



https://doi.org/10.51885/3134-8041_IACS_2026_2_8

МРНТИ 67.09.00

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОДТОПЛЕНИЯ НА ДЕФОРМАЦИИ ФУНДАМЕНТОВ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ В КАРАГАНДЕ

ҚАРАҒАНДЫ ҚАЛАСЫНДАҒЫ ТҮРҒЫН ҮЙ ҒИМАРАТЫ ІРГЕТАСЫНЫҢ ДЕФОРМАЦИЯЛАРЫНА СУ АЛУДЫҢ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF FLOODING ON FOUNDATION DEFORMATIONS OF A RESIDENTIAL BUILDING IN KARAGANDA

Е.Е. Оразалы ¹, Д.Т. Тоқанов ^{1*}, А.Т. Мухамеджанова ^{1*}

¹Қарағандинский Технический Университет имени Абылқаса Сағинова, г. Қарағанда, Қазақстан

*Автор-корреспондент: Тоқанов Данияр Тоқанович, e-mail: tokanov-daniyar@mail.ru

Ключевые слова:

ленточный фундамент,
осадка, подтопление,
грунты основания,
уровень подземных вод,
дренаж.

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты комплексного обследования технического состояния жилого здания с ленточными фундаментами, эксплуатируемого в условиях повышенной влажности и подтопления в микрорайоне «Восток-2» города Қарағанды. Исследование выполнено с применением визуальных, инструментальных и расчетных методов. Установлено, что модуль деформации супеси при естественной влажности составляет 11,8 МПа, а при водонасыщении снижается до 5,9 МПа. Расчетная осадка фундамента при полном водонасыщении достигает 12,25 см, что превышает нормативное значение 10 см. Определено, что основная часть деформаций формируется в верхнем слое грунта. В результате расчетов установлены минимальная мощность незамоченного несущего слоя 1,11 м и минимальная глубина водопонижения 3,71 м, обеспечивающие нормативную устойчивость основания. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании дренажных систем и эксплуатации зданий при подтоплении их основания.

Түйінді сөздер:

таспалы іргетас,
іргетастың шөгугі, жер
асты суларының әсері,
негіз топырақтары, жер
асты суының деңгейі,
дренаж жүйесі.

ТҮЙІНДЕМЕ

Мақалада Қарағанды қаласының «Восток-2» шағынауданында орналасқан, жоғары ылғалдылық пен жер асты суларының көтерілуі жағдайында пайдаланылып жатқан таспалы іргетастары бар тұрғын үй ғимаратының техникалық жай-күйін кешенді зерттеу нәтижелері қолдану арқылы жүргізілді. Табиғи ылғалдылық жағдайында супесь топырағының деформация модулі 11,8 МПа-ны құрайтыны, ал суға толық қаныққан кезде 5,9 МПа-ға дейін төмендейтіні анықталды. Толық суға қанығу жағдайындағы іргетастың есептік шөгугі 12,25 см-ге жетіп, нормативтік мән – 10 см-ден асып түсетіні көрсетілді. Деформациялардың негізгі бөлігі топырақтың жоғарғы қабатында



қалыптасатыны анықталды. Есептеулер нәтижесінде негіздің нормативтік тұрақтылығын қамтамасыз ететін суға қанықпаған тірек қабатының ең аз қалыңдығы 1,11 м және суды төмендетудің ең аз тереңдігі 3,71 м екені белгіленді. Алынған нәтижелер іргетастары су басу жағдайында болатын ғимараттарды пайдалану және дренаждық жүйелерді жобалау кезінде қолданылуы мүмкін.

keywords:

strip foundation,
foundation settlement,
groundwater flooding,
foundation soils,
groundwater level,
drainage system.

ABSTRACT

The article presents the results of a comprehensive assessment of a residential building with strip foundations operating under high moisture and groundwater flooding in the Vostok-2 microdistrict of Karaganda. The study was conducted using visual, instrumental, and analytical methods. It was found that the deformation modulus of sandy loam under natural moisture conditions is 11.8 MPa, while under water-saturated conditions it decreases to 5.9 MPa. The calculated foundation settlement under full water saturation reaches 12.25 cm, exceeding the normative value of 10 cm. It was determined that most deformations are formed in the upper soil layer. Calculations showed that the minimum thickness of the unsaturated bearing layer is 1.11 m, and the minimum groundwater lowering depth is 3.71 m, ensuring foundation stability. The obtained results can be used in the design of drainage systems and building operation under flooding conditions.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях эксплуатации зданий и сооружений особую актуальность приобретает проблема обеспечения их конструктивной и эксплуатационной надежности на протяжении всего жизненного цикла (Vitorio Junior et al., 2025; Tažiková et al., 2023). Значительная часть жилого фонда крупных промышленных городов Казахстана представлена зданиями массовой застройки 1970–1980-х годов, возведенными по типовым проектам с применением кирпичных несущих стен и ленточных фундаментов, проектирование которых во многих случаях выполнялось без достаточного учета сложности инженерно-геологических условий и возможных изменений гидрогеологической обстановки в процессе эксплуатации (Sarzhhanov & Schurch, 2023).

Одним из наиболее неблагоприятных факторов, влияющих на техническое состояние таких зданий, является дополнительное увлажнение и подтопление грунтов основания (Semko et al., 2025). В условиях распространения песчано-глинистых четвертичных отложений и набухающих элювиальных глин повышение влажности приводит к снижению прочностных и деформационных характеристик грунтов, развитию неравномерных осадок фундаментов и формированию трещин в несущих конструкциях (Wang et al., 2024; Alnmr & Ray, 2024).

Данные процессы, как правило, носят накопительный характер и длительное время могут развиваться без выраженных внешних признаков (Chou & Hung, 2021).

Практика технического обследования показывает, что изменение гидрогеологических условий в городской застройке нередко обусловлено совокупностью природных и техногенных факторов, включая утечки инженерных коммуникаций, нарушение систем водоотведения, разрушение отмосток и неудовлетворительное состояние подвальных помещений (Semko et al., 2025; Wang et al., 2024; Alnmr & Ray, 2024; Chou & Hung, 2021; Dastpak et al., 2023). В сочетании с отсутствием эффективных мероприятий по защите фундаментов от воздействия грунтовых вод это приводит к интенсификации деформационных процессов и снижению несущей способности строительных конструкций (Li et al., 2025).



Особенно уязвимыми в подобных условиях оказываются здания, конструктивная схема которых не предусматривает деформационные швы и специальные меры по компенсации неравномерных осадок (Patrício et al., 2024). Возникающие деформации имеют выраженный пространственный характер и проявляются в виде сквозных трещин, нарушений сопряжений несущих элементов и снижения пространственной жесткости здания (Florkowska et al., 2026; Wang et al., 2025).

В этой связи особое значение приобретает проведение комплексных визуальных, инструментальных и расчетных обследований, направленных на установление причинно-следственной связи между состоянием конструкций, инженерно-геологическими условиями и режимом эксплуатации здания (Zhang et al., 2025; Lollino et al., 2015).

Совмещение результатов полевых наблюдений, лабораторных испытаний и расчетного анализа позволяет получить количественную оценку влияния увлажнения грунтов на деформационное поведение основания (Saliba et al., 2025; Ge et al., 2024).

Настоящая статья основана на результатах экспертного обследования пятиэтажного кирпичного жилого дома с подвалом и ленточными фундаментами, расположенного в микрорайоне «Восток-2» города Караганды и введенного в эксплуатацию в 1983 году. Площадка строительства характеризуется сложными инженерно-геологическими условиями, включающими обводненные четвертичные отложения и набухающие глинистые грунты.

В ходе исследования выполнена оценка изменения деформационных характеристик грунтов при водонасыщении, расчет осадок основания и обоснование параметров водопонижения. Установлено, что при увлажнении модуль деформации грунта снижается более чем в два раза, а расчетная осадка фундамента превышает нормативные значения, что требует применения инженерных мероприятий по стабилизации основания.

Целью настоящей работы является обобщение результатов комплексного обследования строительных конструкций жилого здания, анализ влияния подтопления и неравномерных осадок фундаментов на формирование предаварийного состояния, а также обоснование параметров водопонижения и несущего слоя для повышения эксплуатационной надежности зданий аналогичного типа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Участок проектируемого объекта расположен в пределах застроенной территории города Караганды, в микрорайоне «Восток-2», и приурочен к равнинной аккумулятивной поверхности с незначительным уклоном рельефа (рисунки 1 и 2). В абсолютных отметках рельеф площадки характеризуется перепадом высот в пределах нескольких метров, что в целом соответствует условиям плотной городской застройки. Территория участка благоустроена, частично заасфальтирована и окружена существующими жилыми зданиями различной этажности, что ограничивает возможность естественного поверхностного водоотведения.

Согласно данным инженерно-геологических изысканий, геологическое строение площадки представлено песчано-глинистыми отложениями карбонового, неогенового и четвертичного возрастов. Четвертичные отложения, сложенные песками и суглинками, залегают до глубины порядка 3,0 м, отличаются невыдержанностью по мощности и характеризуются повышенной влажностью. Ниже распространены элювиальные глины павлодарской и аральской свит, обладающие набухающими свойствами и чувствительные к изменению влажностного режима.

Исследование технического состояния здания, фундаментов и грунтов основания выполнялось на основе комплексного поэтапного подхода. Для проведения обследования применялся сертифицированный комплект измерительных средств, прошедших государственную поверку и обеспечивающих требуемую точность измерений. В состав геодезического

оборудования входили электронные тахеометры Leica TC1201+ и TS06, а также лазерные дальномеры серии Disto, используемые для контроля геометрических параметров конструкций, определения отклонений от вертикали и взаимных смещений элементов здания.



Рисунок 1. Общий вид территории расположения объекта

Примечание – составлено авторами



Рисунок 2. Общий вид жилого дома

Примечание – составлено авторами

Неразрушающий контроль прочности бетонных конструкций выполнялся с применением измерителя прочности бетона ИПС-МГ4.04, ультразвукового прибора УКС-МГ4, молотка ударного действия ПОС-50МГ4.0 и прибора Profometer РМ-6 для определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры. Дополнительно использовались универсальные измерительные инструменты, включающие штангенциркули, рулетки, наборы шупов и шаблоны для измерения ширины раскрытия трещин. Для фиксации результатов обследования применялись цифровой фотоаппарат Nikon, полевые журналы наблюдений и электронные носители для документирования измерений.

Контроль прочности бетона в конструкциях осуществлялся ударно-импульсным, ультразвуковым и комбинированным методами в соответствии с требованиями действующих государственных стандартов. Для каждого конструктивного элемента выполнялось не менее пяти–семи измерений, после чего проводилась статистическая обработка полученных данных с определением средних значений и оценкой разброса показателей, что позволяло повысить достоверность результатов.

Расчет несущей способности и осадок основания выполнялся на основе данных инженерно-геологических изысканий, результатов лабораторных испытаний грунтов, анализа компрессионных кривых, значений модулей деформации и фактических нагрузок, передаваемых на основание от строительных конструкций.

На рисунке 1 зафиксировано расположение уровня подземных вод вблизи подошвы фундамента, что свидетельствует о постоянном воздействии влаги на конструкции и грунт основания. Такое положение УГВ создает условия для водонасыщения супесчаных и суглинистых грунтов, повышения их сжимаемости и развития неравномерных осадок.

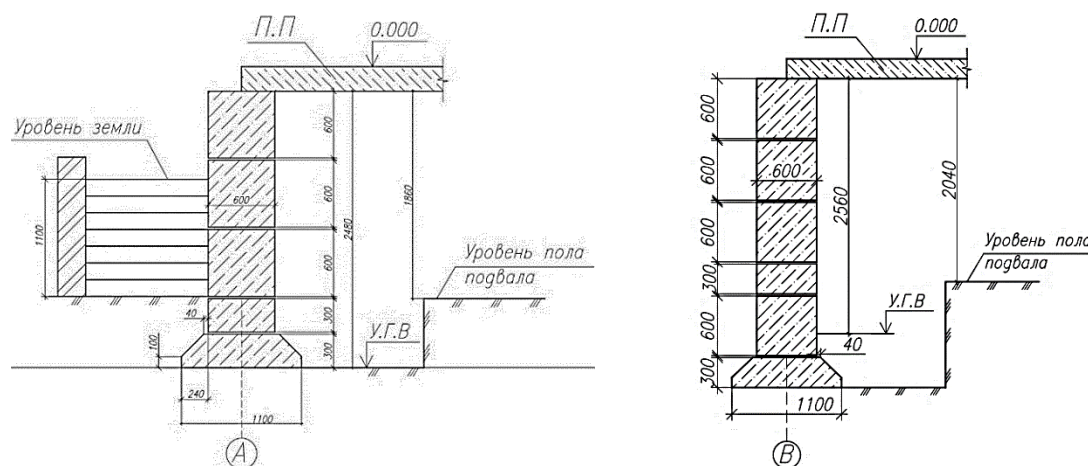


Рисунок 3. Конструктивный разрез ленточного фундамента с подвалом

Примечание – составлено авторами

На рисунке 4 представлен фрагмент плана подвального этажа здания, отражающий конфигурацию помещений, расположение наружных и внутренних несущих стен, перегородок, а также точки обследования фундаментов и грунтов основания. На схеме показано размещение помещений различного функционального назначения, конструктивных элементов здания и участков проведения визуальных и инструментальных наблюдений с привязкой к принятой координатной сетке.

Кроме того, на плане обозначены места устройства шурфов (шурфы № 1...№ 10), выбранные с учетом расположения наиболее нагруженных зон, участков сопряжения продольных и поперечных стен, а также зон с повышенной влажностью. Такое размещение точек обследования обеспечило получение репрезентативных данных о фактическом состоянии фундаментов и грунтов основания, а также позволило выявить взаимосвязь между характером деформаций, конструктивными особенностями здания и гидрогеологическими условиями площадки.

Дополнительно проводилась оценка влажностного режима подвальных помещений и грунтов основания, включая измерение относительной влажности воздуха и визуальную фиксацию зон увлажнения конструкций. Анализ данных позволил учесть влияние подтопления и изменения гидрогеологических условий на работу фундаментов и развитие неравномерных осадок.

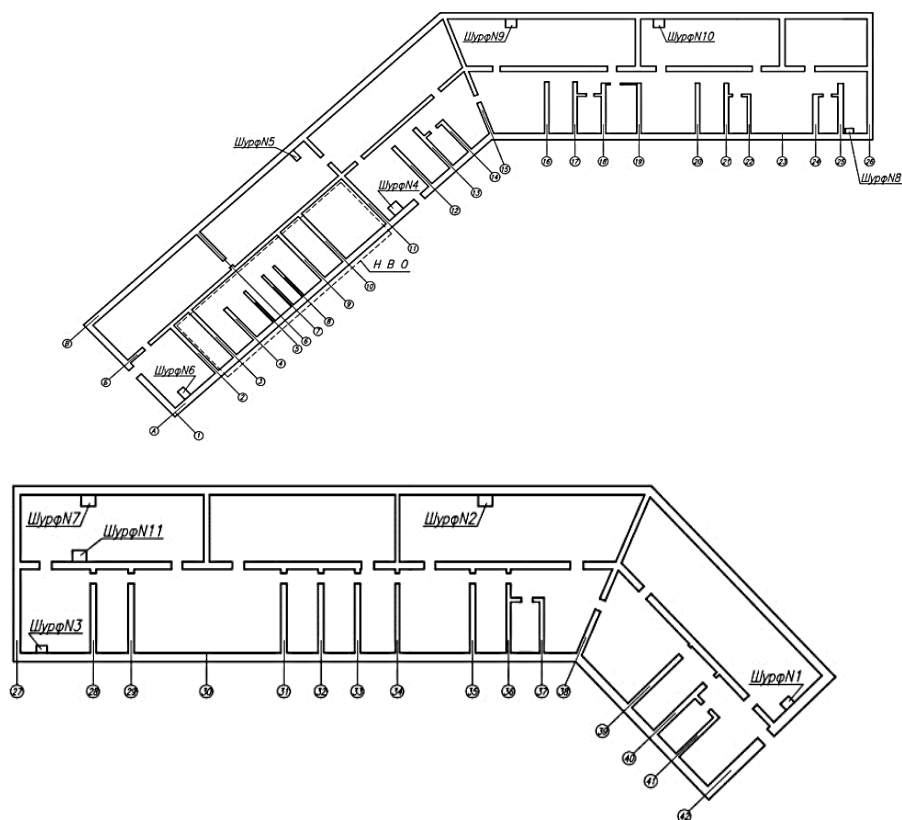


Рисунок 4. План подвального этажа здания с расположением шурфов и зон обследования

Примечание – составлено авторами

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ конструктивных решений, представленных на рисунках 3 и 4, показывает, что ленточный фундамент здания эксплуатируется в условиях близкого залегания уровня подземных вод и повышенной влажности грунтов основания, что оказывает существенное влияние на его напряженно-деформированное состояние и эксплуатационную надежность.

На рисунке 5 представлена расчетная схема распределения напряжений и деформаций в грунтовом массиве под подошвой ленточного фундамента, используемая при определении осадок методом послойного суммирования.

На схеме показаны глубина заложения фундамента, ширина подошвы, границы расчетных слоев, положение уровня подземных вод, а также распределение вертикальных напряжений σ_v по глубине основания. Обозначены дополнительные напряжения от внешней нагрузки, исходные напряжения в грунтовом массиве и их изменение в процессе нагружения.

Расчетная толща основания H_c разделена на отдельные слои h_i , в пределах которых принимаются постоянные деформационные характеристики грунта. Для каждого слоя определяется приращение напряжений и соответствующая относительная деформация, используемая при вычислении суммарной осадки.

Ленточный фундамент возводимого здания имеет глубину заложения $d = 2,6$ м, нагрузку, действующую по его обрезу $NOII = 600$ кН/м; предельная осадка по SP RK 5.01-102-2013 (2013) составляет $S_{пред} = 10$ см, заданная проектом величина расчетного сопротивления несущего слоя $R_{np} = 350$ кПа.

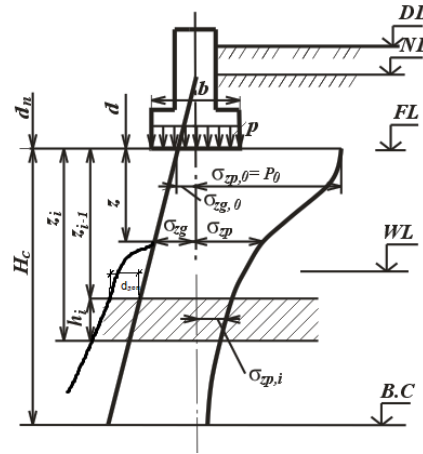


Рисунок 5. Расчетная схема распределения напряжений и деформаций в основании ленточного фундамента

Примечание – составлено авторами

В пределах исследуемой площадки с поверхности и на всю мощность залегает супесь. Для образца грунта, отобранного с глубины 2,6 м, были определены основные физико-механические характеристики и выполнены компрессионные испытания. Результаты лабораторных исследований представлены на рисунке 6.

Анализ компрессионных кривых показал, что модуль деформации супеси при естественной влажности составляет $E_{ест.}=11,8\text{МПа}$ тогда как после замачивания он снижается до $E_{вод.}=5,9\text{МПа}$, что свидетельствует о двукратном ухудшении деформационных свойств грунта при водонасыщении.

Для обоснования мероприятий по обеспечению надежной работы основания выполнен расчет необходимой мощности несущего слоя, сохраняющего естественную влажность, а также определена минимальная глубина водопонижения.

На рисунке 6 представлены компрессионные кривые грунта, полученные по результатам одометрических испытаний при естественной влажности (кривая 1) и при полном водонасыщении (кривая 2). Графики отражают зависимость коэффициента пористости e от величины вертикального напряжения σ_1 .

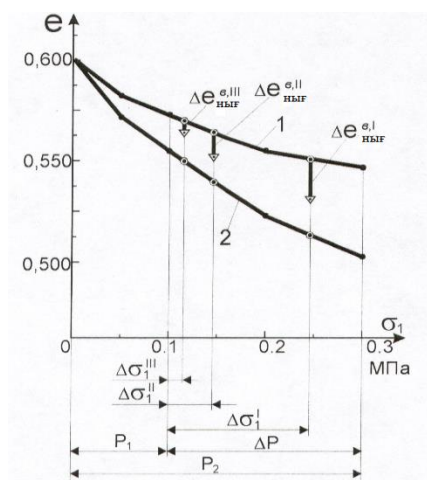


Рисунок 6. Компрессионные кривые грунта при естественной влажности и водонасыщении

Примечание – составлено авторами

Анализ представленных кривых показывает, что при увеличении нагрузки происходит уменьшение коэффициента пористости, сопровождающееся уплотнением грунта. При этом в условиях водонасыщения наблюдается более интенсивное развитие деформаций, что выражается в большем снижении значения e по сравнению с состоянием естественной влажности.

Разности значений коэффициента пористости Δe , соответствующие отдельным интервалам нагрузки, использовались при определении относительных деформаций слоев и расчете осадок методом послойного суммирования. Полученные зависимости послужили основой для оценки влияния водонасыщения на сжимаемость грунтов основания.

На первом этапе, принимая расчетное сопротивление основания равным проектному значению $R = R_{пр} = 350$ кПа, была определена расчетная ширина подошвы ленточного фундамента по формуле, с учетом среднего удельного веса грунта и материала фундамента $\gamma_{СПИ} = 20$ кН/м³.

$$b = \frac{N_{ош}}{R - \gamma_{СПИ} \cdot d} = \frac{600}{350 - 20 \cdot 2,6} = 2,0 \text{ м}.$$

Для наихудшего варианта работы основания, соответствующего полному водонасыщению грунтов, расчет выполнялся по компрессионной кривой 2 (рисунок 6), при значениях мощностей слоев: $h_I = 2,16 \text{ м}$, $h_{II} = 1,6 \text{ м}$, $h_{III} = 0,72 \text{ м}$:

Суммарная осадка составила:

$$S_{выч.}^{вод} = S_I^{вод} + S_{II}^{вод} + S_{III}^{вод} = 8,9 + 2,96 + 0,39 = 12,25 \text{ см}.$$

Полученное значение превышает предельно допустимую осадку: $S_{пред} = 10$ см. Следовательно, условие SN RK 5.01-02-2013 (2013) по ограничению осадок не выполняется, что свидетельствует о необходимости принятия мероприятий по повышению надежности основания.

Для оценки характера деформирования основания были определены относительные деформации расчетных слоев:

$$\varepsilon_I = \frac{S_I^{вод}}{h_I} = \frac{8,9}{216} = 0,0412; \varepsilon_{II} = \frac{S_{II}^{вод}}{h_{II}} = \frac{2,96}{160} = 0,0185; \varepsilon_{III} = \frac{S_{III}^{вод}}{h_{III}} = \frac{0,39}{72} = 0,0054$$

Наибольшая деформация наблюдается в верхнем слое грунта, что указывает на его определяющее влияние на общую осадку основания.

Величина превышения расчетной осадки над допустимой определялась по выражению:

$$S_{завыш.} = S_{выч.}^{вод} - S_{пред.} = 12,25 - 10 = 2,25 \text{ см}.$$

Полученное превышение подтверждает необходимость ограничения деформаций верхнего слоя грунта.

Допускаемая осадка первого слоя составила при h_I :

$$S_I^{треб} = S_I^{вод} - S_{завыш.} = 8,9 - 2,25 = 6,65 \text{ см}.$$

Тогда требуемая относительная деформация первого слоя будет равна:

$$\varepsilon_I^{треб} = \frac{S_I^{треб}}{h_I} = \frac{6,65}{216} = 0,0308.$$

Полученное значение использовалось при определении параметров несущего слоя. Для условий естественной влажности расчет выполнялся по компрессионной кривой 1 (рисунок 6).

$$S_{выч.}^{ест} = S_I^{ест} + S_{II}^{ест} + S_{III}^{ест} = 4,58 + 1,36 + 0,19 = 6,13 \text{ см}.$$

Относительная деформация первого слоя при естественной влажности:

$$\varepsilon_I^{ecm} = \frac{S_I^{ecm}}{h_I} = \frac{4,58}{216} = 0,021.$$

В данном случае условие по предельной осадке выполняется.

Необходимая мощность несущего слоя, сохраняющего естественную влажность, определялась по формуле:

$$h_{nc}^{ecm} = \frac{(\varepsilon_I^{вод} - \varepsilon^{треб})}{(\varepsilon_I^{вод} - \varepsilon_I^{ecm})} h_I = \frac{(0,0412 - 0,0308)}{(0,0412 - 0,021)} 216 = 111 \text{ см.}$$

Таким образом, минимальная мощность незамоченного несущего слоя составляет 1,11 м.

Минимальная глубина водопонижения определялась от поверхности земли по формуле:

$$h_{en}^{min} = d + h_{nc}^{ecm} = 2,6 + 1,11 = 3,71 \text{ м.}$$

Полученное в результате расчетов значение глубины водопонижения принимается в качестве исходного параметра при проектировании дренажных систем с учетом фактического изменения деформационных характеристик грунтов в условиях подтопления. Установлено, что при полном водонасыщении грунтов расчетная осадка фундамента превышает нормативное значение, установленное требованиями (SP RK 5.01-102-2013, 2013; SN RK 5.01-02-2013, 2013) тогда как при естественной влажности основание работает в допустимом деформационном режиме. Это свидетельствует о том, что традиционные нормативные подходы, основанные на использовании параметров грунтов в естественном состоянии, не всегда обеспечивают достоверную оценку условий работы основания в процессе эксплуатации (Utenov et al., 2017; Utenov, 2013).

Анализ распределения деформаций показал, что основная их часть формируется в верхнем слое грунта, находящемся в зоне влияния колебаний уровня подземных вод, что обуславливает его определяющую роль в формировании общей осадки (Chen et al., 2023; Li et al., 2026). На основе выполненных расчетов установлено, что минимальная мощность незамоченного несущего слоя должна составлять не менее 1,11 м, а минимальная глубина водопонижения не менее 3,71 м, что позволяет исключить водонасыщение расчетного слоя и обеспечить нормативную устойчивость основания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненного комплексного визуального, инструментального и расчетного обследования установлено, что техническое состояние исследуемого жилого здания формируется под значительным влиянием сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условий, характеризующихся близким залеганием уровня подземных вод и повышенной влажностью грунтов основания.

Анализ инженерно-геологических данных и результатов лабораторных испытаний показал, что супесчаные и суглинистые грунты основания обладают высокой чувствительностью к изменению влажностного режима. При водонасыщении модуль деформации грунта снижается более чем в два раза, что приводит к существенному увеличению сжимаемости и развитию неравномерных осадок фундаментов.

Установлено, что при полном водонасыщении грунтов расчетная осадка ленточного фундамента превышает предельно допустимые нормативные значения, что свидетельствует о неудовлетворительных условиях работы основания и необходимости применения инженерных мероприятий по его стабилизации.

Расчетная оценка напряженно-деформированного состояния основания показала, что основная часть деформаций формируется в верхнем слое грунта, расположенном в зоне сезонных колебаний уровня подземных вод, что определяет его решающую роль в формировании общей осадки фундамента.

Для обеспечения нормативной деформационной устойчивости основания определена минимальная мощность несущего слоя, сохраняющего естественную влажность, равная 1,11 м. Данный слой обеспечивает допустимый уровень осадок при эксплуатации здания.

На основе выполненных расчетов установлено, что минимальная глубина водопонижения должна составлять не менее 3,71 м от поверхности земли, что позволяет исключить водонасыщение расчетного несущего слоя и стабилизировать деформационные характеристики грунтов основания.

Выявленные дефекты и повреждения строительных конструкций находятся в причинно-следственной связи с подтоплением грунтов основания, нарушением условий эксплуатации здания и отсутствием эффективных мероприятий по водоотведению и гидроизоляции.

Примененная в работе комплексная методика обследования, основанная на сочетании визуальных, инструментальных и расчетных методов, показала высокую информативность и может быть рекомендована для оценки технического состояния зданий аналогичного конструктивного типа, эксплуатируемых в условиях сложных грунтов.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке проектных решений по устройству дренажных систем, усилению фундаментов, восстановлению гидроизоляции и организации мониторинга гидрогеологического режима в зоне застройки.

Реализация рекомендованных мероприятий позволит повысить эксплуатационную надежность зданий, снизить риск развития предаварийных и аварийных состояний и обеспечить безопасную долговременную эксплуатацию жилого фонда.

Дополнительно установлено, что развитие деформаций основания носит инженерно-геотехнический характер и определяется не столько величиной передаваемых нагрузок, сколько изменением напряженно-деформированного состояния грунтов при нарушении их естественного влажностного режима. Подтопление приводит к переходу грунтов основания из расчетного состояния, принятого при проектировании, в другое физическое состояние, сопровождающееся снижением их жесткости и ростом деформаций.

Показано, что традиционное использование деформационных характеристик грунтов при естественной влажности не обеспечивает достоверной оценки осадок фундаментов в условиях эксплуатации при повышенном уровне подземных вод. В связи с этим при обследовании и расчетной оценке существующих зданий в зонах подтопления целесообразно учитывать фактические значения модулей деформации при водонасыщении, определяемые лабораторными и полевыми методами.

Установлено, что верхняя часть грунтового массива в пределах глубины сезонного и техногенного колебания уровня подземных вод является определяющим деформационно-активным слоем, формирующим основную долю осадки ленточных фундаментов. Данное обстоятельство указывает на необходимость приоритетной стабилизации именно этого слоя при разработке инженерных мероприятий.

Расчётами подтверждено, что обеспечение нормативной работы основания возможно не только за счёт усиления фундаментов, но и за счёт регулирования гидрогеологического режима, направленного на сохранение несущего слоя в состоянии естественной влажности. В этом контексте мероприятия по водопонижению и дренажу следует рассматривать как равнозначную альтернативу конструктивному усилению, а в ряде случаев – как более эффективное и экономически обоснованное решение.



Полученные результаты свидетельствуют о необходимости перехода от статической оценки основания к эксплуатационно-ориентированному геотехническому анализу, учитывающему возможную трансформацию свойств грунтов во времени. Такой подход позволяет повысить достоверность прогноза деформаций и обоснованность проектных решений при обследовании и реконструкции зданий, эксплуатируемых в условиях подтопления.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Исследование не получало внешнего финансирования.

ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ОДОБРЕНИИ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫМ ЭТИЧЕСКИМ КОМИТЕТОМ (IRB): Не применимо.

ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ИНФОРМИРОВАННОМ СОГЛАСИИ: Не применимо.

ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ: Данные, подтверждающие результаты данного технического исследования, могут быть предоставлены соответствующим автором по обоснованному запросу.

БЛАГОДАРНОСТИ: Авторы выражают благодарность коллегам за методологическую поддержку и полезные обсуждения, а также анонимным рецензентам за ценные замечания, способствовавшие улучшению качества статьи.

УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: При подготовке рукописи использовалась платформа ChatGPT, разработанная OpenAI, для языковой и стилистической редакции текста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Alnmr, A., & Ray, R. (2024). Investigating the impact of varying sand content on the physical characteristics of expansive clay soils from Syria. *Geotechnical and Geological Engineering*, 42(4), 2675–2691. <https://doi.org/10.1007/s10706-023-02698-w>
- Chen, X., Gao, X., Li, H., Xue, M., Gan, X., & Song, Y. (2023). Model test analysis of groundwater level fluctuations on karst cover deformation taking the monolithic structure of Guilin as an example. *Applied Sciences*, 13(3), 1747. <https://doi.org/10.3390/app13031747>
- Chou, W.-Y., & Hung, S.-H. (2021). Cumulative frequency of nature dose: How continuous and regular forest walking improves nature relatedness, restorativeness, and learning engagement in college students. *Sustainability*, 13(20), 11370. <https://doi.org/10.3390/su132011370>
- Dastpak, P., Sousa, R. L., & Dias, D. (2023). Soil erosion due to defective pipes: A hidden hazard beneath our feet. *Sustainability*, 15(11), 8931. <https://doi.org/10.3390/su15118931>
- Florkowska, L., Bryt-Nitarska, I., Pilecka, E., & Białasek, K. (2026). Natural and anthropogenic risk factors of discontinuous ground deformations: A conceptual framework for hazard analysis: Part I—Predisposing conditions. *Applied Sciences*, 16(2), 708. <https://doi.org/10.3390/app-16020708>
- Ge, C., Yang, M., Li, P., Zhang, M., & Zhang, Z. (2024). Performance and environmental impacts of deep foundation excavation in soft soils: A field and modeling-based case study in Nanjing, China. *Underground Space*, 18, 218–238. <https://doi.org/10.1016/j.undsp.2024.01.002>
- Li, H., Gu, M., Zhang, M., Ma, B., Zhu, X., Gu, L., et al. (2025). Research on the influence of groundwater level dynamic rising process on buildings based on numerical simulation. *Water*, 17(20), 3014. <https://doi.org/10.3390/w17203014>
- Li, X., Zhu, L., Wang, H., Gong, H., & Li, X. (2026). Impact of deformation response patterns to groundwater level: A post water division project operation in Beijing Plain. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 64, 103154. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2026.103154>
- Lollino, G., Giordan, D., Thuro, K., Carranza-Torres, C., Wu, F., Marinis, P., et al. (Eds.). (2015).

- Engineering geology for society and territory: Volume 6. Applied geology for major engineering projects. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-09060-3>
- Patrício, J. D., Gusmão, A. D., Ferreira, S. R. M., Silva, F. A. N., Kafshgarkolaei, H. J., Azevedo, A. C., et al. (2024). Settlement analysis of concrete-walled buildings using soil–structure interactions and finite element modeling. *Buildings*, 14(3), 746. <https://doi.org/10.3390/buildings14030746>
- Saliba, J., Al-Shaar, W., & Delage, M. (2025). Comparison of field and laboratory tests for soil suitability assessment in raw earth construction. *Applied Sciences*, 15(4), 1932. <https://doi.org/10.3390/app15041932>
- Sarzhanov, N., & Schurch, T. (2023). Rethinking Soviet era mass housing in Kazakhstan. *Spatium*, 49, 42–50. <https://doi.org/10.2298/SPAT221002001S>
- Semko, O., Vynnykov, Y., Filonenko, O., Yurin, O., Ilchenko, T., Hranko, O., et al. (2025). To the issue of assessment of the technical condition of underground structures of buildings. *Sustainability*, 17(5), 2264. <https://doi.org/10.3390/su17052264>
- СН РК 5.01-02-2013. Основания зданий и сооружений [SN RK 5.01-02-2013. Foundations of buildings and structures]. (2013). // SN RK 5.01-02-2013. Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy [Foundations of buildings and structures]. (In Russ.)
- СП РК 5.01-102-2013. Основания зданий и сооружений [SP RK 5.01-102-2013. Foundations of buildings and structures]. (2013). // SP RK 5.01-102-2013. Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy [Foundations of buildings and structures]. (In Russ.)
- Tažiková, A., Struková, Z., & Kozlovská, M. (2023). An analysis of real site operation time in construction of residential buildings in Slovakia. *Sustainability*, 15(2), 1529. <https://doi.org/10.3390/su15021529>
- Утепов, Е. С. (2013). Расчет фундаментов реконструируемых зданий // Utenov, E. S. Raschet fundamentov rekonstruiruemyykh zdaniy [Calculation of foundations of reconstructed buildings]. Publishing House of KSTU. (In Russ.)
- Utenov, E. S., Zhusupbekov, A. Zh., Sotnikov, S. N., Mukhamedzhanova, A. T., & Kaldanova, B. O. (2017). Interaction analysis of adjacent foundations of renovated buildings. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 54(1), 17–23. <https://doi.org/10.1007/s11204-017-9427-7>
- Vitorio Junior, P. C., Yepes, V., Onetta, F., & Kripka, M. (2025). Comparative life cycle assessment of warehouse construction systems under distinct end-of-life scenarios. *Buildings*, 15(9), 1445. <https://doi.org/10.3390/buildings15091445>
- Wang, C., Liu, R., Wang, X., Ping, B., Qian, H., Li, X., et al. (2025). Review of the research on the impact resistance mechanical performance of prestressed segmental precast and assembled piers. *Structural Durability & Health Monitoring*, 19(4), 819–850. <https://doi.org/10.32604/sdhm.2025.060580>
- Wang, C., Yang, W., Zhang, N., Wang, S., Ma, C., Wang, M., et al. (2024). Effect of moisture content and wet–dry cycles on the strength properties of unsaturated clayey sand. *Buildings*, 14(5), 1375. <https://doi.org/10.3390/buildings14051375>
- Zhang, W., Wang, X., Yang, Q., Li, S., & Chen, W. (2025). Identification of key risk factors in mechanical cross passage construction based on the decision-making test and evaluation test method and the interpretation structure model. *Buildings*, 15(3), 394. <https://doi.org/10.3390/buildings15030394>



Авторлар туралы мәліметтер
Информация об авторах
Information about authors



Токанов Данияр Токанович – техника ғалымдарының кандидаты, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды Техникалық Университеті, Қарағанды қ., Қазақстан

Токанов Данияр Токанович – кандидат технических наук, Карагандинский Технический Университет имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан

Tokanov Daniyar Tokanovich – Candidate of Technical Sciences, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

e-mail: tokanov-daniyar@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5811-3639>



Оразалы Ербол Ермекович – техника ғалымдарының кандидаты, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды Техникалық Университеті, Қарағанды қ., Қазақстан

Оразалы Ербол Ермекович – кандидат технических наук, Карагандинский Технический Университет имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан

Orazaly Yerbol Yermekovich – Candidate of Technical Sciences, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

e-mail: eorazaly@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2880-4134>



Мухамеджанова Асель Толеубековна – PhD, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды Техникалық Университеті, Қарағанды қ., Қазақстан

Мухамеджанова Асель Толеубековна – PhD, Карагандинский Технический Университет имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан

Mukhamejanova Assel Toleubekovna – PhD, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

e-mail: assel.84@list.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5084-2527>