

Богомолов А.Н., Олянский Ю.И., Щекочихина Е.В., Кузьменко И.Ю., Мозгунов М.Д., Чарыков Д.А. Особенности возведения зданий и сооружений на лессовых основаниях в Молдавии // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8, № 1. – С. 53–59. DOI: 10.15593/2224-9826/2017.1.04

Bogomolov A.N., Olyanskii Yu.I., Shchekochikhina E.V., Kuz'menko I.Yu., Mozgunov M.D., Charykov D.A. Features of constructing loess-based buildings and structures in Moldova. *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Construction and Architecture*. 2017. Vol. 8, no. 1. Pp. 53-59. DOI: 10.15593/2224-9826/2017.1.04



**ВЕСТНИК ПНИПУ.  
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА  
Т. 8, № 1, 2017  
PNRPU BULLETIN.  
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**  
<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2017.1.04

УДК 624.131.23

## **ОСОБЕННОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ЛЕССОВЫХ ОСНОВАНИЯХ В МОЛДАВИИ**

**А.Н. Богомолов<sup>1</sup>, Ю.И. Олянский<sup>1</sup>, Е.В. Щекочихина<sup>1</sup>,  
И.Ю. Кузьменко<sup>2</sup>, М.Д. Мозгунов<sup>1</sup>, Д.А. Чарыков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

<sup>2</sup>ООО «Гипросинтез», Волгоград, Россия

### О СТАТЬЕ

Получена: 12 декабря 2016  
Принята: 30 декабря 2016  
Опубликована: 30 марта 2017

#### *Ключевые слова:*

просадочность, начальные просадочные давления, тип условий по просадочности, подготовка лессовых оснований, поверхностное уплотнение, глубинное уплотнение, противопросадочные мероприятия, грунтонабивные сваи, просадка оснований

### АННОТАЦИЯ

Лессовые грунты широко распространены на территории Молдавии и часто служат основанием для зданий и инженерных сооружений. На лессовых толщах I типа грунтовых условий по просадочности строительство в настоящее время уже не является сложной инженерной проблемой. Однако на территории Молдавии часто встречаются лессовые толщи II типа условий по просадочности с просадкой толщи до 0,5 м и более. Возведение сооружений на таких основаниях все еще является достаточно сложной проблемой, требующей для своего решения повышенных трудовых и материальных затрат. В данной работе проанализированы методы подготовки оснований для строительства на лессовых грунтах региона различных типов и условий по просадочности. Выявлены наиболее эффективные методы подготовки оснований и борьбы с просадочностью для данного региона при жилищном строительстве.

© ПНИПУ

© **Богомолов Александр Николаевич** – доктор технических наук, профессор, e-mail: banzaritcyn@mail.ru.  
**Олянский Юрий Иванович** – доктор геолого-минералогических наук, профессор, e-mail: olyansk@list.ru.  
**Щекочихина Евгения Викторовна** – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, e-mail: evg-schek@yandex.ru.  
**Кузьменко Ирина Юрьевна** – инженер, e-mail: ikuzmenk@rambler.ru.  
**Мозгунов Максим Дмитриевич** – магистр, e-mail: olyansk@list.ru.  
**Чарыков Денис Анатольевич** – аспирант, e-mail: olyansk@list.ru.

**Aleksandr N. Bogomolov** – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: banzaritcyn@mail.ru.  
**Iurii I. Olyanskii** – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, e-mail: olyansk@list.ru.  
**Evgeniia V. Shchekochikhina** – Ph.D. in Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, e-mail: evg-schek@yandex.ru.  
**Irina Iu. Kuz'menko** – Engineer, e-mail: ikuzmenk@rambler.ru.  
**Maksim D. Mozgunov** – Master, e-mail: olyansk@list.ru.  
**Denis A. Charykov** – Postgraduate Student, e-mail: olyansk@list.ru.

## **FEATURES OF CONSTRUCTING LOESS-BASED BUILDINGS AND STRUCTURES IN MOLDOVA**

**A.N. Bogomolov<sup>1</sup>, Iu.I. Olianskii<sup>1</sup>, E.V. Shchekochikhina<sup>1</sup>,  
I.Iu. Kuz'menko<sup>2</sup>, M.D. Mozgunov<sup>1</sup>, D.A. Charykov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation

<sup>2</sup>LLC "Giprosintez", Volgograd, Russian Federation

---

### ARTICLE INFO

Received: 12 December 2016  
Accepted: 30 December 2016  
Published: 30 March 2017

#### *Keywords:*

subsidence, initial subsidence pressures, type of subsidence conditions, preparation of loessial foundations, surface compaction, deep compaction, anti-subsidence activities, built-in-place piles, subsidence of grounds

### ABSTRACT

Loess soils are widespread in the territory of the Republic of Moldova and Ukraine; and they often serve as the construction basis for buildings and structures. Loess-based construction with the soil subsidence conditions of type I is no longer an engineering problem. However, in the above region loess soils with the type II subsidence conditions are more often, and the soils subsidence amounts to up to 0,5 m and more. Construction on such grounds is still a fairly serious problem which requires solutions entailing great labor and material costs. The article analyzes methods of preparing foundations for loess-based constructions of various regional types and subsidence conditions. The most effective methods of preparing loessial foundations and eliminating subsidence are revealed for the housing development in this region.

© PNRPU

## **Введение**

Возведение зданий и инженерных сооружений на лессовых просадочных грунтах занимает особое место в теории и практике строительства. Это объясняется, с одной стороны, весьма чувствительной реакцией просадочных грунтов на внешние воздействия (изменение влажности, дополнительного давления от строящихся зданий и сооружений и др.), с другой – расширяющимся спектром строящихся объектов (высотные здания жилого и общественного назначения, крупные заводские и фабричные сооружения, строительные комплексы и др.).

Выбор рациональных решений системы «основание – фундамент» при строительстве зданий в условиях наличия лессовых просадочных грунтов является важнейшей и сложной проблемой современного строительства. От принятого проектного решения зависят в значительной степени стоимость и материалоемкость объекта, сроки строительства, а также его эксплуатационная надежность. Рациональные решения по конструкции оснований и фундаментов достигаются на основе совместного учета особенностей грунтовых условий площадки, закономерностей развития просадок, конструктивных особенностей зданий, условий их эксплуатации, наличия возможных источников замачивания.

## **1. Основные проблемы проектирования и строительства инженерных сооружений на лессовых грунтах региона**

Лессовые грунты на территории Молдавии (в междуречье Прут – Днестр) представлены в основном субаэральными отложениями с преобладанием лессовидных суглинков среднего состава. Мощность лессовых грунтов различная и колеблется от 2,0–3,0 до 20,0–30,0 м. Мощность просадочных толщ в основном не превышает 12,0–15,0 м. Преобладает I тип условий по просадочности. В крупных городах (Кишиневе, Бендерах, Тирасполе) достаточно часто встречаются лессовые грунты II типа условий по просадочности

с просадкой от собственного веса до 25,0 см и более. Начальное давление просадочности грунтов в основном превышает 0,10 МПа, а в Кишиневе составляет 0,12 МПа [1]. В северной части республики преимущественно залегают лессоподобные грунты небольшой мощности с начальным давлением просадочности около 0,20 МПа.

До 1962 г. в Молдавии на просадочных грунтах строительство велось без их уплотнения. Для предохранения от замачивания лессовых грунтов в проектах предусматривались следующие водозащитные мероприятия: планировка застраиваемой территории, устройство лотков, смотровых колодцев и отмосток. В лотки укладывались вводы и выводы сетей. Так, были построены на просадочных основаниях и ленточных фундаментах пятиэтажные жилые дома серии I-ЗПС в Кишиневе, Бельцах, Бендерах и некоторых других городах республики [2].

Спустя некоторое время после сдачи в эксплуатацию домов начали замачиваться из неисправных инженерных сетей грунты их оснований. Водозащитные мероприятия оказались неэффективными и некоторые из построенных зданий начали деформироваться. В несущих инженерных конструкциях появились трещины, в отдельных случаях достигающие значительных размеров. Например, значительные деформации наблюдались в домах по ул. Димитрова и Карманова, в школе по ул. Доватора в Кишиневе, в Доме Советов в Тирасполе и некоторых других объектах.

Начиная с 1962 г. в Молдавии на просадочных грунтах при строительстве стали уплотняться грунты в котлованах тяжелыми трамбовками. Это позволило создать водопроницаемый экран из лессовых пород и снизить нагрузку на подстилающий неуплотненный лессовый грунт до значений меньше начального просадочного давления. Так были построены в г. Кишиневе крупнопанельные дома серии I-464С-6 в микрорайоне Ботаника. Ввиду того что эта серия домов предназначалась для строительства на непросадочных грунтах, давление на уплотненный слой было принято из расчета меньше начального давления просадочности лессового грунта в подошве уплотненного слоя, которое в Кишиневе для грунтов превышало величину 0,10 МПа. В последующие годы из-за неисправных сетей технические подполья затапливались водой и замачивались грунты основания, вместе с тем в зданиях никаких деформаций не наблюдалось. Объясняется это тем, что нагрузка фундамента на просадочный грунт не превышала начального давления просадочности. Вес применяемой трамбовки достигал 3 т и более. Мощность уплотненного лессового слоя, рассеивающего нагрузку от веса сооружения до давления меньше начального просадочного, составляла 1,5 м.

Начиная с 1980-х гг. в Кишиневе, Тирасполе, Бендерах началась массовая застройка спальных микрорайонов 9- и 12-этажными жилыми домами крупнопанельной серии. На всех застраиваемых территориях залегают лессовые просадочные грунты преимущественно II типа условий по просадочности. Мощностью просадочной толщи достигает 12,0–15,0 м, с прогнозируемой просадкой – 25,0–30,0 см.

Для строительства в таких инженерно-геологических условиях молдавскими проектировщиками были заимствованы указания по проектированию, разработанные Киевским научно-исследовательским институтом строительных конструкций (НИИСК) для 9-этажных крупнопанельных жилых домов Украины на просадочных грунтах II типа с применением комплекса мероприятий (ЗСР 270-74 и РСН 297-78). При подготовке лессовых просадочных оснований в данных указаниях был рекомендован метод, аналогичный разработанному днепропетровскими специалистами для Запорожья и Днепропетровска. Его суть состояла в том, что просадочные свойства лессовой толщи устранялись только в верхних и средних ее частях поверхностным трамбованием тяжелыми трамбовками и обратной

засыпкой грунта с последующей послойной укаткой. Таким способом под фундаментами мелкого заложения создавался слой водонепроницаемого непросадочного лессового грунта мощностью 5,0–6,0 м, реже – больше. В результате этого достигалась ликвидация просадочности лессового основания до 70–80 %. В комплексе с другими проектируемыми мероприятиями (водозащитными и конструктивными) это должно было надежно обеспечить устойчивость сооружения на весь период его эксплуатации.

Важной особенностью инженерно-геологических условий Молдавии является то, что лессовая толща здесь почти повсеместно подстилается водоупорными сарматскими глинами большой мощности. Вследствие этого уже в начале 1980-х гг. на всей территории крупных городов республики наблюдалось техногенное подтопление с подъемом уровня грунтовых вод на высоту до 10,0–15,0 м [3]. Это привело к замачиванию нижних уплотненных горизонтов лессовых оснований высотных зданий и сооружений. Некоторые из них претерпели серьезные деформации. Такие деформации были зарегистрированы в г. Бендеры (два 9-этажных дома серии I – 464МСВ в III микрорайоне), Кишиневе (9-этажный дом 135 серии в микрорайоне Будешты, жилые дома на ул. Алешина). Обследование показало, что во всех случаях просадочная толща оказалась замоченной. Причиной замачивания послужили утечки из водонесущих коммуникаций и подъем уровня грунтовых вод при подтоплении. В домах в г. Бендеры в стеновых панелях появились трещины и прекратили работу лифты. Максимальная просадка одного из углов дома составила 29,6 см, неравномерная осадка – 6,9 см [4].

Наиболее серьезные деформации были отмечены в Кишиневе в 9-этажном крупнопанельном жилом доме по ул. Алешина. Здание состоит из семи секций, разделенных деформационными швами шириной 30 см. Отдельные его секции накренились на 180–200 мм, некоторые на уровне парапетов столкнулись. Были остановлены лифты, это вызвало многочисленные жалобы жильцов. После консультации со специалистами из днепропетровского филиала НИИСПа было принято решение устранить крен домов и стабилизировать осадки методом регулируемого замачивания. Работы продолжались в течение 1 года. Стабилизация осадок здания была достигнута, однако выровнять секции не удалось. Примечательно, что некоторые из отдельных секций просели за счет регулируемого замачивания на 45–55 см, что почти вдвое превышает максимальные расчетные значения просадок, определенные экспериментально в лабораторных условиях с учетом характеристик лессового грунта.

Исследования грунтов основания дома по ул. Алешина и других деформируемых зданий г. Кишинева, выполненные специалистами лаборатории физико-механических свойств горных пород АН Молдавии, позволили установить, что лессовые грунты данной территории относятся к замедленно-просадочному типу. Для изучения их просадочных свойств не применима методика, рекомендованная ГОСТ 23161–78, предусматривающая замачивание лессового образца капиллярным способом. Это не соответствует фактической реальной работе грунта под сооружением, где происходит фильтрация грунтовых вод. Различия в оценке просадочности с учетом фильтрации воды и без ее учета могут достигать 100 % и даже больше [5].

Многочисленные деформации жилых домов, построенных на подтопленных территориях г. Кишинева, подтвердили выводы сотрудников АН Молдавии. Вследствие этого стало вполне очевидным, что механический перенос опыта строительства на просадочных грунтах одного региона в другой без учета различий инженерно-геологических условий территорий и физико-механических свойств лессовых грунтов бесперспективен. В результате проектировщики сосредоточили внимание на других более эффективных методах подготовки лессовых оснований, учитывающих специфические инженерно-

геологические условия и свойства лессового грунта территории республики: это устройство вытрамбованных котлованов на толщах I типа условий по просадочности, уплотнение просадочной толщи на всю мощность грунтонабивными сваями, устройство свайных фундаментов из буронабивных свай на толщах II типа по просадочности [6].

## **2. Рациональные способы фундирования лессовых толщ в грунтовых условиях Молдавии**

На лессовых грунтах I типа условий по просадочности для промышленных, жилых, гражданских, сельскохозяйственных каркасных зданий с нагрузками на отдельные фундаменты до 1500–1800 кН и бескаркасных зданий с несущими стенками с нагрузками от них до 400–600 кН на 1 пог. м наиболее эффективным является устройство фундаментов в вытрамбованных котлованах. Разработаны и могут успешно применяться фундаменты в вытрамбованных котлованах: без уширенного основания – для нагрузок на них до 800–1000 кН; с уширенным основанием, получаемым путем втрамбовывания в дно вытрамбованного котлована жесткого грунтового материала (щебня, гравия, песчано-гравийной смеси и т.п.), – для нагрузок до 1500–1800 кН; ленточные прерывистые фундаменты для бескаркасных зданий высотой до 5 этажей. Кроме того, завершается разработка новых конструкций и методов устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах: сборных из забивных пустотелых блоков с уширенной подошвой для каркасных зданий; ребристых и арочных с уширенным основанием для сейсмических условий, с несущим слоем для нагрузок на фундаменты до 2500–3000 кН, что позволит значительно расширить область применения и увеличить объем фундаментов в вытрамбованных котлованах.

Для зданий повышенной этажности и массы весьма эффективным является поверхностное уплотнение просадочных грунтов в котловане тяжелыми трамбовками с диаметром основания  $d = 1,8–2,0$  м и массой 5,5–6,0 т с устройством обычных ленточных, отдельно стоящих или плитных фундаментов, принимаемых по конструктивным соображениям. При однослойном уплотнении глубина уплотнения грунта обычно составляет 2,5–3,5 м, а при двухслойном может увеличиваться до 5–6 м. При возведении тяжелых зданий, а также других сооружений, чувствительных к неравномерным просадочным деформациям грунтов, в основаниях целесообразно применять буронабивные бетонные сваи в пробитых скважинах с уширенной подошвой. Особенность и основное отличие их от обычно применяемых буронабивных свай заключается в том, что скважины выполняются не бурением, а пробивкой трамбуящим снарядом на базе экскаватора, благодаря чему достигается уплотнение грунта вокруг свай, в ее основании и создается уширенная подошва путем втрамбовывания в ее дно до отказа отдельными порциями жесткого бетона, сухой бетонной смеси или другого материала. Все это обеспечивает в 1,5–3,0 раза повышение несущей способности основания и снижение стоимости и трудоемкости его сооружения.

На лессовых грунтах II типа условий по просадочности для жилых, гражданских, промышленных зданий с несущими стенами высотой до 9–12 этажей, а также относительно жестких каркасных зданий высотой до 6–8 этажей наиболее рациональным является применение комплекса мероприятий, включающего подготовку основания путем поверхностного уплотнения грунта в целях ликвидации просадочных свойств его в пределах деформируемой зоны от нагрузки фундаментов и создание сплошного маловодопроницаемого экрана, водозащитные мероприятия, исключающие возможность замачивания грунтов в основании, и конструктивные мероприятия, рассчитываемые на возможные

просадки грунтов в основании и направленные на обеспечение прочности, устойчивости и нормальной эксплуатации возводимых зданий и сооружений. Для относительно гибких, а также зданий повышенной этажности и массы при частом расположении несущих конструкций и фундаментов эффективным является глубинное уплотнение просадочных грунтов на всю величину их посадочной толщи путем пробивки скважин с последующим их заполнением грунтовым материалом.

Особенность метода глубинного уплотнения состоит в том, что в соответствии с суммарной эпюрой распределения по глубине давлений от нагрузки фундаментов, собственного веса грунта и сил нагружающего трения, возникающих при просадках окружающих грунтов, происходят следующие изменения в лессовом массиве по его глубине:

- а) в нижней части уплотненного массива создается несущий слой путем втрамбовывания до отказа в дно пробитой скважины жесткого материала (щебня, шлака, песчано-гравийной смеси и т.п.) отдельными порциями высотой  $0,8-1,2d$  ( $d$  – диаметр трамбуемого прибора);
- б) в средней части формируется зона повышенной прочности путем заполнения скважин жестким материалом с уплотнением каждой порции, отсыпаемой высотой  $1,5-2,0d$ ;
- в) в верхней части создается уплотненная зона путем заполнения пробитой скважины местным лессовым грунтом с уплотнением.

Глубинное уплотнение по этому методу выполняется с помощью навесного оборудования к экскаватору, обеспечивающего пробивку скважин диаметром  $0,6-1,0$  м, энергию одного удара  $30-40$  т/м, т.е. в  $10-13$  раз выше, чем у применяемых в последнее время станков ударно-канатного бурения БС-ИМ.

## **Заключение**

Для гибких и большепролетных зданий целесообразно применять:

- а) забивные и буронабивные сваи в эластичных оболочках, исключающих передачу на сваи дополнительных нагрузок от сил нагружающего трения, возникающих при просадках окружающих грунтов;
- б) набивные сваи в оболочке из уплотненного грунта, получаемой путем пробивки скважин, с несущим слоем высотой  $2-4$  м, создаваемым путем втрамбовывания в дно пробитой скважины до отказа жесткого материала;
- в) буронабивные сваи с уширенным основанием, а также с несущим слоем, получаемым закреплением подстилающего лессового и другого грунта.

Наряду с этим для тяжелых зданий и сооружений с большими нагрузками на полы во многих случаях весьма эффективным является сочетание глубинного уплотнения с устройством набивных или забивных свай, при котором глубинное уплотнение применяется для устранения просадок грунтов под внутренними конструкциями, фундаментами технологического оборудования, полами, снятия сил нагружающего трения на сваи, а сваи предназначаются для передачи нагрузки от несущих конструкций на подстилающие более прочные слои грунта [7].

Применение обычных свайных фундаментов из забивных и буронабивных свай в грунтовых условиях Молдавии целесообразно лишь в случаях залегания в основании просадочной толщи подстилающих грунтов с повышенной несущей способностью: песков крупных и средней крупности, твердых сарматских глин или скальных грунтов.

## Библиографический список

1. Изменение состава и свойств лессовых пород при техногенном обводнении / А.Н. Богомолов, Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, Т.М. Тихонова, И.Ю. Кузьменко. – Волгоград: Изд-во Волгоград. арх.-строит. ун-та, 2015. – 204 с.
2. Опыт строительства и эксплуатации жилых зданий на просадочных грунтах Среднего Приднестровья / Г.В. Пухальский, А.Ф. Заворотный, В.А. Куклев, А.П. Недодатко // Подготовка оснований зданий и сооружений, строящихся на просадочных грунтах: тез. докл. респ. совещ., Кишинев, 26–27 мая 1981 г. – Кишинев, 1981. – С. 6–12.
3. Гончаров В.С., Олянский Ю.И. Влияние пассивных факторов подтопления на подъем уровня грунтовых вод на территории г. Кишинева // Сб. ВИНТИ. – 1983. – № 6.
4. Гончаров В.С., Олянский Ю.И. Анализ причин деформаций зданий и сооружений, связанных с обводнением просадочных грунтов на территории Молдавии // Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении. – М.: Стройиздат, 1987. – Т. II. – С. 164–165.
5. Олянский Ю.И. Лессовые грунты Юго-Западного Причерноморья в пределах Республики Молдова. – Кишинев: Штиинца, 1992. – 129 с.
6. Подготовка оснований зданий и сооружений, строящихся на замедленно-просадочных грунтах I и II типа по просадочности / А.Н. Богомолов, Ю.И. Олянский, Л.А. Анисимов, Е.В. Щекочихина, А.Ф. Алексеев // Вестник Волгоград. гос. арх.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. – 2015. – № 41 (60). – С. 14–23.
7. Проблемы строительства и эксплуатации зданий на лессовых грунтах Северного Причерноморья / А.Н. Богомолов, Ю.И. Олянский, С.В. Кузнецова, И.Ю. Кузьменко, Е.В. Щекочихина, С.А. Чарыкова // Вестник Волгоград. гос. арх.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. – 2016. – № 44-2. – С. 31–39.

## References

1. Bogomolov A.N. et al. *Izmenenie sostava i svoistv lessovykh porod pri tekhnogenom obvodnenii* [Changes in the composition and properties of loess rocks in the man-made watering]. Volgograd: Ed.VolgGASU, 2015. 204 p.
2. Puchalski V.G., Zavorotny A.F., Neodata P.A., Kuklev V.A. Experience in the construction and operation of residential buildings on collapsible soils of the Middle Dnieper. *Training bases of buildings and structures built on collapsible soil. Proc. Report. Resp. The meeting may 26–27, 1981*. Chisinau, 1981, pp. 6-12.
3. Goncharov V.S., Olyansky Y.I. The influence of passive factors of flooding on the rise in the groundwater level in the city of Chisinau. *Collection of VINITI*, 1983, no. 6.
4. Goncharov V.S., Olyansky Y.I. Analysis of the causes deformations of buildings and structures associated with flooding subsiding soils on the territory of Moldova. *Acceleration of scientific and technical progress in Foundation engineering*. Vol. II. Moscow: Stroyizdat, 1987, pp. 164-165.
5. Olyanski Y.I. Loess soils of South-Western black sea within the Republic of Moldova. Chisinau: Scienza, 1992. 129 p.
6. Bogomolov A.N. et al. Preparation of the bases of buildings and constructions, built at the slowly – subsiding soils type I and II according to the subsidence. *Vestnik of Volgograd state University of architecture and construction. Series: Construction and architecture*, 2015, no. 41 (60), pp. 14-23.
7. Bogomolov A.N. et al. Probleblem construction and operation of buildings on loess soils of the Northern black sea. *Vestnik of Volgograd state University of architecture and construction. Series: Construction and architecture*, 2016, no. 44-2, pp. 31-39.