажспецстроя УССР. Согласно представленным материалам изысканий ГПИ «Укрспецстройпроект» запроектировал свайные фундаменты из забивных железобетонных составных свай из трех секций $C_n-10-35$, C_c-9-35 , C_b-9-35 , что значило: звено нижнее – C_n ,

звено среднее – C_c , звено верхнее – C_v с выполнением всех требований нормативных документов по свайным фундаментам, действующим на период строительства СНиП II-17-77, руководство по проектированию свайных фундаментов и всевозможные региональные нормативные документы.

В связи с этим администрация комбината «Днепротяжстрой», как генподрядчик, созвала техсовет по обсуждению проектных решений фундаментов будущего жилого комплекса. По расчетам технического отдела комбината, кроме материалов, необходимых для возведения жилого комплекса (наземная часть), была представлена на обсуждение техсовета справка о потребности забивных свай, по которой выяснилось, что для возведения запроектированного жилого комплекса потребуется свыше 50 000 м³ свай до 55 000 м³ свай. Стройиндустрия данного региона (Днепропетровская, Запорожская, Харьковская, Донецкая области) может поставить на стройки максимум до 15 000 м³ свай в год на все стройплощадки региона. Если учесть, что все объемы свай должны пойти на одну стройплощадку жилого комплекса ЮМЗ, то для возведения свайных фундаментов под жилой комплекс, при остальных строительных площадках без применения забивных свай, потребуется минимум 3 года, что никак не позволяло ввести жилой комплекс в эксплуатацию в назначенные Министерством обороны сроки. Поэтому администрация комбината «Днепротяжстрой», при указанных обстоятельствах вынужденно пошла на другой вариант устройства оснований и фундаментов запроектированного жилого комплекса, а именно, вариант перевода строительной площадки из второго типа грунтовых условий по просадочности в первый тип, то есть замачивание лессовой толщи на всю ее глубину ($h \geq 28$ м) и после проявления просадки просадочной толщи от нагрузки собственного веса грунта $P_g = \gamma_{sat} \cdot h_{se}$ и просадки толщи $S_{se,q} = \varepsilon_{se,q} \cdot h_{se}$, фильтрации воды по глубине и возможной разгрузки профильтрованной воды, подрядчик выполняет в котловане искусственное основание – грунтовую

подушку, которая и будет служить основанием фундаментов запроектированного жилого комплекса. Такой вариант оснований фундаментов жилого комплекса предложила лаборатория оснований и фундаментов Днепропетровского филиала НИИСП с участием технологов треста «Укроргтехстрой».

Подготовка и устройство искусственного основания. Согласно предложенной профессором И. М. Литвиновым технологической схеме предварительного замачивания строительной площадки и выполненной технологической схемы устройства замачивания территории институтом «ДнепроНИИСП», выделенная под застройку территория планировалась, подчищалась, отрывался котлован глубиной, равной толщине грунтовой подушки (h_n) и глубине заложения подошвы фундаментов ($h_k = h_n + d$), зачищалось дно котлована и по очищенному дну котлована с расчетным шагом были пробурены скважины расчетного диаметра на всю просадочную толщину – h_{sl} от отметки дна котлована до верха непросадочного подстилающего просадочную толщину грунта. В пробуренные скважины опускались полиэтиленовые трубы диаметром 1,0' или 1,5' дюйма и соединялись с водопроводной сетью разводки водопровода. После окончания монтажа системы разводки водопроводов и объединения этой системы с полиэтиленовыми трубками, размещенными в скважинах в систему подавалась вода через домер.

Под строительную площадку отводилась площадка шириной в 50 м и длиной до 250 м, площадью $A = 125\,000\text{ м}^2 = 12,50$ га. Мощность просадочной толщи составляла $h_{se} = 25$ м от дна котлована, с учетом подготовки основания, объем просадочной толщи в среднем составлял $V_{se} = A \cdot h_{sl} = 125\,000 \cdot 25\text{ м} = 3\,125\,000\text{ м}^3$. При средней пористости просадочной толщи $0,46 \leq n \leq 0,49$, согласно изысканиям коэффициент пористости e от $e = \frac{n}{1-n} = \frac{0,49}{1-0,49} = 0,86$ до $e = \frac{n}{1-n} = \frac{0,48}{1-0,48} = 0,92$, ($0,86 \leq e \leq 0,92$) при естественной влажности $W = 0,14$, степени водонасыщения

$$S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e - \rho_w} = \frac{0,14 \cdot 2,7}{0,92 \cdot 1,0} = 0,41, \text{ требуемое}$$

количество воды для обводнения всей просадочной толщи определится по формуле и равно:

$$V_w = V_{se} \cdot n \cdot (1 - S_r) = 3125000 \cdot 0,49(1 - 0,41) = 903437 \text{ м}^3$$

А с учетом коэффициента освоения территории $k_l = 0,10$ требуемое количество воды будет равняться $V_w = 90\,500 \text{ м}^3$. По показаниям водомеров для обводнения лессовой толщи израсходовано $85\,000 \text{ м}^3$ воды. Согласно нормативным документам (Руководство по проектированию оснований зданий и сооружений. - М., 1978 г. 375 с: С218) угол распространения влаги в лессовом грунте при замачивании сверху вниз составляет $\alpha = 35^\circ$ к вертикальной оси, что учитывалось при распределении скважин в плане. Таким образом, площадь обводненного грунта в уровне забоя скважины составляла $A' = A_k + A_{sat} = l_k + 2h_{se} \cdot tq35^\circ = 2 \cdot 25 \cdot 0,7$,

$$A_{sat} = A_k + 2h \cdot 0,70 = A_k + 1,4h_{se} \cdot 2 = (b_k + 2,8h_{se}).$$

Имея коэффициент фильтрации лессового грунта в вертикальном и горизонтальном направлении (учитывается анизотропия лессового грунта) определяется время, за которое вода профильтрует через просадочную толщу и примет свое (горизонтальное) распространение воды в массиве грунта, т. е.

$$t = \frac{Q}{K_\phi \cdot A \cdot I},$$

где: Q – объем воды, требуемый для замачивания столба грунта в пределах одной скважины:

$$Q = (2h_{se} \cdot tq\beta)^2 \cdot h_{se} \cdot n \cdot (1 - S_r),$$

K_ϕ – коэффициент фильтрации (по данным изысканий);

A – площадь поперечного сечения столба грунта в уровне забоя скважины;

I – напорный градиент (усредненное значение равняется $I = \frac{h_{se}}{2}$);

при равномерном распределении напора по глубине, откуда получаем:

$$Q = (2 \cdot 25 \cdot 0,7)^2 \cdot 25 \cdot 0,49 \cdot 0,51 = 7660 \text{ м}^3$$

$$A = 2h_{se} \cdot tq\beta = 35 \text{ м}^2 \text{ – площадь поперечного}$$

сечения столба;

K_ϕ – коэффициент фильтрации в начальный период замачивания (по данным изысканий). $K_\phi = 0,075$ м/сутки.

Время фильтрации « t » будет равняться:

$$t = \frac{7660}{0,075 \cdot 35 \cdot 12,5} = 23,35 \text{ суток.}$$

Учитывая, что коэффициент фильтрации K_ϕ при замачивании просадочной толщи снижается пропорционально проявлению просадки от нагрузки собственного веса грунта $P_g = \gamma \cdot z$ время фильтрации также будет изменяться обратно пропорционально изменению коэффициента пористости просевшего грунта, т. е. $t = f(e^{-1})$. Таким образом, с учетом изменения коэффициента фильтрации грунта в процессе проявления просадочных деформаций и других непредвиденных факторов, для проявления всех просадочных деформаций и их стабилизации проектной организацией (лаборатория оснований и фундаментов Днепропетровского филиала ГП НИИСП) выделено для стабилизации основания три месяца (90 дней). Контроль стабилизации деформации оснований осуществился геодезическим способом. После «полной стабилизации» деформаций замоченной лессовой толщи, со дна котлована выполнялось устройство искусственного основания - грунтовой подушки с послойным уплотнением грунта в теле искусственного основания до проектной плотности $\rho_{ds} = 1,7 \text{ т/м}^3$ при оптимальной влажности, близкой к границе раскатывания $W_o = W_p = 0,18$.

По выполненному искусственному основанию выполнялись фундаменты запроектированных жилых зданий согласно рабочим проектам.

Эксплуатация жилых домов и зданий соцкультбыта, расположенных ниже по склону от жилого комплекса ЮМЗ. Со времени заселения, приуроченного к 55-й годовщине Октября, в начале ноября 1972 года до 1982 г. построенные жилые здания и объекты соцкультбыта эксплуатировались

без заметных деформаций оснований, фундаментов и несущих конструкций наземных частей зданий, так как построенные здания жесткой конструктивной схемы перераспределяли усилия от проявляющихся неравномерных деформаций оснований (в пределах и не превышающих предельно допустимых деформаций для данного класса здания). Застройка придорожного именованного участка жилого комплекса ЮМЗ близилась к завершению. В 1986 году завод получил свою жилплощадь для сотрудников и рабочих ЮМЗ. Строители свои мощности перевели на жилые массивы «Тополь-2» и «Тополь-3», и на отдельные завершающиеся строительством жилые здания нижней (близкой к устью склона) территории жилмассива «Тополь-1».

И вот в 1987 году на жилмассиве «Тополь-1» произошло чрезвычайное происшествие республиканского масштаба: с 07.03.1987 г. по 10.03.1987 г. проявились неравномерные деформации оснований и фундаментов четырех детских комбинатов общей вместительностью 4×250 человек = 1 000 человек. Деформации значительно превышали предельно допустимые с разрушением и с обрушением козырьков, раскрытием швов между панелями до 30 – 40 мм, разрушением отдельных панелей. 10.03.1987 г. детские комбинаты закрыты, а ЦК и СМ Украины назначили государственную комиссию республиканского масштаба для выяснения причин проявившихся деформаций конструкций детских комбинатов и определение путей устранения последствий проявившихся деформаций.

В комиссию включили представителей Министерства строительства Украины, начальников и их заместителей строительных отделов облисполкома и обкома КП УКС горисполкома, представителей строительных организаций города и области и специалистов высших учебных заведений на уровне заведующих кафедр оснований и фундаментов, и железобетонных конструкций.

Комиссия, не вникая в подробности, практически без анализа причин проявившихся деформаций конструкций детских

комбинатов отчиталась перед руководящими органами города, области и республики, выдал заключение, что виновником проявившихся деформаций конструкций детских комбинатов следует считать проектную организацию ДП ГПИ «Днепрогражданпроект». В результате решения комиссии освобожден от занимаемой должности директора «Днепрогражданпроекта» Г. В. Ратушный, а главного инженера В. Б. Лившица лишили членства в компартии, что явилось причиной обширного инфаркта и скорострительной смерти (в тот же день). Вышестоящие организации назначили новый состав руководителей ГПИ «Днепрогражданпроект», а ГПИ «Укрспецстройпроект» вменили в обязательность разработать проект реконструкции и усиления детских комбинатов.

Причины проявления деформаций оснований фундаментов и конструкций детских комбинатов. При подготовке оснований фундаментов строящегося жилого комплекса ЮМЗ вынужденно был отклонен комбинатом «Днепротяжстрой» вариант свайных фундаментов и также вынужденно был принят в производство вариант искусственного основания на предварительно замоченной лессовой просадочной толщине - метод предварительного замачивания просадочной толщи, предложенный профессором И. М. Литвиновым. Как показано выше, для перевода строительной площадки из второго в первый тип грунтовых условий по просадочности было израсходовано 85 000 м³ воды. По данным изысканий в процессе бурения скважин и формирования инженерно-геологического разреза установлено, что формирование инженерно-геологических элементов разреза соответствует естественному уклону местности в направлении от Запорожского шоссе в сторону балки «Встречная». При замачивании просадочной толщи водой и достижении грунтом полного водонасыщения поступающая вода начинает фильтровать (перемещаться) в направлении склона замачивания, при этом лессовую просадочную толщину, расположенную под застроенными и эксплуатируемыми зданиями и сооружениями. Застроенные здания и сооружения формируют напряженно-

деформированную зону массива грунта, служащего основанием зданий и сооружений. Напряженная зона непосредственно зависит от передаваемой нагрузки на грунт и для «тяжёлых» зданий активные напряжения распространяются на большую глубину (высотные жилые и административные здания), что является препятствием для скорости подъема подземных вод и замачивания

просадочной толщи снизу вверх (подтопление территории) и вместе с этим проявлением просадочных деформаций. И тогда под легкими зданиями вода при одинаковом напорном градиенте I поднимается выше, замачивает большую толщу лессового просадочного грунта с проявлением значительно больших просадочных деформаций.

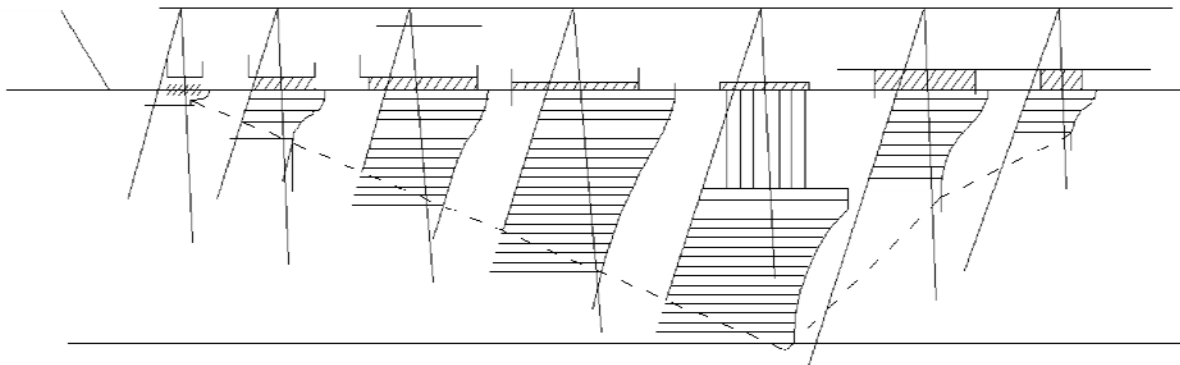


Рис. 1. Схема формирования напряженного состояния массива грунта и активной зоны в зависимости от вида фундамента и передаваемого на грунт давления

В результате под детскими дошкольными зданиями проявились намного большие просадочные деформации, значительно превышающие предельные, что и явилось причиной деформации фундаментов и несущих конструкций зданий детских комбинатов эксплуатируемого жилого массива «Тополь 1».

Изменения гидрогеологических условий строительной площадки за период эксплуатации жилого массива. В связи с проявившимися разрушительными деформациями детских дошкольных учреждений, ГП «ДнепроГИИТИЗ» по собственной инициативе выполнил контрольное бурение 5 скважин на воду в районе расположения продеформированных дошкольных зданий.

Из отчёта, предоставленного ГП «ДнепроГИИТИЗ», следует, что за прошедший период эксплуатации жилого массива «Тополь-1» на указанной территории уровень подземных вод поднялся на пятнадцать (15) метров с отметки -30 до отметки -15 м от поверхности. Средняя скорость подъема уровня подземных вод составила 1 м/год. Согласно таблицам № 30–33 «Пособия по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83), скорость

подъема уровня подземных вод равной $v = 1$ м/год соответствует для района Украины, с технологическим расходом воды $m^3/сут$ на 1 га занимаемой предприятием площади равным $15\ 000 \div 80\ 000$ $m^3/сутки$, соответствующим предприятиям целлюлозно-бумажной и энергетической промышленности. Для жилых комплексов с эксплуатацией зданий 10–15 лет согласно нормативным данным (табл. № 33) скорость подтопления составляет $\leq 0,1$ м/год. Само собой разумеется, что равномерного подъема подземных вод за период эксплуатации, равный 15 лет, на данной территории быть не могло. В первые годы эксплуатации скорость подъема может быть действительно равнялась данным таблицы № 33 «Пособия...», но спустя некоторый период эксплуатации, например $T = 10$ лет, в 1982 г. при замачивании готовящейся к застройке жилого комплекса ЮМЗ территории – грунтовая среда – приняла в себя $80 \div 85$ тысяч m^3 воды. Данная вода, распространяясь и фильтруясь в направлении склона, замочила лессовую просадочную толщу под застроенной территорией, в результате проявились просадочные деформации лессовой толщи, вследствие чего все водонесущие коммуникации

(водопровод, водоотвод, теплотрасса) изменили свою расчётную схему: из балок на упругом основании на шарнирно опертые балки. При этом изменились усилия в конструкциях трубопроводов и в однопролетных балках из-за больших пролетных моментов и проявившихся прогибов балок, в трубопроводах (водопровод, водоотвод, отопление) раскрылись трещины, и вода из трубопроводов под рабочим давлением потекла в грунт, замачивая еще не обводненные участки массивов грунта. Это привело к началу проявления глобального обводнения территории, с выходящими отсюда последствиями. Таким образом, территория из безводной (водораздельное плато) превратилась в обводненную с неконтролируемым расходом воды из водонесущих коммуникаций.

Представленный отчет ДП «ДнепроГИ-ИНТИЗ» об изменении гидрогеологических условий территории жилмассива «Тополь-1» и начале подтопления территории не изменил мнение комиссии о причинах проявления разрушительных деформаций детских дошкольных учреждений (может быть, из-за некомпетентности руководящих членов комиссии и нежелания «подставлять» лабораторию ОиФ Д/Ф НИИСП). Заключение комиссии руководящие органы города спрятали глубоко, а территория жилмассива «Тополь-1» продолжала подтапливаться неконтролируемыми утечками воды из трубопроводов.

Образование разгрузки подземных вод на территории обводненного жилмассива «Тополь-1» и формирование равновесного состояния обводненной толщи (приток=разгрузке). 1. *Исходные данные.* На основании выполненной глав. АПУ и ГИИНТИЗ топографической съемки установлены определенные данные геометрических размеров территории жилмассива «Тополь-1», а именно:

1) длина участка параллельно ул. Запорожское шоссе $l = 400$ м; от ул. Джинжарадзе до ул. Паникахи с вертикальными отметками от 149,9 – ул. Джинжарадзе до 153,1 – ул. Паникахи, перепад высот $\Delta h = 3,2$ м ук-

лон (подъем) в сторону ул. Паникахи составляет $i = 0,008 - 0,01$.

2) ширина участка (от ул. Запорожское шоссе до устья балки «Встречная», примерный разрез по ул. Салакумова) составляет $b = 280$ м с отметками (вертикальными). ул. Запорожское шоссе = 151,4, отметкой устья балки «Встречная» – 131,4; перепад высот по склону составляет $\Delta h = 20$ м, уклон территории $i = \frac{200}{280} = 0,07$.

3) ширина участка склона (проекция) от устья балки до тальвега составляет $b = 160$ м с отметками: устье балки $h = 131,4$ м, тальвега балки $h = 109,5$ м; перепад высот $\Delta h = 21,9$ м, уклон склона составляет $i = 0,14$.

Территория от ул. Запорожское шоссе до устья балки «Встречная» застроена жилыми домами и объектами соцкультбыта (дошкольные учреждения, школы, спортзалы, магазины и обслуживающие их подсобные здания и сооружения). Средняя нагрузка на склон составляет $P \leq 250$ кПа.

Территория склона балки «Встречная» от устья до тальвега занята кооперативными гаражами и садовыми участками, склон одернован, засажен кустарниками и декоративными деревьями (площадь территории садовых участков составляет около 4,0 га. Средняя нагрузка на склон не превышает $P \leq 50$ кПа.

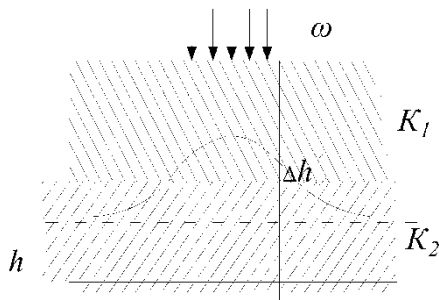
По тальвегу балки «Встречная» проходят железнодорожные пути ветки от ст. Днепропетровск-Южный на ст. Лошкарёвка, с отметкой у тоннеля 109,5 с повышением отметок в сторону станции Лошкарёвка.

В инженерно-геологическом отношении, по данным изысканий ГП «ДнепроГИИНТИЗ», территория жилмассива «Тополь-1» и прилегающей к нему территории приурочена к водораздельному плато и сложена четвертичными отложениями среднечетвертичного возраста, представленными лессами (супесями лессовыми) и лессовидными суглинками, переслаивающимися по глубине и разделяющимися одним слоем (прерывистым вторым) погребенной почвы, распространяющейся линзами, мощностью $h_5 = 2,5 \div 2,8$ м. Слой погребенной почвы прерыви-

стий по простиранию линз, суглинок от светло-коричневого до буровато-желтого, слабомакропористый, твердый, средней плотности, делювиального происхождения, служащий временным относительным водопором.

Лессовая толща представлена: 1) супеси лессовыми (лессами) палево-желтыми, макропористыми, твердыми, с включениями карбонатов, просадочными при замачивании водой с коэффициентом пористости $0,88 \leq e \leq 0,97$, относительной просадочностью $0,01 \leq \varepsilon_{se} \leq 0,045$, при суммарном давлении $350 \leq P \leq 400$ кПа, с коэффициентом фильтрации $0,3 \leq \psi_{\phi} \leq 0,8$ м/сутки; 2) суглинками лессовыми от желтых до светлопалевых, макропористых, твердых, с включениями карбонатов, просадочными при замачивании водой, с коэффициентом пористости $0,9 < e \leq 0,98$, относительной просадочностью $0,01 \leq \varepsilon_{se} \leq 0,040$, при нагрузке $350 < P \leq 400$ кПа, с коэффициентом фильтрации $0,04 < K_{\phi} \leq 0,08$ м/сутки.

Образование подъема уровня подземных вод. Подъем уровня подземных вод прослеживается по схеме инфильтрации утечек воды из водопроводов для одинарных и многочисленных точечных и линейных источников в разных комбинациях. За основу при расчете подъема уровня подземных вод принята куполообразная схема подъема и растекания воды при инфильтрации утечек из трубопроводов. При этом учитываются физические и механические характеристики грунтов, принимающих утечки из трубопроводов, в том числе и коэффициент фильтрации K_{ϕ} и степень водонасыщения S_r .



Так как соотношение коэффициентов фильтрации K_{ϕ} лесса $0,30 < K_{\phi} < 0,8$ м/сутки и суглинка лессового $0,04 < K_{\phi} \leq 0,08$

м/сутки и $\psi = \frac{K_1}{K_2} = 7,5 < \psi \leq 10$ и не превышает $\psi < 25$, то приращение уровня подземных вод Δh (подъем) будет определяться по формуле:

$$\Delta h = \frac{2\omega \cdot t}{\Pi_1} \left(i^2 \operatorname{erfc} \frac{x-L}{2\sqrt{a^x \cdot t}} - \operatorname{erfc} \frac{x+L}{2\sqrt{a^x \cdot t}} \right) \text{ при } X > L$$

$$\Delta h = \frac{2\omega \cdot t}{\Pi_1} \left(0,5 - i^2 \operatorname{erfc} \frac{L+x}{2\sqrt{a^x \cdot t}} - i^2 \operatorname{erfc} \frac{L-x}{2\sqrt{a^x \cdot t}} \right) \text{ при } X < L$$

где Δh – приращение уровня подземных вод;
 t – время инфильтрации подземных вод из трубопроводов и других источников;

ω – интенсивность инфильтрации утечек из трубопроводов;

Π_i – количество источников инфильтрации;

$$i = \sqrt{-1};$$

$\operatorname{erfc} x$ – функция ошибок:

$$\operatorname{erfc} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-x^2} dx = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \left(x - \frac{x^3}{3} - \frac{1}{21} \frac{x^5}{5} - \frac{1}{315} \frac{x^7}{7} \pm \dots \right);$$

$\operatorname{erfc} x$ – дополнительная функция ошибок – erfc ;

$$\operatorname{erfc} = 1 - \operatorname{erfx} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} e^{-x^2} dx$$

L – полуширина или радиус источника (инфильтрации) замачивания;

x – переменная ордината $0 < x \leq 2$ (ax).

Для случая, если $\psi = \frac{K_1}{K_2} > 25$, приращение уровня подземных вод Δh (подъем уровня подземных вод) будет определяться по формуле:

формуле:

$$\Delta h = \begin{cases} \frac{\omega(h_c - M)}{2K_1} \{F_3(\lambda_1, \tau_b) + F_3(\lambda_2, \tau_b) + \tau_b [2 - F_4(\lambda_1, \tau_b) - F_4(\lambda_2, \tau_b)]\}; & x < L \\ \frac{\omega(h_c - M)}{2K_1} \{F_3(\lambda_2, \tau_b) - F_3(\lambda_3, \tau_b) + \tau_b [F_4(\lambda_3, \tau_b) - F_4(\lambda_2, \tau_b)]\}; & x > L \end{cases}$$

где: Δh , t , ω , n_i , i , erfx , $\operatorname{erfc} x$, L , x , а то что в формуле

M – мощность второго слоя с коэффициентом фильтрации K_2 ;

h_c – мощность водоносного слоя грунта;

$$\lambda = \{i(2\sqrt{\gamma_{ob}})\}; \quad f_{ob} = a_b \cdot t / L^2;$$

$$\tau_b = \frac{K_1 \cdot t}{[n_i(h_c - M)]}$$

$$F_o(a, b, c) = \int_0^{\infty} \frac{\sin z}{z} \cdot \frac{1 + bthaz}{b + bthaz} \left[1 - \exp\left(cz \frac{b + thaz}{1 + bthaz} \right) \right] dz;$$

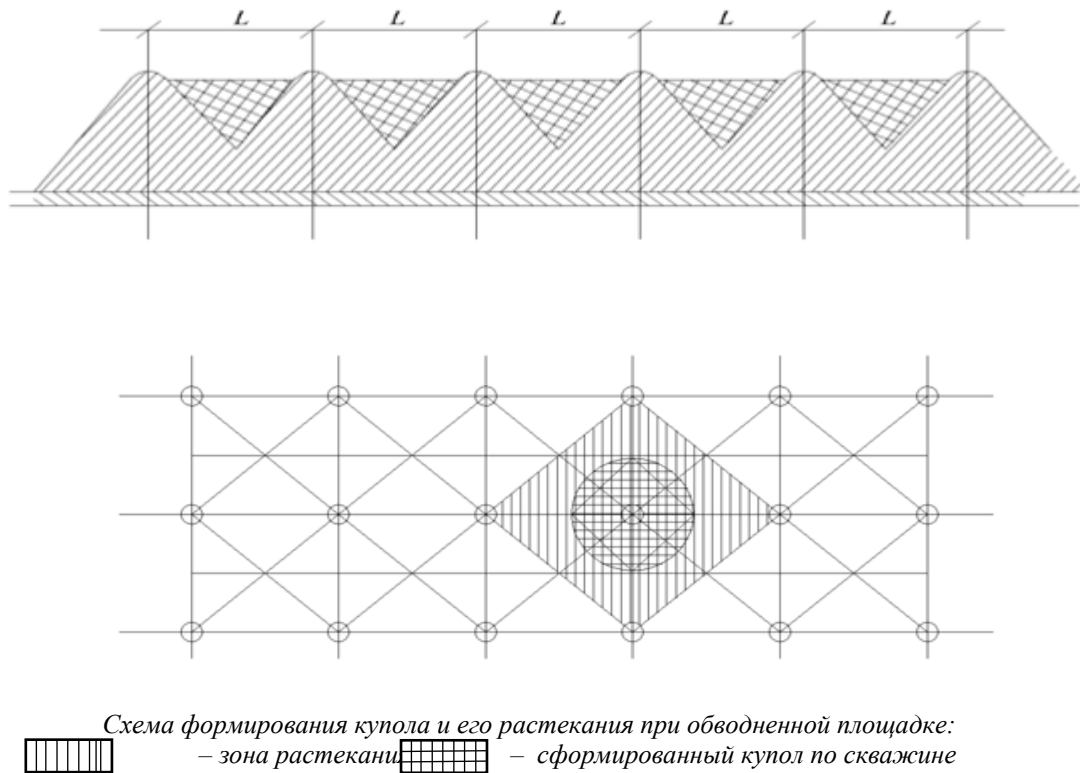
Из приведённых выше математических выражений следует, что подъем (подтопле-

ние) уровня подземных вод за счёт инфильтрации в грунт утечек из водонесущих коммуникаций прямо пропорциональный времени инфильтрации t ; интенсивности инфильтрации ω и размеров источников инфильтрации в плане и других параметров.

Так как первоначальным источником инфильтрации было целенаправленное замачивание лессовой просадочной толщи через пробуренные на всю ее глубину скважины (в пределах круглой площадки радиусом r_0). скорость обводнения грунтовой толщи

будет обратно пропорциональна расстоянию между скважинами. Если расстояние между скважинами L' расход воды Q , то время, необходимое для обводнения толщи, будет определяться функцией $T = f(Q, L\omega)$.

Схема обводнения площадки строительства принималась куполообразная с формированием вершины купола по осям скважин и растеканием купола в пространстве между скважинами. Схема формирования и растекания купола показана на рисунке.



При заполнении пространства между скважинами водой за счет растекания куполов в скважинном пространстве формируется в пределах между крайними рядами скважин практически горизонтальная обводненная площадка, а за крайними рядами скважин продолжается растекание купола по горизонтали, теперь уже замачивая лесовые просадочные грунты под застроенной территорией. В результате замачивания лессовой просадочной толщи проявляются просадочные деформации в пределах эксплуатируемых зданий и эксплуатируемых водонесущих коммуникаций. За счёт проявившихся просадок под водонесущими комму-

никациями изменяется расчётная схема трубопроводов, вместо балок на упругом основании формируется балка, шарнирно опертая на двух опорах, возникают большие прогибы, раскрываются трещины в трубопроводах, происходит обводнение территорий с запредельными деформациями грунтов оснований и конструкций зданий, появляется «цепная реакция».

В результате появления «цепной реакции» по обводнению территории (растекание куполов по крайним рядам скважин, замачивание грунта основания под уже эксплуатируемыми жилыми зданиями, объектами соцкультбыта и их уже эксплуатируе-

мыми водонесущими коммунікаціями – водоснабження, водоотведення, теплоснабження) – произошло первичное замачивание грунтов основания с еще естественным коэффициентом фильтрации (K_{ϕ}), проявление просадочных деформаций, оснований, деформаций с раскрытием трещин в водонесущих коммунікаціях, неконтролируемое замачивание (обводнение) лессовой толщи с проявлением деформаций оснований фундаментов в первую очередь легких зданий, как было показано выше, детских дошкольных учреждений. Более тяжелые 9-16-этажные здания жесткой конструктивной схемы, за счёт перераспределения усилий в основании, продеформировались равномерно без нарушения целостности конструкций зданий.

Так как комиссия «не выявила» причин деформаций несущих и ограждающих конструкций детских дошкольных учреждений и перевела стрелки на ГП ПИ «Днепрогражданпроект», руководящие организации города не обратили должного внимания на «первый звонок» об обводнении территории и выходящих отсюда последствиях и практически разрушенные водонесущие коммунікації продолжали «терять» воду и обводнять уже эксплуатируемую нижнюю (по склону) часть жилмассива «Тополь-1».

Контрольным бурением на воду, выполненным «ДнепроГИИНтиз» в марте-апреле 1987 года, зафиксирован уровень подземных вод на глубине 15,0 м от поверхности природного рельефа, т. е. уровень подземных вод на территории за 15 лет эксплуатации (1972 – 1987 гг.) жилмассива «Тополь-1» поднялся на 15 м (средняя скорость подтопления составила $v_{cp} = 1$ м/год). Мало вероятно, что это подтопление равномерно проявилось за последние 15 лет эксплуатации. По всей видимости, глобальное подтопление территории началось с периода перевода площадки из второго типа грунтовых условий по просадочности в первый, т. е. предварительного замачивания строительной площадки вдоль ул. Запорожское шоссе (в 1982 г.), расположенной выше по склону эксплуатируемой части жилмассива «Тополь-1». Тогда скорость подтопления дан-

ной территории составила в целом $V = 3,0 \div 2,5$ м/год, что невероятно много и не подтверждается никакими нормативными документами (коммунальные службы списывали потребление воды на душу населения по городу Днепропетровску до 360 л/сутки).

Глобальное обводнение территории привело к формированию разгрузки подземных вод в подножья склона (тальвега балки), что сразу изменило условия эксплуатации дачных участков. Появившаяся разгрузка частично снизила подтопление дачных участков и мочароватость почвы.

Среднестатистический расход воды на душу населения Q , принятый коммунальными службами, довел расход объема воды в сутки по городу равным $Q = 0,360 \cdot 1\,500\,000 = 540\,000$ м³/сутки. Исходя из этих данных, утечка воды из водонесущих коммунікацій прогрессировала.

Учитывая перепад высот по профилю стройплощадки ж/м «Тополь-1» от жилого комплекса ЮМЗ до подножья склона балки «Встречная» составляющий в среднем до $\Delta h = 40$ м, напорный градиент I соответственно будет равен $I = 40$, что значительно увеличивает коэффициент фильтрации, который и будет равный

$$K_{\phi} = K_{\phi} \cdot I = (0,04 \div 0,08) \cdot 40 = 1,6 \div 3,2 \text{ м / сутки}$$

Расход воды, согласно закону Дарси, определится по формуле и будет равный:

$$Q = K \cdot F \cdot I \cdot t = (0,04 \div 0,08) \cdot (400 \cdot 40) \cdot 40 \cdot 1 = 25600 \text{ м}^3 / \text{сутки}$$

для варианта разгрузки подземных вод с территории ж/м «Тополь-1». Для начала проявления разгрузки подземных вод необходимо, чтобы напор воды в грунте преодолел начальный напорный градиент I_n ; $I = H_1 - H_2 / \Delta l$.

Величина напора в рассматриваемой точке – точка потока определяется зависимостью:

$$H = \frac{P}{\gamma} + z + \frac{\bar{U}^2}{2g}$$

где P – давление в воде; γ – удельный вес воды; z – высота рассматриваемой точки;

\bar{U} – скорость движения воды; g – ускорение свободного падения.

В глинистых грунтах скорость движения воды весьма малая. Поэтому скоростной частью напора H без снижения точности определения H можно пренебречь и выражение для вычисления напорного градиента H будет определяться по формуле:

$$H = \frac{P}{\gamma} + z, \text{ м}$$

Фильтрация воды в глинистых грунтах начинает проявляться при достижении напора H , который превышает некоторую величину H_0 , которую называют начальным напорным градиентом. Для случая применимости закона Дарси график зависимости $U = f(H)$ – прямая линия, выходящая из начала координат. При проявлении фильтрации ($H > H_0$) возможно проявление суффозии грунта. Суффозионные процессы начинают проявляться при выполнении условия, $H = \gamma \cdot z$ (внешняя суффозия) с выносом мелких частиц грунта фильтрационным потоком, что практически ослабляет фильтрующий массив грунта с увеличением пористости, коэффициента фильтрации – увеличением разгрузки подземных вод.

Так как питание подземных вод в основном осуществляется за счет утечек воды из водонесущих коммуникаций, возможны следующие варианты подтопления территории:

1) объем питания подземных вод меньше разгрузки ($W_n < W_p$) - происходит понижение уровня подземных вод. В этом случае напорный градиент I снижается, коэффици-

ент фильтрации понижается, скорость разгрузки понижается и настает момент равновесия: установившийся уровень подземных вод с постоянными значениями уровня подземных вод (УПВ);

2) объем питания равный объему разгрузки – зафиксированный и поддерживается постоянный уровень подземных вод (УПВ);

3) объем питания превышает объем разгрузки. В этом случае происходит подъем уровня подземных вод (подтопление территории), повышается напорный градиент, увеличивается коэффициент фильтрации в местах разгрузки, проявляются суффозионные процессы, с увеличением пористости грунта n , коэффициента фильтрации K_f и в целом ослабление массива грунта и возможной потери – понижения устойчивости склона вплоть до проявления оползневых процессов.

На территории жилмассива «Тополь-1» проявился третий вариант – превышение загрузки (поступление утечек из водонесущих коммуникаций значительно превышало разгрузку), что в перспективе приводит к повышению УПВ (подтопления) увеличения напорного градиента I , увеличение коэффициента фильтрации K_f , увеличение пористости и проявления суффозионных процессов с возможным ослаблением и разрушением склона.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Захист від небезпечних геологічних процесів. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідних грунтах : ДБН В. 1.1.-5-2000. – Введ. з 2000-07-01. – Вид. офіц. – Київ, 2000.
Ч. 1 : Будинки і споруди на підроблюваних територіях. – 70 с. ;
Ч. 2 : Будинки і споруди на просідаючих грунтах. – 89 с.
2. Основания гидротехнических сооружений. Нормы проектирования : СНиП II-16-76 / Госстрой СССР. – Москва, 1977. – 37 с.
3. Основания гидротехнических сооружений : СНиП 2.02.02-85* (с Изменением № 1) / Госстрой СССР. – Введ. 1987-01-01 ; взамен СНиП II-16-76. – Москва, 2004. – 84 с. – Режим доступа: http://kompaniastroy.ru/sites/default/files/gosts-snips/bezopasnost/snip_2_02_02-85.pdf
4. Сооружения мелиоративных систем. Нормы проектирования : СНиП II-52-74 / Госстрой СССР. – Москва, 1975. – 25 с.
5. Мелиоративные системы и сооружения : СНиП 2.06.03-85 / Госстрой СССР. – Введ. 1 июля 1986 г. ; взамен СНиП II-52-74. – Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 47 с. – Режим доступа: http://gostbank.metaltorg.ru/data/norms_new/snip/107.pdf.
6. Гидротехнические сооружения речные. Основные положения проектирования : СНиП II-50-74 / Госстрой СССР. – Москва, 1975. – 24 с.

7. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования : СНиП 2.06.01-86 / Госстрой СССР. – Введ. 1 июля 1987 г. ; взамен СНиП II-50-74, СНиП II-51-74. – Москва, 1987. – 30 с. – Режим доступа: http://kompaniastroy.ru/sites/default/files/gosts-snips/gidto/snip_2.06.01-86.pdf
8. Об'єкти будівництва та промислової продукції будівельного призначення. Основи та фундаменти будинків і споруд. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування : ДБН В.2.1-10-2009. – Введ. вперше зі скасуванням на території України СНиП 2.02.01-83 ; чинні від 2009-07-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 107 с. – (Державні будівельні норми України).
9. Цытович Н. А. Механика грунтов / Н. А. Цытович. – Москва : Госстройиздат, 1963. – 636 с.
10. Флорин В. А. Основы механики грунтов: [в 2 т.] / В. А. Флорин. – Ленинград ; Москва : Госстройиздат, 1959–1961. – 357 с.
11. Мустафаев А. А. Основы механики просадочных грунтов / А. А. Мустафаев. – Москва : Стройиздат, 1978. – 263 с.
12. Мустафаев А. А. Расчет оснований и фундаментов на просадочных грунтах / А. А. Мустафаев. – Москва : Высш. шк., 1979. – 367 с.
13. Иванов П. Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений / П. Л. Иванов. – Москва : Высш. шк., 1985. – 352 с.
14. Крутов В. И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах / В. И. Крутов. – Киев : Будівельник, 1982. – 224 с.
15. Роза С. А. Механика грунтов / С. А. Роза. – Москва : Высш. шк., 1962. – 229 с.
16. Соболевский Ю. А. Механика грунтов / Ю. А. Соболевский. – Минск : Вышэйш. шк., 1986. – 176 с.
17. Гавшина З. П. Условия подтопления грунтовыми водами застраиваемых территорий / З. П. Гавшина, Е. С. Дзекцер. – Москва : Стройиздат, 1982. – 116 с.
18. Прогноз подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях : [пособие к СНиП 2.06.15-85] / Комплекс. науч.-исслед. и конструктор.-технолог. ин-т водоснабжения, канализации, гидротехн. сооружений и инж. гидрогеологии Госстроя СССР. – Москва : Стройиздат, 1991. – 273 с. – (Справочное пособие к СНиП).
19. Литвинов И. М. Глубинное укрепление и уплотнение просадочных грунтов / И. М. Литвинов. – Киев : Будівельник, 1969. – 183 с.
20. Моторный Н. А. Потенциальная "неподтопляемость" территорий и ее влияние на проектирование оснований и фундаментов на просадочных грунтах среднего Приднепровья / Н. А. Моторный // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ, 2001. – № 6. – С. 35–42.
21. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01.83) / Науч.-исслед. ин-т оснований и подзем. сооружений им. Н.М. Герсеванова Госстроя СССР. – Москва : Стройиздат, 1986. – 415 с.
22. Корн Г. К. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) / Г. К. Корн, Т. К. Корн. – Москва : Наука, 1973. – 831 с.

REFERENCES

1. *Zakhyst vid nebezpechnykh geologichnykh protsesiv. Budynky i sporudy na pidroblivanykh terytoriiakh i prosidnykh gruntakh: DBN V. 1.1.-5-2000* [Protection against dangerous geological processes. Buildings and structures on the overbuild territories and on the collapsible grounds: the State Building Codes V. 1.1.-5-2000]. Kyiv, 2000. (in Ukrainian).
2. *Osnovaniya gidrotexnicheskikh sooruzhenij. Normy proektirovaniya: SNIp II-16-76* [Bases of hydraulic structures. Design standards: the State Building Codes II-16-76]. Gosstroj SSSR [The National Building of USSR]. Moskva, 1977, 37 p. (in Russian).
3. *Osnovaniya gidrotekhnicheskikh sooruzhenij: SNIp 2.02.02-85* [Bases of hydraulic engineering structures: the State Building Codes 2.02.02-85]. Gosstroj SSSR [The National Building of USSR]. Moskva, 2004, 84 p. Available at: http://kompaniastroy.ru/sites/default/files/gosts-snips/bezopasnost/snip_2_02_02-85.pdf. (in Russian).
4. *Sooruzheniya meliorativnykh sistem. Normy proektirovaniya: SNIp II-52-74* [Facilities of land-reclamation systems. Design standards: the State Buildings Codes II-52-74]. Gosstroj SSSR [The National Building of USSR]. Moskva, 1975, 25 p. (in Russian).
5. *Meliorativnye sistemy i sooruzheniya: SNIp 2.06.03-85* [Land-reclamation systems and facilities: the State Building Codes 2.06.03-85]. Gosstroj SSSR [The National Building of USSR]. Moskva: CITPGosstroja SSSR, 1986, 47 p. Available at: http://gostbank.metaltorg.ru/data/norms_new/snip/107.pdf. (in Russian).
6. *Gidrotexnicheskie sooruzheniya rechnye. Osnovnye polozheniya proektirovaniya: SNIp II-50-74* [The river hydraulic engineering works. Basic design standards: the State Building Codes II-50-74]. Gosstroj SSSR [The National Building of USSR]. Moskva, 1975, 24 p. (in Russian).
7. *Gidrotexnicheskie sooruzheniya. Osnovnye polozheniya proektirovaniya: SNIp 2.06.01-86, vved. 1 iyulya 1987 g.* [Hydraulic engineering facilities. Basic design standards: the State Buildings Codes 2.06.01-86]. Gosstroj SSSR [The National Building of USSR]. Moskva, 1987, 30 p. Available at: http://kompaniastroy.ru/sites/default/files/gosts-snips/gidto/snip_2.06.01-86.pdf. (in Russian).

8. *Obekty budivnitstva ta promyslova produktsiia budivelnogo pryznachennia. Osnovy ta fundamenti budynkiv i sporud. Osnovy ta fundamenti sporud. Osnovni polozhennia proektuvannia: DBN V.2.1-10-2009* [Objects of construction and industrial products for construction purposes. Basements and foundations of houses and structures. Basements and foundations of structures. The main standards: the State Building Codes V.2.1-10-2009]. Kyiv: Minregionbud Ukrainy, 2009, 107 p. (in Ukrainian).
9. Cytovich N.A. *Mekhanika gruntov* [Soil mechanics]. Moskva: Gosstrojizdat, 1963, 636 p. (in Russian).
10. Florin V.A. *Osnovy mekhaniki gruntov: [v 2 t.]* [Basics of the soil mechanics in 2 volumes]. Leningrad, Moskva: Gosstrojizdat, 1959–1961, 357 p. (in Russian).
11. Mustafaev A.A. *Osnovy mekhaniki prosadochnykh gruntov* [Mechanics fundamentals of collapsible grounds]. Moskva: Strojizdat, 1978, 263 p. (in Russian).
12. Mustafaev A.A. *Raschet osnovanij i fundamentov na prosadochnyx gruntax* [Basements and foundations calculation on the collapsible grounds]. Mos-kva: Vyssh. shk., 1979, 367 p. (in Russian).
13. Ivanov P.L. *Grunt i osnovaniya gidrotekhnicheskikh sooruzhenij* [Grounds and basements of hydraulic engineering works]. Moskva: Vyssh. shk., 1985, 352 p. (in Russian).
14. Krutov V.I. *Osnovaniya i fundamenti na prosadochnykh gruntax* [Basements and foundations on the collapsible grounds]. Kiev: Budivelnik, 1982, 224 p. (in Russian).
15. Roza S.A. *Mekhanika gruntov* [Soil mechanics]. Moskva: Vyssh. shk., 1962, 229 p. (in Russian).
16. Sobolevskij Yu.A. *Mekhanika gruntov* [Soil mechanics]. Minsk: Vyshejsk. shk., 1986, 176 p. (in Russian).
17. Gavshina Z.P. and Dzekcer E.S *Usloviya podtopleniya gruntovymi vodami zastraivaemykh territorij* [Groundwater underflooding condition of overbuild areas]. Moskva: Strojizdat, 1982, 116 p.
18. *Prognoz podtopleniya i raschet drenaznykh sistem na zastraivaemykh i zastroyenykh territoriyax* [Flooding forecast and drainage systems calculation on the overbuild and built-up areas]. Kompleks. nauch.-issled. i konstruktor.-tehnolog. in-t vodosnabzheniya, ka-nalizacii, gidrotexn. sooruzhenij i inzh. gidrogeologii Gosstroja SSSR [Complex Research and Design Institute of Water Supply, Sewerage, Hydraulic Structures and Engineering Hydrogeology of the National Building of the USSR]. Moskva: Strojizdat, 1991, 273 p. (in Russian).
19. Litvinov I.M. *Glubinnoe ukreplenie i uplotnenie prosadochnykh gruntov* [Deep consolidation and consolidation of collapsible grounds]. Kiev: Budivelnik, 1969, 183 p. (in Russian).
20. Motornyj N.A. *Potencial'naya "nepodtoplyaemost'" territorij i ee vliyanie na proektirovanie osnovanij i fundamentov na prosadochnyx gruntax srednego Pridneprov'ya* [Territories potential "non-underflooding" and its influence on the basements and foundations design on the collapsible grounds of the middle Pidneprov'ya]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnictva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnipropetrovsk, 2001, no. 6, pp. 35–42. (in Russian).
21. *Posobie po proektirovaniyu osnovanij zdanij i sooruzhenij (k SNiP 2.02.01.83)* [Manual on the design of buildings foundations and structures (to the State Building Codes 2.02.01.83)]. Nauch.-issled. in-t osnovanij i podzem. sooruzhenij im. N.M. Gerasenova Gosstroya SSSR [Scientific-Research Institute of Basements and Underground Facilities named after N. M. Gerasenov of the National Building of the USSR] Moskva: Strojizdat, 1986, 415 p. (in Russian).
22. Korn G.K. and Korn T.K. *Spravochnik po matematike (dlya nauchnykh rabotnikov i inzhenerov)* [A manuel on mathematics (for scientists and engineers)]. Moskva: Nauka, 1973, 831 p. (in Russian).

Рецензент: Савицький М. В., д-р т. н., проф.

Надійшла до редколегії: 13.02.2017 р. Прийнята до друку: 20.02.2017 р

(СТАТТЯ ДРУКУЄТЬСЯ В АВТОРСЬКІЙ РЕДАКЦІЇ)