

<https://doi.org/10.52326/csd2024.25>

## OPTIMIZING PRE-DESIGN RESEARCH QUALITY SYSTEM TO ENHANCE CONSTRUCTION SAFETY

## ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА ПРЕДПРОЕКТНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Vladimir POLCANOV<sup>1</sup>, Alina POLCANOVA<sup>2</sup>,  
Alexandru RÂȘCOVOI<sup>3</sup>, Alexandru CÎRLAN<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> *Technical University of Moldova, 168, Ștefan cel Mare Boulevard, Chisinau, Moldova*

**Abstract.** The article examines factors influencing the safety of the geological environment. Unfavorable processes leading to disruption of the natural balance and affecting the safety and durability of buildings and structures are identified. The need for engineering and geological surveys, as outlined in regulatory documents, is emphasized, highlighting the essential involvement of certified geotechnical specialists and accredited laboratories. The article specifically highlights that there is a growing need for greater attention to the composition and quality of surveys conducted in densely built environments. It has been proven that timely implementation of environmental protection measures allows optimizing costs and the overall cost of an investment project.

**Keywords:** *geological environment, engineering research, construction safety, hazardous geological processes, construction cost estimating*

**JEL code:** *L74, O18, Q51, R58*

**Резюме.** Рассмотрены факторы, определяющие безопасность геологической среды. Обозначены неблагоприятные процессы, приводящие к нарушению природного равновесия, влияющие на долговечность зданий и сооружений. Обращено внимание на необходимость проведения инженерно-геологических изысканий в объеме, предусмотренном нормативными документами при обязательном участии в них аттестованных специалистов-геотехников и аккредитованных лабораторий. В статье особо отмечена необходимость повышенного внимания к составу и качеству проводимых изысканий при строительстве в условиях плотной застройки. Доказана возможность оптимизации стоимости природоохранных мероприятий в случае их своевременного проведения.

**Ключевые слова:** *геологическая среда, инженерные изыскания, безопасность строительства, опасные геологические процессы, оценка стоимости строительства*

### Введение

Строительство гражданских зданий и промышленных объектов в Молдове сопряжено с необходимостью учета проявления неблагоприятных инженерно-геологических процессов и явлений. Чтобы избежать недопустимых деформаций зданий и сооружений, нарушения нормальных условий их эксплуатации, проектировщикам приходится предпринимать ряд дополнительных решений.

Анализ факторов, определяющих устойчивость геологической среды на территории мун. Кишинэу, позволил выделить 3 типа территорий по уровню комфортности проживания: относительно комфортные, средней дискомфортности, высокой дискомфортности [1].

В данной классификации был, в том числе, учтен фактор возможного развития характерных для данной территории неблагоприятных геологических процессов.

Совершенно очевидно, что объем дополнительных затрат для обеспечения безопасности зданий и сооружений и, соответственно, общая сметная стоимость инвестиционного проекта будут зависеть от места расположения объекта и степени агрессивности неблагоприятных природных и антропогенных факторов. Отметим, что такие факторы, влияющие на стоимость объекта и на уровень комфортности проживания, требуют обязательного учета при проектировании и строительстве. Выявление этих факторов представляется актуальной задачей и представляет собой объект исследования настоящей работы. Решение задачи выполнялось на основе анализа литературных источников и архивных материалов, а также результатов экспертиз, составленных авторами настоящей статьи.

#### **Результаты исследования**

В большинстве случаев при разработке проекта следует учесть следующие неблагоприятные факторы:

1. Возможность проявления сейсмических явлений;
2. Развитие оползневых процессов;
3. Необходимость ведения строительства на крутых склонах, расчлененных сетью оврагов;
4. Залегание в основании фундаментов просадочных грунтов I и II типа;
5. Наличие набухающих глин в грунтовой толще;
6. Возможность изменения уровня подземных вод и, как следствие, подтопление территорий, замачивание оснований и фундаментов.

При выявлении на строительной площадке опасных геологических процессов проектирование строительства регламентируется соответствующими нормативными документами [2, 3]. Однако проведенный анализ показал, что при проектировании по разным причинам допускаются ошибки, которые ведут не только к завышению стоимости работ, но и к непоправимым последствиям в процессе эксплуатации зданий и сооружений.

Одной из таких ошибок является отход от требований СНиП 1.02.07-87 “Инженерные изыскания для строительства” [4].

В частности, в нормах четко указаны следующие параметры: количество скважин, которое необходимо выполнить на площадке; минимальная глубина бурения; количество отобранных для анализа образцов и т.д. [5].

К сожалению, на практике необходимые изыскания в полном объеме не проводятся. Чаще всего подобная ситуация возникает при строительстве на просадочных грунтах II типа, при освоении оползнеопасных склонов, устройстве свайных фундаментов. Неоднократно отмечены ситуации несоблюдения положений нормативных актов со стороны заказчиков, которые руководствуются исключительно стремлением к сокращению стоимости объекта и экономии средств на изысканиях.

Так, на одном из участков в г. Кодру предполагалась застройка потенциально оползневого склона. Первоначально планировалось бурение скважин только в пределах площадки строительства. Процесс переговоров с заказчиком был достаточно затруднительным, в связи с необходимостью убедить его в целесообразности дополнительных изысканий. В частности, для оценки длительной устойчивости склона необходимо было провести бурение скважин по всему склону, отобрав необходимое количество образцов, достаточное для проведения опытов по определению реологических характеристик и составления правильной выборки с целью получения надежных значений прочности грунтов.

В результате проведенных полевых и лабораторных исследований, а также расчетных процедур, был определен механизм развития оползневого процесса на склоне, разработан комплекс противооползневых мероприятий. План застройки был полностью изменен. Заказчику предложена надежная схема освоения территории, позволившая избежать катастрофических подвижек на склоне.

К сожалению, нередки случаи, когда положительное для себя решение заказчик находит, обращаясь к недобросовестному геологу.

В период 1991-2000 гг. были реорганизованы или ликвидированы многие геотехнические лаборатории, действовавшие в составе организаций МолдГИИИТИЗ (в н.в. – INGEOCAD), АВТОДОР (в н.в. – IPDA), URBANPROIECT, Молдкоммунпроект и др. Как следствие, в условиях неизменно высокого спроса на предпроектные изыскания, появились компании, в которых отсутствуют необходимое буровое оборудование, современные приборы для лабораторных и полевых исследований, грамотные аттестованные специалисты.

Отчеты, которые составляются такими компаниями, как правило, основываются на архивных данных, а недостающий материал “привязывается” геологом к площадке строительства. Естественно, что стоимость отчета в этом случае в разы ниже, чем в изыскательских организациях, добросовестно и ответственно относящихся к своей работе и понимающих, что достоверные исходные данные о геологическом строении толщи, ее характеристиках лежат в основе безопасной и надежной работе зданий и сооружений в течение всего эксплуатационного периода.

Получая отчет, составленный на основе недостоверных геологических условий или неполных данных, заказчик заведомо рискует оказаться в достаточно опасной ситуации. Риски в этом случае сводятся, в первую очередь, к угрозе потери несущей способности основания (со всеми соответствующими последствиями). Также следует отметить, что недостоверности, допущенные при изысканиях, неминуемо приводят к ошибкам при принятии проектных решений [6].

В частности, при застройке оползневого склона в г. Ватра, при составлении геологического отчета не были проведены расчеты общей устойчивости склона. В дальнейшем, по заключению эксперта, заказчику пришлось отказаться от строительства верхнего ряда зданий. Причиной для принятия подобного решения, послужил тот факт, что, в силу неполноты исходных данных при проведении изысканий, не были учтены возможные изменения напряженно-деформированного состояния грунтового массива, неизбежно возникающие на склоне при его застройке. Как следствие, строительство могло спровоцировать оползневой процесс.

Ошибки в изысканиях и проектных решениях могут привести к увеличению стоимости работ нулевого цикла.

Так, при подготовке основания для строительства объекта Arena Chişinău, с целью устранения просадочности грунтов, были использованы грунтовые сваи. Однако, уже в процессе их изготовления, проектное решение пришлось изменить. Причиной послужила неверно установленная при изысканиях мощность просадочной толщи. В данном случае, детально проведенные изыскания позволили значительно снизить затраты на подготовку основания, так как глубину пробитых скважин оказалось возможным уменьшить с 10-12 м до 4-6 м. С учетом общего количества скважин (порядка шести тысяч), необоснованное завышение стоимости работ при проектировании следует считать достаточно существенным.

В процессе анализа, выполненного в рамках проведенного исследования, отмечены случаи, когда нарушение безопасности зданий и сооружений возникали по причине нарушения правил ведения работ на территории с развитыми опасными геологическими процессами.

В частности, в г. Хынчешть при строительстве объекта в подножии оползневого склона, была произведена глубокая подрезка. Необходимо отметить, что до начала строительства склон находился в состоянии предельного равновесия. Его устойчивость достигалась, в том числе, с помощью выполненных буронабивных свай.

В результате подрезки, при разработке котлована под строительство объекта, резко изменилось соотношение удерживающих и сдвигающих сил. Величина давления на свайную удерживающую конструкцию достигла значений более 800 кН/пог.м вместо 30 кН/пог.м принятых в расчете. К сожалению, активизация оползня стала неизбежным процессом. Были

повреждены прилегающие жилые дома, участок автодороги. Строительство объекта, естественно, было запрещено.

В 2022 г. на ул. М. Драган, мун. Кишинэу, произошли оползневые смещения, вызванные нарушениями технологии устройства откоса (рис.1). Процесс стабилизации по состоянию на 2024 г. не завершен. В головной части склона по-прежнему просматривается оползневая ступень, которая подтверждает риск подготовки нового смещения (рис.2).



**Рисунок 1. Оползневые смещения на смотровой площадке, ул. М. Драган, мун. Кишинэу, 2022 (фото Н. Иким)**



**Рисунок 2. Подготовка к новому смещению на смотровой площадке, ул. М. Драган, мун. Кишинэу, 2024 (фото Н. Иким)**

Следует обратить внимание, что оползневой процесс может быть спровоцирован даже незначительной пригрузкой склона. Как правило, это связано надстройкой или новым строительством многоэтажных зданий на месте существующих одно- и двухэтажных жилых домов.

Как было указано, большинство склонов на территории республики находятся в состоянии предельного равновесия. При увеличении нагрузки от веса новых построенных зданий в толще склона возникают касательные напряжения ( $\tau$ ), которые могут превысить значения порога ползучести ( $\tau_{lim}$ ).

При условии  $\tau > \tau_{lim}$ , согласно физико-технической теории Н.Н. Маслова, склон подвержен деформациям ползучести [7].

При определенных условиях стадия установившейся ползучести может перейти в прогрессирующую и вызвать катастрофические оползневые смещения на склоне.

Негативно сказывается на устойчивости склона и изменение уровня залегания подземных вод. В большинстве случаев современные здания проектируются с подвалом; архитектурно-планировочные решения предусматривают подземную парковку. Как следствие, глубина заложения фундаментов увеличивается до 4-6 м.

В результате на склоне перекрываются существовавшие длительное время пути движения подземных вод, что, в свою очередь, ведет к изменению гидростатического и гидродинамического давления и возникновению локальных оползней на участках, ранее считавшихся устойчивыми.

Расчеты показывают, что коэффициенты устойчивости склона за счет воздействия подземных вод может снижаться на 20-30% [8].

Следует отметить, что выполнить инженерную подготовку территории с устройством всех необходимых инженерных сооружений в условиях плотной застройки не всегда возможно. Это обстоятельство определяет дополнительные требования к составу и качеству проводимых изысканий и принимаемых на их основе решений по застройке склона и проектированию противооползневых мероприятий.

Ярким примером необходимости уделения повышенного внимания при строительстве на территориях с высокой дискомфортом является случай подготовки основания под фундаменты жилого дома в секторе Чекань, мун. Кишинэу. Грунтовые условия площадки строительства были отнесены ко II типу по просадочности. Для устранения просадки проектом предусматривалось устройство грунтовой подушки, толщиной порядка 5 м.

Нарушение технологии ее изготовления привело к значительным неравномерным деформациям основания. Суммарные значения просадки и осадки в несколько раз превысили предельно-допустимые значения. Все работы пришлось остановить. Строительство жилого дома было возобновлено через 10 лет. Подчеркнем, что территория площадки строительства относится к уровню высокой дискомфортомности.

Строительство в Молдове осуществляется с учетом возможного сейсмического воздействия. Территория мун. Кишинэу относится к зоне 7-ми балльной сейсмичности. Однако, согласно карте микросейсмрайонирования, сейсмичность площадки строительства на отдельных участках должна быть повышена на один балл. Это обстоятельство связывается с залеганием в основании фундаментов грунтов 3-ей категории по сейсмическим свойствам.

Объективно проведенные инженерные изыскания и выполненные на их основе мероприятия по переводу грунтов из 3-ей во 2-ю категорию могут обеспечить значительную экономию финансовых средств. По данным А. Рышкова [9], устранение просадочных свойств грунтов в пределах 10-ти метровой толщи возможно с помощью RG-установки. При устройстве вибропогружаемых свай достигается полное устранение просадки и в значительной степени увеличиваются все физико-механические характеристики грунтов. Становится возможным назначение расчетной сейсмичности, равной 7 баллам.

Во всех рассмотренных случаях конечная стоимость объекта строительства определялась необходимостью устройства природоохранных мероприятий. В свою очередь,

стоимость последних зависит от конкретных инженерно-геологических условий площадки строительства, определяющих уровень комфортности территории.

От правильного выбора комплекса природоохранных мероприятий будет зависеть безопасность зданий и сооружений. Стоимость инвестиционного проекта будет определяться, в том числе, профессионализмом инженера-геотехника, качеством выполненных изысканий, своевременностью реализации противодеформационных, противооползневых, противосейсмических и других мероприятий, включенных в проект.

#### **Общие выводы**

1. Рассмотренные случаи нарушения устойчивости склонов и потери несущей способности оснований связаны, преимущественно, с некачественными инженерно-геологическими изысканиями;
2. Неверно принятые по этой причине проектные решения, нарушения и ошибки при производстве работ не удовлетворяют требованиям надежной работы системы “основание-фундаменты-надземная часть”;
3. Стоимость природоохранных мероприятий должна увязываться с уровнем комфортности территории, определяющем устойчивость геологической среды;
4. Министерству инфраструктуры и регионального развития следует обратить внимание на подготовку аттестованных специалистов категории “Геотехника”.

#### **Ссылки:**

1. ОЛЯНСКИЙ, Ю., ШИЯН, С., БОГОМОЛОВ, О. Комплексная оценка экологических условий застройки сейсмических районов Молдовы. В: *Городские агломерации на оползневых территориях. Материалы 5-ой международной конференции по геотехнике, 22-24 сентября 2010*. Волгоград: Волг. ГАСУ, сс. 246-250.
2. СНиП II-7-81\* Строительство в сейсмических районах.
3. NCM A.06.01-2006 Protecția tehnică a teritoriilor, clădirilor și construcțiilor contra proceselor geologice periculoase. Date generale. Agenția Construcții și Dezvoltare a Teritoriului al Republicii Moldova. Chișinău, 2007.
4. СНиП 1.02.07-87 Инженерные изыскания для строительства.
5. ГОСТ 12071-2014 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов.
6. СИМОНЯН, В. К разработке модели оползневой процесса с целью оценки его последствий для зданий и сооружений. В: *Промышленное и гражданское строительство*, 2015, 4, сс. 53-56.
7. ПОЛКАНОВ, В. *Роль реологических процессов в развитии оползней на территории Молдовы. Монография*. Кишинэу: Tehnica-UTM, 2013.
8. ПОЛКАНОВ, В., ЧЕБАН, О., ПОЛКАНОВА, А. *Управление риском при строительстве на оползневых склонах Молдовы. Монография*. Кишинэу: Tehnica-UTM, 2021.
9. ПОЛКАНОВ, В., РЫШКОВОЙ, А., ПОЛКАНОВА, А. *Современные методы устранения просадочности грунтов: оценка технической целесообразности и экономической эффективности. Монография*. LAP Lambert Academic Publishing, 2019.