

УДК 624.131

Рышковой А.Д.<sup>1</sup>

## Основные проблемы строительства зданий и сооружений в Молдове на грунтах II типа по просадочности

### Abstract

*In the article there are analysed: the causes of deformation of buildings located on subsidence ground in Moldova; methods of preparation of the base; types of foundations used. It is justified the necessity of complete elimination of subsidence properties during construction on the sites with the second type of subsidence ground.*

**Key words:** *subsidence ground, deformation of buildings, anti-subsidence measures, deep compaction.*

### Rezumat

*În articol sunt analizate următoarele aspecte: cauzele deformațiilor clădirilor edificate pe terenurile tasabile din R. Moldova; metodele de pregătire a terenurilor de fundare; tipurile de fundații utilizate. Este prezentată justificarea necesității înlăturării complete a proprietăților de tasare la edificarea construcțiilor pe terenuri de tipul II de tasabilitate.*

**Key words:** *terenurile tasabile, deformațiile clădirilor, metodele de înlăturare a tasabilității, compactarea de adâncime.*

### Резюме

*В статье проанализированы: причины деформации зданий, размещенных на просадочных грунтах в Молдове; методы подготовки основания; используемые виды фундаментов. Обоснована необходимость полного устранения просадочных свойств при строительстве на площадках II-го типа условий по просадочности.*

**Ключевые слова:** *просадочные грунты, деформации зданий, противопросадочные мероприятия, глубинное уплотнение.*

### Введение

Принципы проектирования и строительства на просадочных грунтах с применением водозащитных и конструктивных мероприятий, а также различных способов устранения просадочных свойств, являются основой нормативных документов в Молдове и во многих других странах.

Основанные на теории просадки Ю.М. Абелева [1], в целом эти принципы обеспечивают надлежащую эксплуатационную пригодность зданий и сооружений; строительство стало возможным на любой по мощности толще макропористых просадочных грунтов. Однако имеется ряд случаев неудовлетворительной работы оснований фундаментов, повлекших за собой серьезные последствия, в том числе и разрушения.

---

<sup>1</sup> Технический Университет Молдовы

Поэтому выбор правильных конструктивных решений при проектировании и строительстве зданий, размещенных на просадочных грунтах, по-прежнему является сложной задачей, требующей своего разрешения.

### **Анализ причин деформаций оснований фундаментов зданий, размещенных на просадочных грунтах**

В Молдове дополнительным деформациям, вызванным в основном замачиванием лессовых пород, были подвержены десятки зданий и сооружений, в том числе: жилые дома по улице Тираспольской (с. Бычок); жилой дом по улице Ленинградской (г. Тигина); 9-ти этажные секционные жилые дома по улице Богдан Воевод и проспекту Москова; 5-ти этажные жилые дома по улицам 31 августа и Студенческая; здание школы по улице Кодряну; 2-х этажный жилой дом по улице Теодорович мун. Кишинэу.

Неравномерные деформации приводили к раскрытию трещин и сопровождалась длительной осадкой (более 5 лет), после чего ситуация стабилизировалась и здания после проведенного ремонта продолжали эксплуатировать.

Однако в большинстве случаев после нарушения условий эксплуатации требовалось принятие дополнительных мер.

В частности, в 2009 г. был отмечен случай неравномерных деформаций 3-х этажного здания по ул. Дойна в мун. Кишинэу.

Анализ полученных результатов определения физико-механических свойств исследуемых грунтов показал, что основанием фундаментов здания служат грунты, обладающие различными прочностными и деформационными свойствами (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики физико-механических свойств грунтов основания фундаментов здания по ул. Дойна, мун. Кишинэу

№ шурф-скважины	Наименование грунта	Показатель текучести $I_L$ , доли ед.	Прочность грунта $S$ , кПа	Модуль деформации $E$ , МПа	Расчетное сопротивление $R$ , кПа
1	Суглинок туго- и мягкопластичный	0,46	63	14	227
2	Суглинок тугопластичный	0,29	75	19	285
3	Суглинок полутвердый	0,12	87	20	354

Проведенные обследования и расчеты показали, что основной причиной появления трещин в несущих стенах явилось замачивание просадочных грунтов основания в левом крыле здания. В результате замачивания произошло снижение прочностных и деформационных характеристик грунтов и, как следствие, расчетного сопротивления. Это привело к увеличению зон локальных сдвигов и развитию неравномерных осадок фундаментов.

Причины деформации основных несущих конструкций 2-х этажного жилого дома по ул. Дойна ши Ион Алдя-Теодорович, мун. Кишинэу, также были связаны с замачиванием просадочных грунтов.

В геоморфологическом отношении площадка приурочена к водораздельной части правого берега р. Бык. Абсолютные отметки поверхности изменяются в пределах 108,0-111,0 м.

До глубины 10 м в строении толщи принимают участие четвертичные аллювиально-делювиальные суглинки и супеси: суглинки – до 7,7 м, супеси – до 10,0 м. Подземные воды вскрыты на глубине 9,3 м. Тип грунтовых условий по просадочности – II-ой. Максимальные значения относительной просадочности приурочены к верхней части толщи (до 4,5 м).

В период эксплуатации жилого дома грунты основания неоднократно испытали замачивание вследствие утечек из коммуникаций. Расчеты показали, что расчетное сопротивление в условиях полного водонасыщения уменьшилась в 2,8 раза (до 86,2 кПа), а значение просадки фундаментов оказалось равным 49 см. Относительная деформация составила 0,04, что значительно превосходит предельно допустимые значения (0,002).

На основе выполненных рекогносцировочных работ, изучения и анализа фондовых материалов и проведенных расчетов было установлено, что причиной изменения в напряженно-деформированном состоянии конструкций явилось неоднократное замачивание просадочных грунтов основания за счет утечек воды из коммуникаций и инфильтрации атмосферных осадков в условиях нарушения режима эксплуатации здания.

Приведенные примеры характеризуют поведение оснований и фундаментов зданий, построенных в период 50-60-х гг. XX века, когда основы расчета и проектирования фундаментов на лессовых грунтах находились на стадии становления.

В то же время в республике имели место деформации зданий, построенных в период 70-80-х гг. XX века, испытавших неравномерную просадку, даже после осуществления комплекса противопросадочных мероприятий. В качестве примера можно привести случай деформации 9-ти этажного жилого дома по ул. Богдан-Водэ, мун. Кишинэу.

Анализ геологического строения показал, что мощность лессовой толщи в основании здания достигает 19,5 м; грунты обладают просадочными свойствами до глубины 12-14 м. Подстилающими отложениями служат сарматские глины; тип грунтовых условий по просадочности – II-ый.

9-ти этажный жилой дом серии 135 состоит из семи секций, разделенных между собой деформационными швами шириной 30 см. Фундаменты ленточные. Основным противопросадочным мероприятием явилось создание грунтовой подушки мощностью 1,5 м из местных суглинков. В 1978 г. произошло замачивание толщи в результате аварийных утечек. Вследствие фильтрации воды в грунты основания произошла неравномерная осадка двух отсеков. Это привело к наклону отдельных секций дома на 18-20 см. Некоторые секции сомкнулись на уровне парапетов.

В результате длительной фильтрации воды влажность грунтов в пределах зоны замачивания увеличилась от 11-15% до 19-23%. Максимальная глубина увлажнения составила 12-14 м. Консистенция грунтов изменилась от твердой и полутвердой до туго- и мягкопластичной.

Для устранения крена здания и стабилизации осадки было применено регулируемое замачивание грунтов в основании, которое осуществлялось более

года. Осадки были полностью стабилизированы, однако крен отдельных секций устранить не удалось из-за неоднородности грунтов основания. Осадки здания в результате регулируемого замачивания основания достигли 45-55 см.

В настоящее время здание продолжает эксплуатироваться. По мнению автора, с учетом того факта, что достигнутые осадки вдвое превышают предельно допустимые значения, для безопасной эксплуатации здания должен быть организован мониторинг поведения фундаментов и основных несущих конструкций.

Более значительной по своим негативным последствиям оказалась неравномерная деформация грунтов в основании фундаментной плиты второго корпуса жилого дома по ул. Думенюк, мун. Кишинэу. В июне 2010 г. в осях 7-12 были отмечены неравномерные деформации. Осадка в углах здания составила: по осям 12-В – 94 мм; 12-Д – 110 мм. Подъем основания в углу здания по оси 7 достиг 55 мм.

Анализ проектной документации и проведенное обследование здания показали, что фундамент выполнен в виде монолитной железобетонной плиты. Основанием служит грунтовая подушка, отсыпанная из суглинка, толщиной 4,9 м.

В ходе исследований физико-механических показателей свойств грунтов было выявлено снижение плотности грунтовой подушки, в первую очередь – ее верхней части, до глубины 2,5-3,0 м. Основной причиной изменения характеристик грунтовой подушки явилось дополнительное увлажнение в период выпадения осадков и снеготаяния.

В результате последующих расчетов установлено, что развитие неравномерных деформаций здания было обусловлено следующими причинами:

1. Уменьшением деформационных характеристик грунтов основания в результате дополнительного увлажнения. Согласно табл. 86 [2, с.241], модуль деформации уплотненного грунта ( $E$ ) при природной влажности составляет  $E = 25000$  кПа; в водонасыщенном состоянии  $E = 20000$  кПа. Однако в случае разуплотнения в условиях полного водонасыщения модуль деформации может снижаться до минимальных значений. Согласно табл. 1.2 [3, с. 11],  $E = 4000$  кПа (уменьшение более чем в 5 раз по сравнению с исходными значениями).

2. Уменьшением прочностных характеристик грунтов. Расчетное сопротивление грунта  $R_0$ , согласно табл. 48 [2, с.107], для суглинков при плотности сухого грунта  $1,7$  г/см<sup>3</sup> составляет 300 кПа. Это значение принималось при расчете фундаментной плиты. Однако в условиях разуплотнения и дополнительного увлажнения, в соответствии с табл. 1.9 [3, с. 26], значение расчетного сопротивления грунта может снижаться до 140-150 кПа.

При проектировании фундаментной плиты общий вес здания, принятый для расчета, составил  $N = 9204$  т; площадь плиты  $A = 434$  м<sup>2</sup>; среднее давление по подошве  $P_{cp.} = 212$  кПа. Максимальная нагрузка на плиту в условиях неравномерного нагружения достигает значений  $P_{max} = 250$  кПа.

Это означает, что в условиях дополнительного увлажнения грунтов верхней части грунтовой подушки на глубине 2,5-3,0 м под краями фундаментной плиты среднее давление превысило расчетное сопротивление грунта основания. Другими словами, под краями фундаментной плиты появились области дополнительных чрезмерных пластических деформаций в условиях  $P > R$ .

Требование п. 2.174 [2, с.99] не выполняется.

3. Проявлением дополнительных просадочных деформаций основания. Согласно принятому проектному решению, грунтовая подушка размещена на 70

суглинках, обладающих просадочными свойствами. Просадка от собственного веса нижней неуплотненной толщи составляет 1,35 см. Это означает, что в условиях дополнительного замачивания просадочные деформации только от природных давлений могут превысить как минимум 1,35 см.

Особо следует отметить, что наблюдаемые деформации носят неравномерный характер в силу различной степени замачивания грунтов основания и исходного состояния плотности-влажности грунта.

Сказанное подтверждается данными геодезических наблюдений: относительная деформация по оси 12 в осях В-Д составила 0,001, что меньше предельно допустимой; относительная деформация по створу в осях 7-12-Д составила 0,0056, что в 1,4 раза превышает предельно допустимые значения табл. 72 [2, с. 167].

Имевшие место деформации привели к остановке строительства здания.

### **Методологические основы, определяющие необходимость и способы устранения просадочных свойств грунтов при строительстве в Молдове**

Повышение эффективности и надежности строительства фундаментов зданий и сооружений в значительной степени зависит от правильной оценки несущей способности грунтовых оснований. В то же время, вопрос обеспечения прочности и устойчивости зданий и сооружений, конструкции которых чувствительны к неравномерным осадкам, возводимых и эксплуатируемых в условиях распространения лессовидных просадочных грунтов, по-прежнему остается серьезной проблемой. Характерным свойством достаточно прочных в естественном сложении лессовидных грунтов является то, что возведенное при обычном производстве работ здание оказывается прочным и устойчивым лишь временно – до случайного замачивания грунтов в основании. Просадки основания при замачивании грунта могут быть более одного метра, здание при этом подвергается опасности полного разрушения.

Весьма показателен случай неравномерных деформаций в здании жилого дома в г. Ростов-на-Дону [4]. Жилой дом выполнен из монолитного железобетона в 1981 г. Состоит из 16 этажей с подвалом. Фундамент здания – плитный, железобетонный. Конструктивная схема: продольные и поперечные несущие стены. Основания фундаментов – просадочные грунты II-го типа.

Нарушения условий эксплуатации привели к изменению геометрического положения здания в пространстве. Общий крен составил порядка 60см. Осадки фундаментной плиты проявились неравномерно: максимальное значение достигло 42,2 см; минимальное – 4,0 см. Относительная деформация оказалась равной 0,012. Предельно допустимые значения были превышены почти в 2,5 раза. Здание признано аварийным.

С учетом того, что лессовые грунты покрывают существенную часть территории республики и находятся в зоне интенсивного промышленного, гражданского и сельскохозяйственного строительства, возведение и эксплуатация зданий и сооружений в значительной степени зависят от правильной оценки инженерно-геологических условий и выбранного проектного решения.

Ранее было отмечено, что строительство на просадочных грунтах в республике в целом осуществляется успешно. Однако имелся ряд случаев, когда наблюдались

недопустимые деформации зданий и сооружений. Причина такого положения кроется не только в специфических свойствах лессовых грунтов в целом, но и в региональных особенностях. Недооценка существующих природных условий приводит к удорожанию строительства и к значительным затратам, связанным с ликвидацией последствий аварий.

Принципы возведения зданий и сооружений на просадочных грунтах в Молдове в период 1950-2017 гг. приведены на рис. 1.

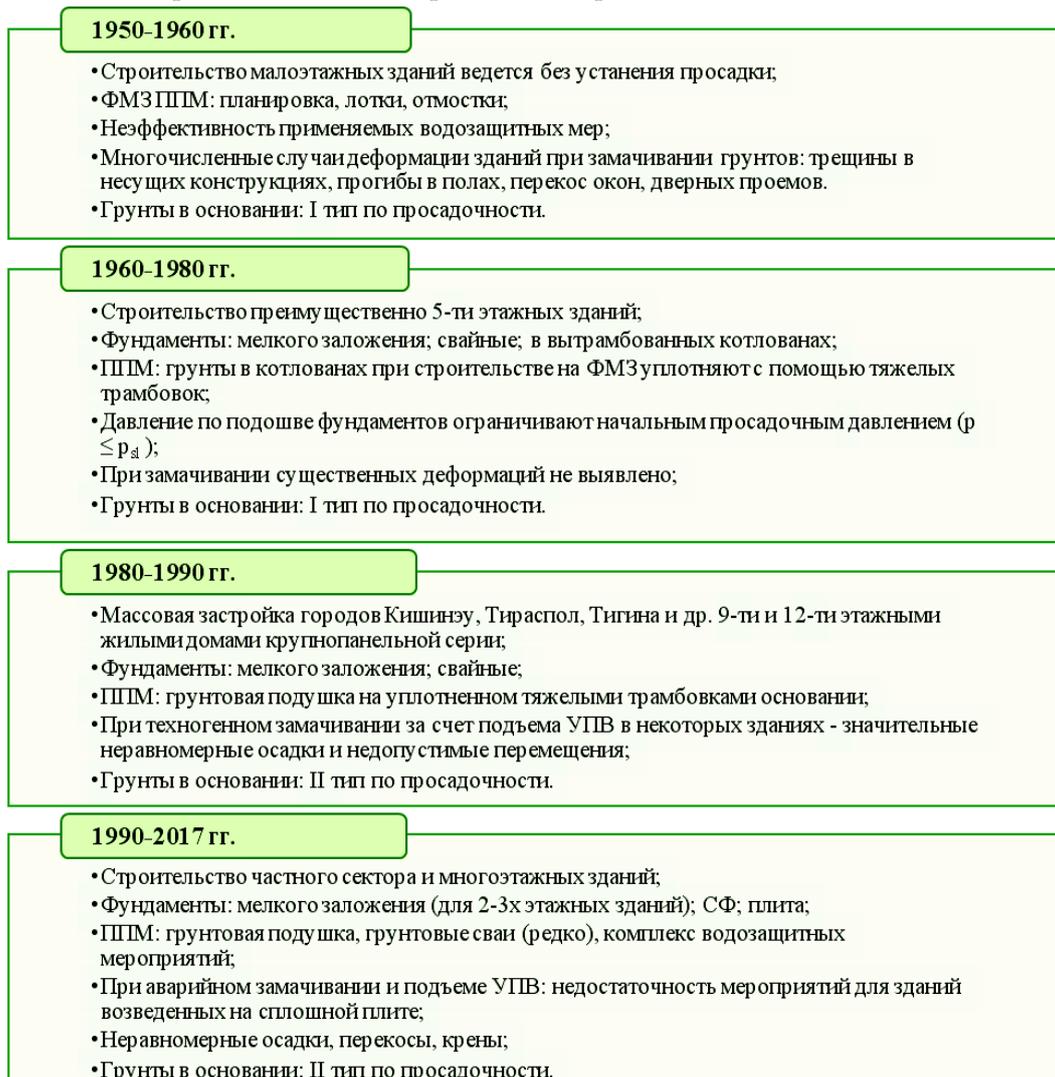


Рис. 1. Возведение зданий и сооружений на просадочных грунтах в Молдове

*Примечание:*

*ФМЗ – фундаменты мелкого заложения; СФ – свайные фундаменты;*

*ППМ – противопросадочные мероприятия; УПВ – уровень подземных вод.*

Одной из особенностей инженерно-геологических условий Молдовы является то, что просадочная толща часто залегает на сарматских глинах значительной мощности. В условиях урбанизации территории это обстоятельство привело к резкому подъему УПВ.

На отдельных участках повышение достигло 10-15 м [5]. В результате этого произошло замачивание нижних уплотненных грунтов, часто составляющих активную зону под подошвой фундаментов. Как следствие, некоторые здания и сооружения претерпели серьезные деформации.

Такие деформации имели место и в рассмотренном выше случае строительства жилого дома по ул. Думенюк, мун. Кишинэу.

Случай развития неравномерных деформаций данного строящегося здания показал, что устройство грунтовой подушки и ликвидация просадочных свойств грунтов в верхней и средней части толщи в пределах глубины 5,0 м от подошвы фундаментной плиты не обеспечило надежную работу основания.

Этот случай и другие примеры свидетельствуют о том, что теории и практике проектирования и строительства на просадочных грунтах II-го типа должно по-прежнему отводиться особое место.

Не случайно, в связи с этим, что в последние несколько лет отмечена тенденция поиска новых подходов к изучению свойств просадочных грунтов и разработки методов подготовки оснований [6-9].

В частности, автор настоящей статьи предлагает использовать усовершенствованный метод глубинного уплотнения, основанный на применении RG-установки [10].

Метод впервые был применен при строительстве комплекса жилых домов по ул. Тесцемициану, мун. Кишинэу. Проведенными полевыми и лабораторными исследованиями установлено, что просадочные свойства грунтов в пределах образованного грунто-свайного массива устраняются полностью. Характеристики физико-механических свойств увеличиваются в 2-5 раз.

Исследования в этом направлении предполагается продолжить на площадках с различным геологическим строением.

Необходимость изучения просадочности грунтов региона, помимо чисто строительных задач, тесно связана с обеспечением экологической безопасности. Например, в южных районах республики планируемое строительство орошаемого комплекса предполагает решение многих проблем, сопутствующих возведению объектов гидромелиорации на структурно-неустойчивых грунтах.

### **Выводы**

1. Рассмотренные случаи строительства на лессовых грунтах в мун. Кишинэу показывают, что применяемые конструктивные решения в ряде случаев не позволяют избежать недопустимых деформаций оснований фундаментов, а также зданий и сооружений в целом.

2. Применяемые для устранения просадки II-го типа грунтовые подушки толщиной более 3,0-3,5 м (иногда до 5,0 м) не могут гарантировать надежную работу фундаментов.

Усугубляет ситуацию низкое качество работ, часто наблюдающееся при подготовке оснований на лессовых грунтах, а также неэффективная защита от замачивания грунтов основания.

3. Отмеченные случаи деформации жилых домов, построенных и строящихся на грунтах II-го типа по просадочности, свидетельствуют о необходимости учета

региональных условий – их формирования и присущих этим грунтам физико-механических свойств.

Вышесказанное определяет необходимость разработки и применения новых противоопасочных мероприятий, с целью полного исключения нежелательных явлений и самой возможности проявления дополнительных осадок (просадок).

### Литература

1. Абелев Ю.М., Абелев М.Ю. Основы проектирования и строительства на просадочных макропористых грунтах. 3-е изд. перераб. и доп. Москва: Стройиздат, 1979. 271 с.
2. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) / НИИОСП им. Герсеванова. Москва: Стройиздат, 1986. 415 с.
3. Полканов В.Н. Фундаменты на просадочных грунтах. Основы проектирования и технология подготовки оснований: Учебное пособие / В.Н. Полканов, А.С. Диденкул, В.И. Топорец/. Кишинэу: ТУМ, 2010. 94 с.
4. Панасюк Л.Н. Моделирование работы сооружений с учетом проявления неравномерных деформаций в основании /Л.Н. Панасюк, Э.А. Таржиманов, Чантха Хо./ В: Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2011, № 4, С. 306-311. <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/591>, дата посещения – февраль, 2018.
5. Гончаров В.С., Олянский Ю.И. Влияние пассивных факторов подтопления на подъем уровня грунтовых вод на территории г. Кишинева. В: Сб. ВИНТИ. 1983. – № 6.
6. Богомолов А.Н. Изменение состава и свойств лессовых просадочных пород при замачивании и фильтрации воды /А.Н. Богомолов, Ю.И. Олянский, С.И. Шиян и др. В: Вестник Волгоградского ГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. – 2012. Вып. 26(45). С. 16-25.
7. Диденкул А.С., Куку О.С. Специальные технологии в строительстве. – Кишинэу: ТУМ, 2013. 187 с.
8. Кузнецова С.В. Просадочные и послеопасочные деформации лессовых оснований при фильтрации воды / С.В. Кузнецова, Ю.Л. Беляева и др./ В: Интернет-вестник Волг ГАСУ. Серия: Политематическая, 2013. Вып. 1(25). С. 7. [www.vestnik.vgasu.ru](http://www.vestnik.vgasu.ru), дата посещения – февраль, 2018.
9. Олянский Ю.И., Богомолов А.Н. Опыт прогноза подтопления лессовых территорий /Ю.И. Олянский, А.Н. Богомолов С.А. Чарькова и др./ В: Проблемы снижения природных опасностей и рисков: материалы Международной научно-практической конференции “Геориск-2012”. В 2-х т. Т. 1. Москва: РУДН, 2012. С. 37-43.
10. Рышковой А.Д. Применение новых технологий для устранения просадочных свойств грунтов основания. В: Международная конференция „Окружающая среда и устойчивое развитие”, 3-ий выпуск, посвященная 80-летию со дня рождения профессора, док. хаб. А. Лунгу (06-08 октября 2016). Кишинев: ГУ Тирасполь, 2016. С. 57-60.

*Primit la redacție – 28/02/2018*