



## ІМОВІРНІСНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА СТІЙКОСТІ УКОСІВ І СХИЛІВ

В. Г. Шаповал<sup>1</sup>, К. С. Причина<sup>2</sup>, І. Ю. Булич<sup>3</sup>

*ДВНЗ «Національний гірничий університет»,*

*19, пр. Карла Маркса, м. Дніпропетровськ, Україна, 49600.*

*E-mail: <sup>1</sup>shap-w@mail.ru, <sup>2</sup>PSCatherine@i.ua, <sup>3</sup>irynabulich@gmail.com*

*Отримана 20 травня 2014; прийнята 21 листопада 2014.*

**Анотація.** У статті викладено імовірнісний метод визначення коефіцієнта стійкості укосів і схилів, що дозволяє оцінити і компенсувати похибку, яка обумовлена розкидом його окремих значень. Розглянуто ситуацію стійкості укосу з довільною поверхнею ковзання з метою використання результатів для різних методів розрахунку стійкості. Доведено, що для підвищення точності визначення коефіцієнта стійкості ґрунтових укосів (схилів) необхідно враховувати неоднорідність будови ґрунтової товщі і нерівномірність розподілу по кривій ковзання утримувальних і зрушувальних сил. За своєю суттю метод відображає методику визначення нормативних та розрахункових характеристик ґрунту. На підставі результатів дослідження розроблено універсальний алгоритм визначення розрахункових значень коефіцієнта стійкості укосів і схилів з використанням методів математичної статистики. Вказано, що основна перевага запропонованого методу визначення коефіцієнта стійкості у порівнянні з загальноприйнятими методами полягає в можливості визначення діапазону його зміни на заданому інтервалі довірчої ймовірності.

**Ключові слова:** укіс, схил, коефіцієнт стійкості, імовірнісний метод, зрушувальні і утримувальні сили, розрахункові та нормативні характеристики, коефіцієнт безпеки по ґрунту.

## ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ И СКЛОНОВ

В. Г. Шаповал<sup>1</sup>, Е. С. Причина<sup>2</sup>, И. Ю. Булич<sup>3</sup>

*ГВУЗ «Национальный горный университет»,*

*19, пр. Карла Маркса, г. Днепропетровск, Украина, 49600.*

*E-mail: <sup>1</sup>shap-w@mail.ru, <sup>2</sup>PSCatherine@i.ua, <sup>3</sup>irynabulich@gmail.com*

*Получена 20 мая 2014; принята 21 ноября 2014.*

**Аннотация.** В статье изложен вероятностный метод определения коэффициента устойчивости откосов и склонов, позволяющий оценить и компенсировать погрешность, обусловленную разбросом его частных значений. Рассмотрена ситуация устойчивости откоса с произвольной поверхностью скольжения с целью использования результатов для различных методов расчета устойчивости. Доказано, что для повышения точности определения коэффициента устойчивости ґрунтовых откосов (склонов) необходимо учитывать неоднородность строения ґрунтовой толщи и неравномерность распределения по кривой скольжения удерживающих и сдвигающих сил. По своей сути метод отражает методику определения нормативных и расчетных характеристик ґрунта. На основании результатов исследования разработан универсальный алгоритм определения расчетных значений коэффициента устойчивости откосов и склонов с использованием методов математической статистики. Указано, что основное достоинство предлагаемого метода определения коэффициента устойчивости по сравнению с

общепринятыми методами заключается в возможности определения диапазона его изменения на заданном интервале доверительной вероятности.

**Ключевые слова:** откос, склон, коэффициент устойчивости, вероятностный метод, сдвигающие и удерживающие силы, расчетные и нормативные характеристики, коэффициент безопасности по грунту.

## A PROBABILISTIC METHOD OF DETERMINING SLOPE STABILITY RATIO

Volodymyr Shapoval<sup>1</sup>, Kateryna Prychyna<sup>2</sup>, Iryna Bulich<sup>3</sup>

State Institution of Higher Education «National Mining University»,  
19, Karl Marx Av., Dnipropetrovsk, Ukraine, 49600.

E-mail: <sup>1</sup>shap-w@mail.ru, <sup>2</sup>PSCatherine@i.ua, <sup>3</sup>irynabulich@gmail.com

Received 20 May 2014; accepted 21 November 2014.

**Abstract.** A probabilistic method of determining slope stability ratio allowing to estimate and compensate the drawback caused by the spread in particular values is described. The stability situation of an arbitrary slip surface slope in order to use the results for the different stability calculation methods is considered. It is proved that the inhomogeneity of ground layer structure and the inequality of slip curve distribution of restraining and shearing forces must be taken into account to improve the accuracy of determining slope stability ratio. Inherently given approach reflects the method of determining the normative and soil characteristics. Based on the investigation results a universal algorithm for determining design values of the slope stability ratio using the mathematical statistics methods has been developed. It is pointed out, that the main advantage of the proposed method of determining stability ratio compared to the generally accepted methods is in the ability to determine the range of change at a given confidence coefficient interval.

**Keywords:** slope, stability ratio, probabilistic method, shearing and restraining forces, design and normative characteristics, ground safety factor.

### Введение.

*Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими задачами*

Проблема адекватного определения коэффициента устойчивости откосов и склонов весьма актуальна, что доказывает постоянный рост числа оползневых аварий по всему миру как следствия прогрессирующих застроек, использования земельных территорий с неблагоприятным рельефом и гидрометеорологических факторов [1–4].

В ходе множества расчетов с использованием различных методов для одних и тех же исходных данных могут быть получены различные значения коэффициентов устойчивости склонов. Такое положение вещей говорит о необходимости постоянного совершенствования методов расчета откосов и исследования взаимосвя-

зи между полученными данными. Поскольку в ходе расчетов приходится иметь дело с неоднозначностью и значительным разбросом значений полученных результатов, возникает необходимость в разработке методик, которые бы позволили корректно учесть полученное многообразие значений и на их основе вывести единственно правильное значение. Для этого необходимо использовать методы математической статистики, которые смогут скорректировать распространенные методики расчетов [5–7].

*Анализ последних исследований и публикаций, в которых положено начало решению данной проблемы*

В настоящее время при определении коэффициента устойчивости откосов и склонов используется детерминированный подход [4, 8–14]. При этом строение грунтовой толщи, а следовательно,

и распределение по поверхности скольжения удерживающих и сдвигающих сил носит случайный характер.

При написании настоящей статьи преследовалась цель обосновать стохастический подход к определению коэффициента устойчивости откосов (склонов) и на этой основе разработать методику определения их коэффициента устойчивости.

*Постановка задачи исследований*

Задача исследований была сформулирована следующим образом. Известны исходные данные:

- инженерно-геологическое строение слагающего грунтовой откос основания;
- свойства грунтовых слоев основания;
- уравнение кривой скольжения откоса;
- значения сдвигающих и удерживающих сил.

Требуется определить коэффициент устойчивости откоса с учетом неоднородности строения и распределения сдвигающих и удерживающих сил (рис. 1).

**Основная часть. Изложение основного материала исследования**

Рассмотрим грунтовой откос, обрушение которого происходит по кривой скольжения произвольной формы (т. е. она может иметь вид ломаной линии, отрезка дуги окружности, отрезка прямой линии, параболы и т. д.).

Для определения коэффициента устойчивости могут быть использованы либо проекции сдвигающих сил на координатные оси, либо опрокидывающий и удерживающий моменты относительно некоторого центра вращения [4, 8–11].

Иными словами, в пределах каждого из отсеков рассматриваются либо разности вида

$$T_i = k \cdot T_{cd,i} - T_{y\partial,i}, \tag{1}$$

либо

$$M_i = k \cdot M_{cd,i} - M_{y\partial,i}. \tag{2}$$

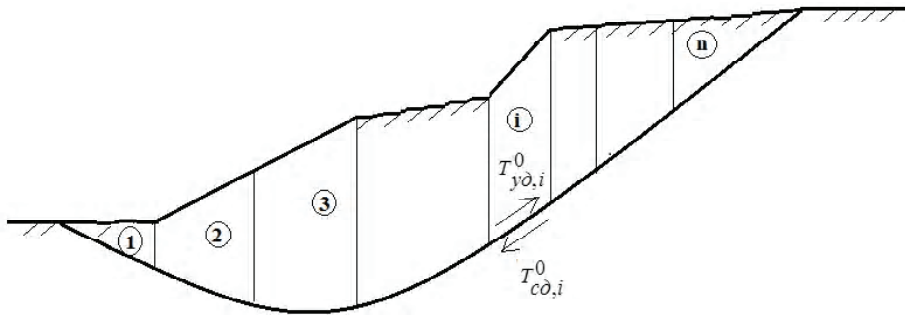
Здесь  $T_i$  – проекция разности удерживающих и сдвигающих сил в пределах  $i$ -того отсека при заданном коэффициенте устойчивости  $k$  на координатные оси (т. е. либо на ось  $Ox$  либо на ось  $Oy$ );  $T_{y\partial,i}^0$  – то же, удерживающих сил;  $T_{cd,i}^0$  – то же, сдвигающих сил;  $M_i$  – разность удерживающего ( $M_{y\partial,i}$ ) и сдвигающего ( $M_{cd,i}$ ) моментов при заданном коэффициенте устойчивости  $k$ .

Поскольку равенства (1) и (2) по форме абсолютно идентичны, в ходе дальнейшего изложения материала будем рассматривать равенство (1).

Для определения коэффициента устойчивости  $k$  мы имеем переопределенную систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= k \cdot T_{cd,1} - T_{y\partial,1}; \\ T_2 &= k \cdot T_{cd,2} - T_{y\partial,2}; \\ &\dots\dots\dots \\ T_i &= k \cdot T_{cd,i} - T_{y\partial,i}; \\ &\dots\dots\dots \\ T_n &= k \cdot T_{cd,n} - T_{y\partial,n}. \end{aligned} \right\} \tag{3}$$

где  $n$  – число отсеков, на которые разбита расчетная область.



**Рисунок 1.** К определению коэффициента устойчивости грунтового откоса. Расчетная схема откоса. 1, 2, 3, ..., i, ..., n – номера отсеков;  $T_{y\partial,i}^0$  – действующие в пределах  $i$ -того отсека удерживающие силы;  $T_{cd,i}^0$  – то же, сдвигающие.

Для решения системы уравнений (3) методом наименьших квадратов построим функционал вида [15]:

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \left( k \cdot T_{cd,i} - T_{y\partial,i} \right)^2. \quad (5)$$

Этот функционал имеет минимум при выполнении условия:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n T_{y\partial,i} \cdot T_{cd,i}}{\sum_{i=1}^n T_{cd,i}^2}. \quad (6)$$

Формула (6) позволяет определить нормативное значение коэффициента устойчивости  $k$ .

Для определения расчетного значения коэффициента устойчивости откосов и склонов поступим следующим образом [7, 8]:

1. Представим расчетные значения разности (1) в виде:

$$T_i^P = k^P \cdot T_{cd,i} - T_{y\partial,i}. \quad (7)$$

2. С использованием равенства (1) найдем нормативное значение разности удерживающих и сдвигающих сил  $T^H$  при заданном значении коэффициента устойчивости  $k$ :

$$T^H = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left( k \cdot T_i^{cd} - T_i^{y\partial} \right). \quad (8)$$

3. Далее найдем смещенное среднее квадратичное отклонение. Для этой цели используем формулу вида:

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \left[ T^H - \left( k \cdot T_i^{cd} - T_i^{y\partial} \right) \right]^2}. \quad (9)$$

4. Коэффициент вариации найдем по формуле:

$$V = \frac{\sigma_A}{T^H} = \sqrt{\frac{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \left[ T^H - \left( k \cdot T_i^{cd} - T_i^{y\partial} \right) \right]^2}{T^H}}. \quad (10)$$

5. Согласно [16], коэффициент безопасности по грунту  $\gamma_g$  найдем с использованием формул:

$$\left. \begin{aligned} \gamma_g &= \frac{1}{1 \pm \rho}; \\ \rho &= \frac{t_\alpha \cdot V}{\sqrt{n}} = t_\alpha \cdot \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \left[ T^H - \left( k \cdot T_i^{cd} - T_i^{y\partial} \right) \right]^2}}{\sqrt{n} \cdot T^H} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

6. Далее выполним преобразования [17–18]:

$$T^P = \frac{T^H}{\gamma_g} = T^H \cdot (1 \pm \rho) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( k \cdot T_i^{cd} - T_i^{y\partial} \right) \cdot (1 \pm \rho);$$

$$T^P = \frac{T^H}{\gamma_g} = T^H \cdot (1 \pm \rho) = \frac{1}{n} (1 \pm \rho) \cdot \sum_{i=1}^n k \cdot T_i^{cd} - (1 \pm \rho) \cdot \sum_{i=1}^n T_i^{y\partial};$$

$$\begin{aligned} &\frac{1}{n} (k_p \cdot \sum_{i=1}^n T_i^{cd} - \sum_{i=1}^n T_i^{y\partial}) = \\ &= \frac{1}{n} ((1 \pm \rho) \cdot k \cdot \sum_{i=1}^n T_i^{cd} - (1 \pm \rho) \cdot \sum_{i=1}^n T_i^{y\partial}); \end{aligned}$$

Разделив обе части уравнения на  $\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n T_i^{cd}$ , получим:

$$k_p - \frac{\sum_{i=1}^n T_i^{y\partial}}{\sum_{i=1}^n T_i^{cd}} = (1 \pm \rho) \cdot k - (1 \pm \rho) \cdot \frac{\sum_{i=1}^n T_i^{y\partial}}{\sum_{i=1}^n T_i^{cd}} =$$

$$= (1 \pm \rho) \cdot k - \frac{\sum_{i=1}^n T_i^{y\partial}}{\sum_{i=1}^n T_i^{cd}} \pm \rho \cdot \frac{\sum_{i=1}^n T_i^{y\partial}}{\sum_{i=1}^n T_i^{cd}}.$$

Положив, что  $\rho \cdot \frac{\sum_{i=1}^n T_i^{y\partial}}{\sum_{i=1}^n T_i^{cd}} \approx 0$ , найдем оконча-

тельно:

$$k_p = (1 \pm \rho) \cdot k. \quad (12)$$

Равенство (12) позволяет обеспечить некоторый запас по сравнению с точной формулой для определения расчетного значения коэффициента устойчивости  $k_p$  с использованием его нормативного значения  $k$ .

### Заключение

Изложенные в настоящей статье материалы исследований позволили нам сделать следующие выводы.

1. Для повышения точности определения коэффициента устойчивости грунтовых откосов (склонов) необходимо учитывать неоднородность строения грунтовой толщи и неравномерность распределения по кривой скольжения удерживающих и сдвигающих сил.
2. На основании результатов исследования разработан универсальный алгоритм определения расчетных значений коэффициента устойчивости откосов и склонов с использованием

методов математической статистики.

Данный метод может быть использован при расчете коэффициента устойчивости с использованием методов Герсеванова, круглоцилиндрической, ломаной поверхностей скольжения и им подобных методов.

Основным достоинством предлагаемого метода определения коэффициента устойчивости по сравнению с общепринятыми является возможность определения диапазона его изменения на заданном интервале доверительной вероятности (в механике грунтов при решении задач устойчивости и прочности его обычно принимают равным  $\alpha=0,95$  [7, 8]).

### Литература

1. Оползень в Афганистане унес 2100 жизней [Электронный ресурс] / отредактировано автором // ДНИ.РУ : Интернет газета. – 2014. – 03 мая. – Режим доступа : <http://www.dni.ru/incidents/2014/5/3/269819.html>.
2. Оползень в Вайоминге разрезал надвое жилой дом [Электронный ресурс] / отредактировано автором // НАША ПЛАНЕТА. – 2014. – 21 апреля. – Режим доступа : [http://nashaplaneta.su/blog/opolzen\\_v\\_vajominge\\_razrezal\\_nadvoe\\_zhiloj\\_dom/2014-04-21-25402](http://nashaplaneta.su/blog/opolzen_v_vajominge_razrezal_nadvoe_zhiloj_dom/2014-04-21-25402).
3. Самые катастрофические оползни 20–21 века [Электронный ресурс] / отредактировано автором // Mostinfo.su. – 2012. – 06 ноября. – Режим доступа : <http://mostinfo.su/79-samyebolshieopolzni.html>.
4. Гинзбург, Л. К. Противооползневые удерживающие конструкции [Текст] : монография / Леонид Константинович Гинзбург. – М. : Стройиздат, 1979. – 80 с.
5. Артеменко, Т. К. Оползни в сложных инженерно-геологических условиях [Текст] / Т. К. Артеменко, С. А. Бычков // Зб. наук. праць (галузево машинобуд., буд-во) / Пол. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – Полтава : ПолітНТУ, 2003. – Вип. 12. – С. 3–7.
6. Проблеми, які потребують наукових досліджень при проектуванні і будівництві в умовах зсувних територій [Текст] / С. В. Біда, Ю. Й. Великодний, В. А. Тигаренко, А. М. Ягольник // Галузево машинобудування і будівництво. – Полтава, 2002. – Вип. 9. – С. 24–27.
7. Максимова-Гуляева, Н. А. К вопросу о механизме формирования поверхности скольжения оползней днепровского типа [Текст] / Н. А. Максимова-Гуляева // Механіка ґрунтів, геотехніка,

### References

1. Landslide in Afghanistan has taken away 2100 lives. Accessed at: <http://www.dni.ru/incidents/2014/5/3/269819.html>. (in Russian)
2. Landslide in Wyoming has bisected apartment building. Accessed at: [http://nashaplaneta.su/blog/opolzen\\_v\\_vajominge\\_razrezal\\_nadvoe\\_zhiloj\\_dom/2014-04-21-25402](http://nashaplaneta.su/blog/opolzen_v_vajominge_razrezal_nadvoe_zhiloj_dom/2014-04-21-25402). (in Russian)
3. The most catastrophic landslides of the 20–21th centuries. Accessed at: <http://mostinfo.su/79-samyebolshieopolzni.html>. (in Russian)
4. Ginzburg, L. K. Landslide protection holding constructions. Monograph. Moscow: Stroizdat, 1979. 80 p. (in Russian)
5. Artemenko, T. K.; Bychkov, S. A. Landslides in close geological engineering conditions. In: *Edited Volume (machine industry and civil engineering)* / Yury Kondratyuk Poltava National Technical University, 2003, Issue 12, p. 3–7. (in Russian)
6. Bida, S. V.; Velykodnyi, Yu. Y.; Tytarenko, V. A.; Yagolnyk, A. M. The problems, ordered research investigation in the design and civil engineering under the conditions of landsliding areas. In: *Machine industry and civil engineering*, 2002, Issue 9, p. 24–27. (in Ukrainian)
7. Maksimova-Guliaeva, H. A. Revisting machine of surface forming of landslides slide of Dnieper type. In: *Soil engineering, geotechnology, groundwork civil engineering*, 2004, Issue 61, p. 352–357. (in Russian)
8. Shvets, V. B.; Ginzburg, L. K.; Goldshtein, V. M. et al. Reference book on soil engineering and soil dynamics. Kyiv: Builder, 1987. 232 p. (in Russian)
9. Shapoval, V. G.; Sedin, V. L.; Shapoval, A. V. et al. Soil engineering. Textbook. Dnepropetrovsk: Thresholds, 2010. 168 p. (in Russian)
10. Cytovich, N. A. Soil engineering. Moscow: Higher School, 1979. 272 p. (in Russian)

- фундаментно-будування : Міжвідомчий науково-технічний збірник. – К., 2004. – Вип. 61. – С. 352–357.
8. Справочник по механике и динамике грунтов [Текст] / В. Б. Швец, Л. К. Гинзбург, В. М. Гольдштейн [и др.]. – К. : Будівельник, 1987. – 232 с.
  9. Механика грунтов [Текст] : учебник / В. Г. Шаповал, В. Л. Седин, А. В. Шаповал [и др.]. – Днепрпетровск : Пороги, 2010. – 168 с.
  10. Цытович, Н. А. Механика грунтов [Текст] / Н. А. Цытович. – М. : Высш. шк., 1979. – 272 с.
  11. Шашенко, А. Н. Механика грунтов [Текст] : учебный посібник / А. Н. Шашенко, В. П. Пустовойтенко, Н. В. Хозяйкина. – К. : Новий друк, 2008. – 128 с.
  12. Зарецкий, Ю. К. Современные методы расчета слабых водонасыщенных грунтов [Текст] / Ю. К. Зарецкий // VII Дунайско-Европейская конференция по механике грунтов и фундаментостроению : в 3-х томах. Т. 3. Генерал. докл. и спец. лекции. – Кишинев : [б. и.], 1983. – С. 103–122.
  13. ДБН В.1.1-24:2009. Державні будівельні норми України. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення [Текст]. – На заміну СНиП 2.01.15-90 ; чинні від 2011–01–01. – К.: Укрархбудінформ, 2010. – 69 с.
  14. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування [Текст]. – Введено вперше зі скасуванням на території України СНиП 2.02.01-83 ; чинні від 2009–07–01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 86 с.
  15. Корн, Г. Справочник по математике [Текст] / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1974. – 840 с.
  16. ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний [Текст]. – Взамен ГОСТ 20522-96 ; введ. 2013–07–01. – М. : Стандартиформ, 2013. – 16 с.
  17. К вопросу адекватного использования расчетных характеристик грунтовых оснований при определении устойчивости откосов и склонов [Текст] / А. В. Шаповал, Е. А. Шокарев, Е. В. Слободянюк [и др.] // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХНУБА, 2013. – Вип. 71. – С. 487–493.
  18. Prychyna, K. P. The Estimation of Gully Slope Stability in Urban areas [Текст] / K. P. Prychyna // The 8-th International Forum for Students and Young Researches «Widening our horizons», April 11–12, 2013 / State Institute of Higher Education «National Mining University». – D., 2013. – Volume 2. – P. 138.
  11. Shashenko, A. N.; Pustovoitenko, V. P.; Hoziakina, N. V. Soil engineering. Textbook. Kyiv: New print, 2008. 128 p. (in Russian)
  12. Zaretskii, Yu. K. Advanced techniques of calculation of poor water-saturated ground. In: *the VIIth Danube-European conference according to foundation engineering and soil engineering. In three parts. The third part. General report and special lectures.* Kishinev, 1983, p. 103–122. (in Russian)
  13. DBN V.1.1-24:2009. State construction standards. Engineering protection of buildings and constructions areas from landslides. General provisions. Kyiv: Ukrarhbudinform, 2010. 69 p. (in Ukrainian)
  14. DBN V.2.1-10-2009. Basis and foundations of constructions. General principles of designing. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2009. 86 p. (in Ukrainian)
  15. Korn, G.; Korn, T. Reference book on Mathematics. Moscow: Science, 1974. 840 p. (in Russian)
  16. GOST 20522-2012. Soils. Methods of statistical treatment of test results. Moscow: Standartinform, 2013. 16 p. (in Russian)
  17. Shapoval, A. V.; Shokarev, E. A.; Slobodianiuk, E. V. et al. On the question of proper usage of design characteristics of soil foundation at determining of slope stability. In: *Academic Mercury of Civil Engineering.* Kharkiv: KhNUBA, 2013, Issue 71, p. 487–493. (in Russian)
  18. Prychyna, K. P. The Estimation of Gully Slope Stability in Urban areas. In: *The 8-th International Forum for Students and Young Researches «Widening our horizons», April 11–12, 2013 / State Institute of Higher Education «National Mining University», 2013, Volume 2, p. 138.*

**Шаповал Володимир Григорович** – доктор технічних наук, професор кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки ДВНЗ «Національний гірничий університет». Наукові інтереси: механіка ґрунтів, основи і фундаменти; реологія та нелінійна механіка ґрунтів, стійкість укосів і схилів, неорганічна хімія.

**Причина Катерина Сергіївна** – аспірантка кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки ДВНЗ «Національний гірничий університет». Наукові інтереси: стійкість укосів і схилів, комп'ютерне моделювання процесів зсувоутворень.

**Булич Ирина Юріївна** – аспірантка кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки ДВНЗ «Національний гірничий університет». Наукові інтереси: стійкість укосів і схилів, способи стабілізації процесів зсувоутворень.

**Шаповал Владимир Григорьевич** – доктор технических наук, профессор кафедры строительства, геотехники и геомеханики ГВУЗ «Национальный горный университет». Научные интересы: механика грунтов, основания и фундаменты; реология и нелинейная механика грунтов, устойчивость откосов и склонов, неорганическая химия.

**Причина Екатерина Сергеевна** – аспирантка кафедры строительства, геотехники и геомеханики ГВУЗ «Национальный горный университет». Научные интересы: устойчивость откосов и склонов, компьютерное моделирование процессов оползнеобразования.

**Булич Ирина Юрьевна** – аспирантка кафедры строительства, геотехники и геомеханики ГВУЗ «Национальный горный университет». Научные интересы: устойчивость откосов и склонов, способы стабилизации процессов оползнеобразования.

**Shapoval Volodymyr** – D.Sc. in Engineering Sciences, Professor, Construction, Geotechnics and Geomechanics Department, State Institution of Higher Education «National Mining University». Research interests: soil mechanics, bases and foundation; rheology and nonlinear soil mechanics; slopes stability, inorganic chemistry.

**Prychyna Kateryna** – postgraduate student, Construction, Geotechnics and Geomechanics Department, State Institution of Higher Education «National Mining University». Research interests: slopes stability, computer simulation of landslides.

**Bulich Iryna** – postgraduate student, Construction, Geotechnics and Geomechanics Department, State Institution of Higher Education «National Mining University». Research interests: slopes stability, methods of landslide processes stabilization.