

МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОЯВЛЕНИЯ ОПОЛЗНЕЙ

Андреев В.С.

*Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна
кандидат технических наук, доцент*

WORLD TENDENCIES OF MANIFESTATION OF LANDSLIDES

Andrieiev V.S.

*Dnepropetrovsk National University railway transport
named after academician V. Lazaryan
candidate of technical sciences, associate professor*

АННОТАЦИЯ

В статье выполнен анализ имеющихся в технической литературе данных относительно проявления оползней в различных условиях и странах мира и на этой основе выявлены общие тенденции, присущие данному явлению. Приведенные результаты могут быть использованы для раннего оповещения населения о возможном сходе оползня, совершенствования методов эвакуации населения из оползнеопасных зон, совершенствования противооползневых мероприятий и сооружений и улучшения методов расчета и прогноза устойчивости оползней.

ABSTRACT

The article analyzes the data available in the technical literature regarding the manifestation of landslides in various conditions and countries of the world and on this basis the general tendencies inherent in this phenomenon are revealed. The resulted results can be used for the early notification of the population about possible descent of a landslide, perfection of methods of evacuation of the population from landslide zones, improvement of anti-landslide actions and constructions and improvement of methods of calculation and forecast of stability of landslides.

Ключевые слова: коэффициент устойчивости, откос (склон), объем перемещенного грунта, человеческие жертвы, аппроксимация, метод наименьших квадратов, оползень

Keywords: coefficient of stability, slope, volume of displaced soil, human victims, approximation, least squares method, landslide.

При неблагоприятном сочетании разнообразных факторов (использование под строительство территорий, которые раньше считались непригодными, вмешательство человека в окружающую среду, изменение гидрогеологических условий, землетрясения и т.д.) возможно возникновение оползней [1, 2, 3].

При этом в литературных источниках данные относительно проявления оползней носят хаотический и разрозненный характер (обычно указывается страна, в которой произошел оползень, количество жертв и очень редко - вероятная причина возникновения оползня). При этом, как правило, отсутствуют обобщения, не рассматриваются общие и частные тенденции процесса оползнеобразования [4, 5, 6, 7].

Анализ последних источников исследований и публикаций. Исследованиям проблемы устойчивости грунтовых откосов и склонов посвящены труды ученых Бишоп А, Богомолова А Н, Бурмистера Э Л., Гинзбурга Л. К., Гольдштейна М Н, Дорфмана А Г, Иванова А. И., Маслова Н Н., Петерсона К. (метод круглоцилиндрической поверхности скольжения), Соколовского В. В, Тер - Мартирояна З. Г., Тейлора Д., Ухова С. Б., Феллениуса В., Цытовича Н. А., Шадунца К Ш., Шахунянца Г.

М., Шаповала В.Г., Шашенко А.Н., Швеца В.Б. и многих других авторов.

Формулировка цели статьи. В работах выше-названных авторов в основном, рассмотрены такие аспекты процесса оползнеобразования:

- методы определения коэффициента устойчивости;
- обоснование вида функции, описывающей поверхность скольжения оползня и ее параметров;
- методы расчета и способы проектирования противооползневых сооружений;
- результаты обследования оползнеопасных территорий (в том числе и мест схода оползней);
- результаты обследования противооползневых конструкций.

При этом авторы перечисленных работ не дают ответы на такие вопросы:

1. Насколько снизилось (или возросло) количество оползней в целом?
2. Насколько снизилось (или возросло) количество человеческих жертв в результате схода оползней в целом?
3. Насколько возрос (или уменьшился) ущерб, причиненный оползнями.

Ответы на эти вопросы позволят ответить на вопрос о том, насколько актуальными являются исследования в области прогнозирования устойчивости откосов и склонов.

На решение этой задачи и направлены изложенные в настоящей работе материалы исследований.

Изложение основного материала исследования. При выполнении исследований в качестве исходных нами были использованы данные авторов [1, 2, 3, 8, 9], в которых описаны оползни за последние 100 лет.

При этом сделана попытка выявить тенденции изменения во времени числа оползней, объема перемещенного в процессе схода оползней грунта и числа человеческих жертв, обусловленных оползнеобразованием.

Исследования были выполнены в такой последовательности:

1. Выполнялось представление экспериментальных данных в графическом виде, после чего с использованием метода наименьших квадратов [10] определялась аналитическая зависимость искомой функции Y от времени t .

Точность аппроксимации оценивалась по значению коэффициента множественной корреляции r [10]. При $r \geq 0,8$ точность аппроксимации считалась удовлетворительной, а при $r < 0,8$ нет.

2. При недостаточной точности аппроксимации строилась интегральная кривая вида

$$Y(t) = \int_0^t y(\tau) \cdot d\tau.$$

Интегрирование выполнялось с использованием метода трапеций [10]. Далее с использованием метода наименьших квадратов выполнялась аппроксимация полученной таким образом табличной зависимости аналитической функцией. Точность аппроксимации оценивалась по значению коэффициента множественной корреляции r [10].

Выводы относительно тенденций делались путем сопоставления полученных в ходе выполнения пунктов 1 и 2 данных.

Была исследована зависимость числа оползней от времени за период 1911-2011 гг. (рис. 1 и таблица 1; формула (1)). Оказалось, что в данном случае линия тренда имеет положительный угол наклона к оси абсцисс, в силу чего имеет место тенденция увеличения числа оползней во времени.

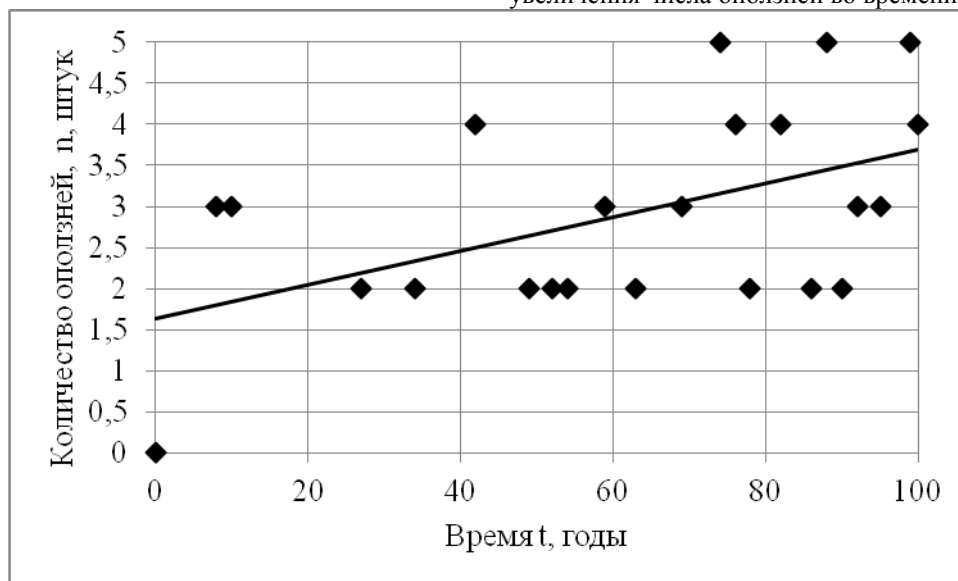


Рис.1. Зависимость числа оползней от времени за период 1911-2011 гг.

Примечание: точки – число оползней, сплошная линия – линия тренда

Из рис. 1 вытекает, что число оползней за рассмотренный период возросло приблизительно в 2 раза.

При этом коэффициент множественной корреляции $r = 0,50 < 0,8$ (таблица 1, строка 1), что

свидетельствует о недостаточной тесноте связи между экспериментальными точками. Поэтому нами также была проанализирована зависимость вида:

Таблица 1

Результаты аппроксимации

| N п.п. | Номер рисунка | Уравнение линии тренда | Номер формулы | Коэффициент множественной корреляции <i>r</i> , д.ед. |
|--------|---------------|--|---------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 1 | $n = 0,206 \cdot t + 1,638$ | (1) | 0,500 |
| 2 | 2 | $N = 0,08 \cdot t^2 + 1,986 \cdot t$ | (3) | 0,999 |
| 3 | 3 | $v = -4,67 \cdot t + 587,22$ | (4) | 0,148 |
| 4 | 4 | $V = 1,054 \cdot t^2 + 110,95 \cdot t$ | (6) | 0,960 |
| 5 | 5 | $\kappa = 61,098 \cdot t + 1037,6$ | (7) | 0,229 |
| 6 | 6 | $y = 25.468x^2 + 1517.8x$ $K = 25,468 \cdot t^2 + 1517,8 \cdot t$ | (9) | 0,995 |

$$N(t) = \int_0^t n(\tau) \cdot d\tau \approx \sum_{i=2}^j \frac{(n_{i-1} + n_i)}{2} \cdot (t_i - t_{i-1}); \left. \begin{matrix} j \in (1, n); t_n = 100 \text{ лет.} \end{matrix} \right\} \quad (2)$$

где *N* – интегральная характеристика оползней на интервале времен $t \in (0, t_j)$, имеющая размерность [ед.*год]; t_i – текущий момент времени; $n = 100 \text{ лет}$ – временной интервал наблюдений за оползнями (рис. 2).

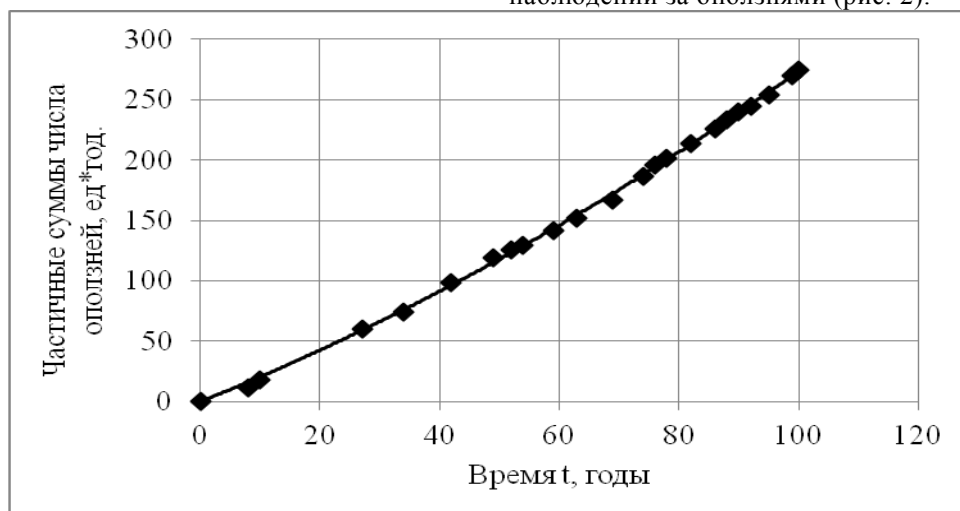


Рис. 2. Зависимость частичных сумм числа оползней от времени за период 1911-2011 гг.
Примечание: точки – число оползней, сплошная линия – линия тренда

Оказалось, что в данном случае коэффициент множественной корреляции $r = 0,999 > 0,8$ (таблица 1, строка 2), что свидетельствует о хорошей тесноте связи между экспериментальными точками.

Далее найдем скорость изменения числа оползней за единицу времени. Для этого возьмем первую производную от полученного нами уравнения линии тренда (табл. 1 строка 2). Имеем:

$$\frac{dN}{dt} = 0,16 \cdot t + 1,986.$$

В данном случае коэффициент наклона кривой к оси абсцисс имеет положительное значение, в силу чего имеет место тенденция увеличения числа оползней в единицу времени.

Этот вывод находится в хорошем соответствии с выводом, который был сделан в ходе анализа представленной на рисунке 1 линии тренда.

Изложенное позволило нам сделать вывод о том что, несмотря на технический прогресс, имеет место четкая тенденция возрастания числа оползней во времени.

Данных относительно числа оползней недостаточно для формулировки окончательных выводов относительно тенденций оползнеобразования, по-

сколько каждый оползень характеризуется объемом перемещенной грунтовой массы (рис. 3 и уравнение регрессии (4) в табл. 1).

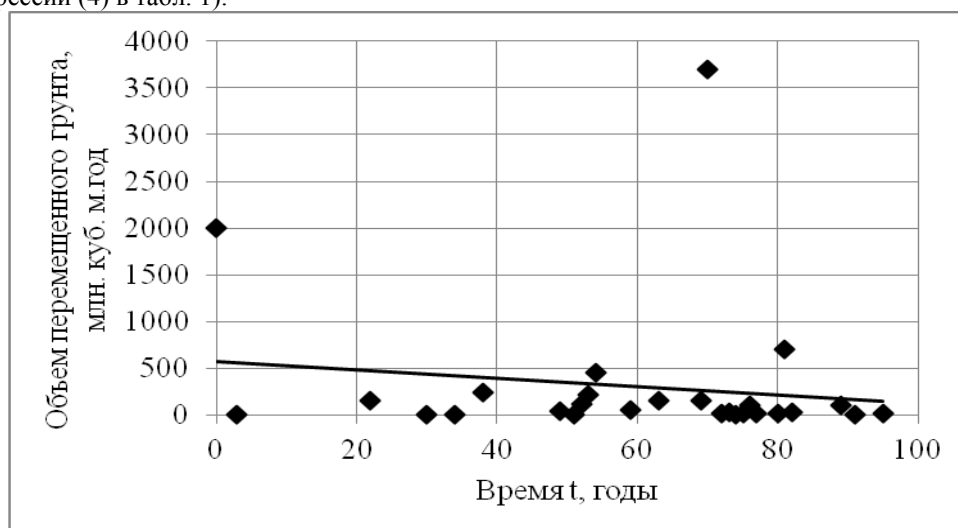


Рис.3. Зависимость объема перемещенного в результате схода оползней грунта от времени за период 1911-2011 гг.

Примечание: точки – объем перемещенного грунта, сплошная линия – линия тренда

Оказалось, что в данном случае линия тренда имеет отрицательное значение коэффициента наклона к оси ординат, что свидетельствует о тенденции уменьшения с течением времени объема перемещенной, в результате оползнеобразования, массы грунта (таблица 1, строка 3).

При этом значение коэффициента корреляции $r = 0,148$ свидетельствует о слабой связи между экспериментальными данными [10].

Поэтому нами также была проанализирована зависимость вида:

$$V(t) = \int_0^t v(\tau) \cdot d\tau \approx \left. \sum_{i=2}^j \frac{(v_{i-1} + v_i)}{2} \cdot (t_i - t_{i-1}) \right\}, \quad (5)$$

$j \in (1, n); t_n = 100 \text{ лет.}$

где V – интегральная характеристика объем перемещенного в результате схода оползней грунта на интервале времен $t \in (0, t_j)$, имеющая размер-

ность млн.куб.м.*год; v_i – объем грунта, перемещенный на текущий момент времени; t_i ; $n = 100 \text{ лет}$ – временной интервал наблюдений за оползнями (рис. 4).

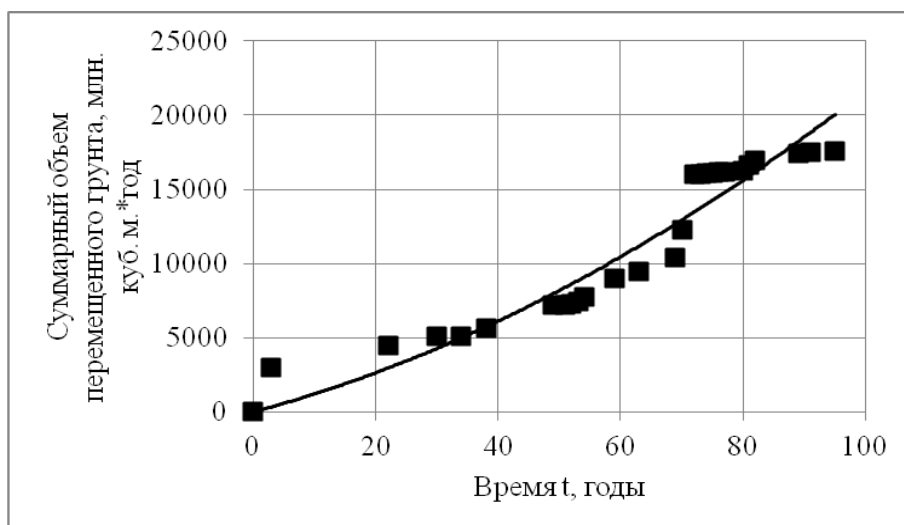


Рис. 4. Зависимость суммарного объема перемещенной в результате схода оползней грунтовой массы от времени за период 1911-2011 гг.

Примечание: точки – число оползней, сплошная линия – линия тренда

Оказалось, что в данном случае коэффициент множественной корреляции $r = 0,925 > 0,8$ (таблица 1, строка 4), что свидетельствует о хорошей тесноте связи между экспериментальными точками.

Кроме того, первая производная от уравнения регрессии (формула (6) в таблице 1)

$$\frac{dV}{dt} = 2,108 \cdot t + 110,95,$$

имеет положительный коэффициент наклона к оси абсцисс, что свидетельствует об увеличении скорости изменения во времени объема перемещенного в результате схода оползней грунта.

Этот вывод противоречит выводу, который был сделан в ходе анализа представленной на рисунке 3 линии тренда.

Таким образом, мы имеем две взаимоисключающие друг друга тенденции, в силу чего вопрос о возрастании (или уменьшении) объема перемещенного в процессе оползне образования грунта остается открытым.

Данных относительно числа оползней и объема перемещенной при сходе грунтовой массы недостаточно для формулировки окончательных выводов относительно тенденций оползне образования, поскольку оползни зачастую приводят к человеческим жертвам характеризуется (рис. 5 и уравнение регрессии (7) в табл. 1).

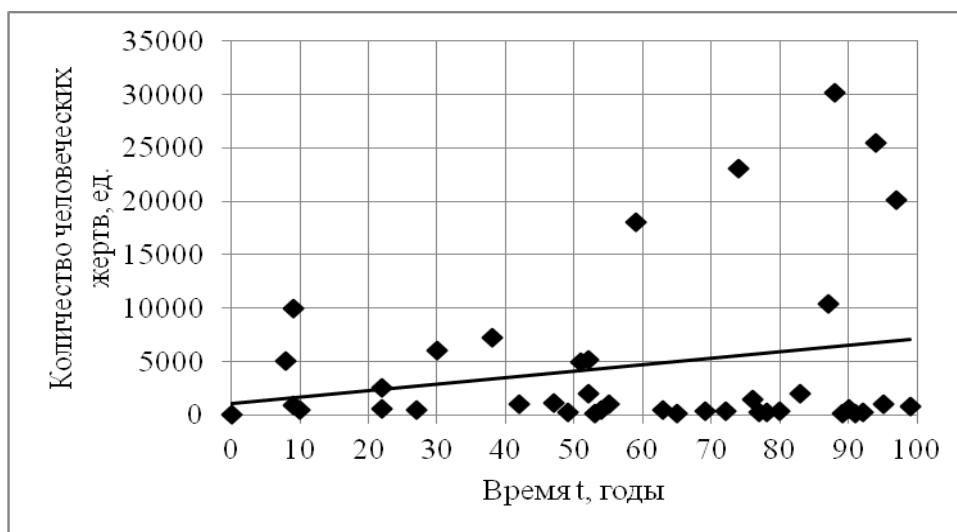


Рис. 5. Зависимость числа человеческих жертв, произошедших в результате оползне образования, от времени за период 1911-2011 гг.

Примечание: точки – количество человеческих жертв, сплошная линия – линия тренда

В данном случае коэффициент наклона линии тренда к оси абсцисс больше нуля, в силу чего имеет место тенденция возрастания числа человеческих жертв, произошедших в результате оползне образования. При этом, поскольку коэффициент

множественной корреляции $r = 0,229 < 0,8$ (строка 5 таблицы 1), данный вывод нуждается в дополнительном обосновании.

Поэтому нами дополнительно была проанализирована зависимость вида:

$$K(t) = \int_0^t \kappa(\tau) \cdot d\tau \approx \sum_{i=2}^j \frac{(\kappa_{i-1} + \kappa_i)}{2} \cdot (t_i - t_{i-1}); \left. \begin{matrix} \\ j \in (1, n); t_n = 100 \text{ лет.} \end{matrix} \right\} \quad (8)$$

где K – суммарное количество человеческих жертв в результате схода оползней грунта на интервале времен $t \in (0, t_j)$; κ_j – количества человеческих жертв на текущий момент времени; t_j ;

$n = 100 \text{ лет}$ – временной интервал наблюдений за оползнями (рис. 6).

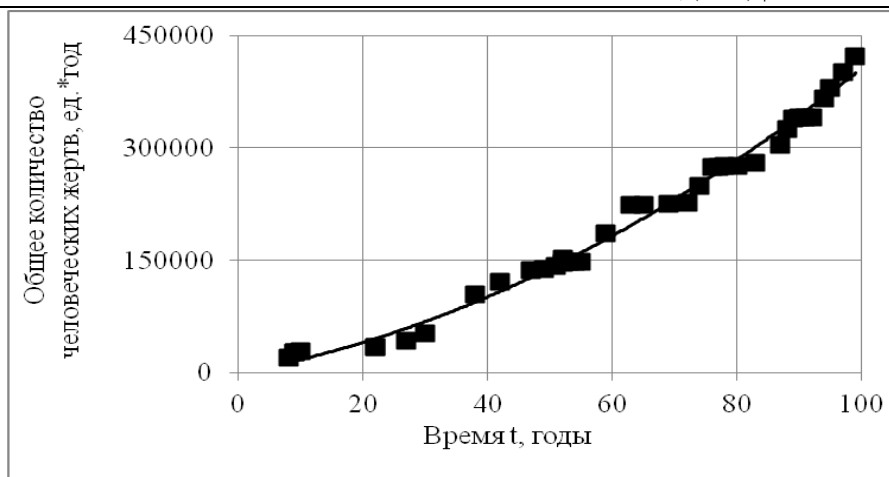


Рис. 6. Зависимость суммарного числа человеческих жертв, произошедших в результате схода оползней от времени за период 1911-2011 гг.

Примечание: точки – количество летальных случаев, сплошная линия – линия тренда

В данном случае коэффициент множественной корреляции $r = 0,988 > 0,8$ (таблица 1, строка 6), что свидетельствует о хорошей тесноте связи между экспериментальными точками.

Кроме того, первая производная от уравнения регрессии (формула (9) в таблице 1)

$$\frac{dK}{dt} = 50,936 \cdot t + 1517,8$$

имеет положительный коэффициент наклона к оси абсцисс, что свидетельствует об увеличении скорости изменения во времени летальных случаев в результате схода оползней грунта.

Этот вывод полностью совпадает с выводом, который был сделан в ходе анализа представленной на рисунке 5 линии тренда. Таким образом, имеет место тенденция увеличения во времени человеческих жертв, обусловленных оползнеобразованием.

Выводы. Изложенные в настоящей статье материалы исследований позволили нам сделать такие выводы:

1. На рассмотренном интервале времени имеют место две четкие тенденции возрастание с течением времени числа оползней и количества человеческих жертв, причиной которых являются оползневые явления.

2. Четкой временной тенденции относительно объема перемещенной в результате схода оползней грунтовой массы выявить не удалось. Этот вопрос нуждается в уточнении.

В целом был сделан вывод о том, что проблема противооползневой защиты населения является актуальной и нуждается в решении.

На наш взгляд, решение этой проблемы необходимо осуществлять в направлении:

1. Раннего оповещения населения о возможном сходе оползня.
2. Совершенствования методов эвакуации населения из оползнеопасных зон.
3. Совершенствования противооползневых мероприятий и сооружений.
4. Улучшения методов расчета и прогноза устойчивости оползней.

Литература

1. Оползень в Афганистане унес 2100 жизней [Электронный ресурс]: ДНИ.РУ Интернет газета. – 03 мая 2014 г. – 03 мая 2014 г. – Режим доступа: <http://www.dni.ru/incidents/2014/5/3/269819.html>.
2. Оползень в Вайоминге разрезал надвое жилой дом [Электронный ресурс]: НАША ПЛАНЕТА. – 21 апреля 2014 г. – 3 мая 2014 г. – Режим доступа: http://nashaplaneta.su/blog/opolzen_v_vajominge_razrezal_nadvoe_zhiloj_dom/2014-04-21-25402.
3. Изучение строения тела оползня в парке Коломенское в Москве / [В. А. Волков, А. В. Тихонов, С. А. Моисеенко и др.]. – Москва: Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН.
4. Оползни и инженерная практика : [под ред. Э.Б. Эккеля / сокращ. пер. с англ. проф. М.Н. Гольдштейна]. – М.: Трансжелдориздат, 1960.
5. Механика грунтов, основания и фундаменты: [учебник] / С. Б. Ухов, В. В. Семенов, В. В. Знаменский, З. Г. Тер-Мартirosян, С. Н. Чернышев. – М.: Высш. Шк., 2002. – 566 с.
6. Дорфман А. Г. Вариационный метод исследования устойчивости откосов / А.Г. Дорфман // Вопросы геотехники. Проблемы механики земляного полотна железных дорог: труды ДИИЖТ. – М.: Издательство "Транспорт", 1965. – № 9. – С. 17–25.
7. Гинзбург Л. К. Противооползневые сооружения / Л. К. Гинзбург. – Днепропетровск: Лира ЛТД, 2007. – 188 с.
8. Самые катастрофические оползни 20 -21 века [Электронный ресурс]. – Mostinfo.su. – 06 ноября, 2012 – 05 мая, 2014. – Режим доступа: <http://mostinfo.su/79-samye-bolshie-opolzni.html>.
9. Зуска А. В. Применения геодезического мониторинга эффективности защитных сооружений и состояния склонов балок с целью предотвращения оползневых процессов / А. В. Зуска, О. Л. Горбатов // Научный вестник Национального горного университета. – 2010. – № 11–12. – С. 25–32.
10. Корн Г. и Корн Т. Справочник по математике. – М.: Наука, 1974. – 840 с.