

О связи вариаций поля радиоактивной эманации с процессом глубинной ползучести оползневого склона

Р. К. Гаспарян¹

¹ Институт геофизики и инженерной сейсмологии НАН РА, г. Гюмри, Армения
e-mail: rolan_gasparyan@mail.ru

Аннотация: Рассмотрены некоторые особенности радиоэманационного метода исследования напряженно-деформированного состояния оползневых склонов. На основе теории глубинной ползучести склонов Г.И. Тер-Степаняна, предлагается механизм формирования аномалий радиоактивной эманации в пределах развития оползневого процесса. Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что все три фазы подготовки и динамики процесса глубинной ползучести характеризуются экстремальными значениями поля радиоактивной эманации. Мониторинг наблюдений поля радиоактивной эманации позволяет оценить пространственно-временные изменения геодинамического состояния оползневого массива.

Ключевые слова: геодинамика, оползень, глубинная ползучесть, радиоэманационный метод

On the relationship of variations in the field of radioactive emanation with the process of deep creep of a landslide slope

R. K. Gasparyan¹

¹ Institute of Geophysics and Engineering Seismology of the National Academy of Sciences,
Gyumri, Republic of Armenia
e-mail: rolan_gasparyan@mail.ru

Abstract: Some features of the radio emanation method for studying the stress-strain state of landslide slopes are considered. On the basis of G.I. Ter-Stepanyan's theory of deep slope creep, a mechanism for the formation of anomalies of radioactive emanation within the development of a landslide process is proposed. The results of experimental studies indicate that all three phases of the preparation and dynamics of the deep creep process are characterized by extreme values of the radioactive emanation field. Monitoring of observations of the field of radioactive emanation makes it possible to evaluate spatio-temporal changes in the geodynamic state of the landslide massif.

Keywords: geodynamics, landslide, deep creep, radio emanation method

Введение

В последние 10-15 лет на территории Армении отмечается резкая интенсификация оползневых процессов, связанная с общей активизацией геодинамической обстановки во всем Альпийско-Гималайском регионе, климатическими изменениями, вырубкой лесов на больших площадях, небрежным использованием оросительных вод, непродуманными подрезками и перегрузками склонов, прекращением выполнения противооползневых мероприятий из-за отсутствия финансов [1, 2].

Как известно, обоснованная оценка оползневой опасности требует решения целого ряда вопросов, касающихся строения склона, его состава, состояния, свойств, условий залегания и мощности отдельных толщ горных пород, их водо-

обильности. Решение этих вопросов, наряду с данными о климатических, гидро-геологических и сейсмических условиях района, сведениями о деятельности человека и истории развития оползня, является основой для успешного проведения расчетов устойчивости склонов.

Мировой опыт показывает, что достоверность расчета определяется не столько строгостью применения математического аппарата, сколько наибольшей степенью учета расчетной схемы механизма деформирования склона, реальных характеристик физико-механических свойств грунтов, формы поверхности скольжения, а также фактического влияния на устойчивость склона природных и техногенных факторов.

Методы и материалы

Из сказанного следует, что важнейшим этапом прогноза оползневых подвижек является всестороннее и многоплановое изучение оползневых склонов путем привлечения комплекса методов, основанных на изучении различных параметров геологической среды. Применение традиционных инженерно-геологических и геотехнических методов далеко не всегда позволяют с необходимой полнотой ответить на выше поставленные вопросы. В этом отношении применение геофизических методов открывает дополнительные возможности. Они позволяют обследовать большие площади при детальности наблюдений, недоступной для других видов геологических изысканий. В частности, замеряемые параметры геофизических полей автоматически учитывают те геодинамические, геологические и гидрогеологические особенности, которые иногда невозможно идентифицировать по отдельности. Наконец, неизмеримо возрастают возможности мониторинговых наблюдений, так как геофизические измерения позволяют получить непрерывную пространство-временную информацию о напряженно-деформированном состоянии пород оползневого массива без нарушения природных условий [3].

Не заостряя внимание на известных преимуществах геофизических методов исследования оползней, отметим, что существенные трудности возникают при изысканиях, проводимых на урбанизированных территориях, где геофизические поля большей частью подвергаются искажению полями - помехами электромагнитного и механического происхождения. В этой связи наиболее помехоустойчивыми являются методы, основанные на изучении газовых компонентов и параметров естественной радиоактивности геологической среды [4–6].

Наиболее чувствительным среди радиометрических методов, реагирующих на изменение полей напряжений и деформаций массива пород, является радиоэманационный. Радиометрические методы изучения оползней базируются на возможности исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) оползневых склонов по данным о пространственно-временных изменениях поля радиоактивной эманации (ПРЭ). В результате проведения большого объема экспериментальных исследований [7] были выявлены общие закономерности изменения параметров эманационного поля и НДС горных пород, которые свидетельствуют о детерминированном характере развития геодинамических процессов

в горном массиве – “вплоть до перехода определенных объемов пород в состояние неустойчивого равновесия с последующим выбросом энергии в форме определенного геодинамического процесса” (сейсмический и горный удар, оползень).

Из теории эманационного метода известно, что для бесконечного полупространства концентрация эманации в грунтовом воздухе описывается следующей формулой [3]:

$$N_{\infty} = 3.7 \cdot 10^{10} \cdot N_{Ra} \cdot \rho \cdot \alpha \cdot \eta^{-1}$$

где N_{∞} - концентрация эманации в грунтовом воздухе, Бк/л ; N_{Ra} - содержание радия в грунте, г/г породы; ρ - плотность грунта, г/см³; α - коэффициент эманирования; η - пористость (открытые поры).

Как видно из формулы концентрация эманации в грунте, помимо количества радиоэлементов, зависит также от петрофизических свойств и коэффициента эманирования горных пород. Допуская, что для конкретных типов горных пород $N_{Ra} \approx const$, легко заметить, что N_{∞} будет зависеть только от ρ, η, α . Именно эти параметры терпят наибольшие изменения в различных геодинамических зонах (оползни, карст, тектонические нарушения и др.), оказывая тем самым существенное влияние на процесс накопления и перемещения радиоактивной эманации в горных породах. Так, режимные радиоэманационные наблюдения, выполненные на различных оползнях Армении, свидетельствуют о высокой дифференцированности эманационного поля в пределах действующего оползня. Характерной особенностью ПРЭ вдоль склона является аномально высокие значения суммарной концентрации эманации в районе главного уступа оползня.

Результаты

Исходя из теории глубинной ползучести склонов, разработанной Г.И.Тер-Степаняном [8], можно констатировать, что в верхней устойчивой части склона, на некоторой глубине происходит концентрация касательных напряжений. Ползучесть происходит в замкнутой зоне, в которой напряженное состояние грунта оценивается коэффициентом мобилизованного сопротивления сдвигу $tg\Theta_0$ - величина которого определяется отношением касательных и приведенных напряжений.

Вследствие медленного движения грунтовой массы в зоне ползучести образуются оползневые трещины, окружая таким образом эту зону (рис. 1).

Сама зона является деформированной частью непрерывной среды. Сверху и снизу зоны ползучести соответственно расположены недеформированная и движущаяся части склона. Как правило, глубинная ползучесть рассматривается как подготовительная стадия к собственно оползням, которая накладывается на общую тенденцию геологического развития оползня. Такое распределение напряжений и ползучести называется очаговым [8]. Зона ползучести располагается вдоль поверхности скольжения ДЕ (рис. 1), по которой происходит переме-

щение оползневого грунта. Вследствие этого изменяется напряженное состояние склона, т.е. передняя часть зоны ползучести сжимается, а задняя – расширяется. Таким образом, в процесс оползня вовлекаются участки потенциальной поверхности скольжения.

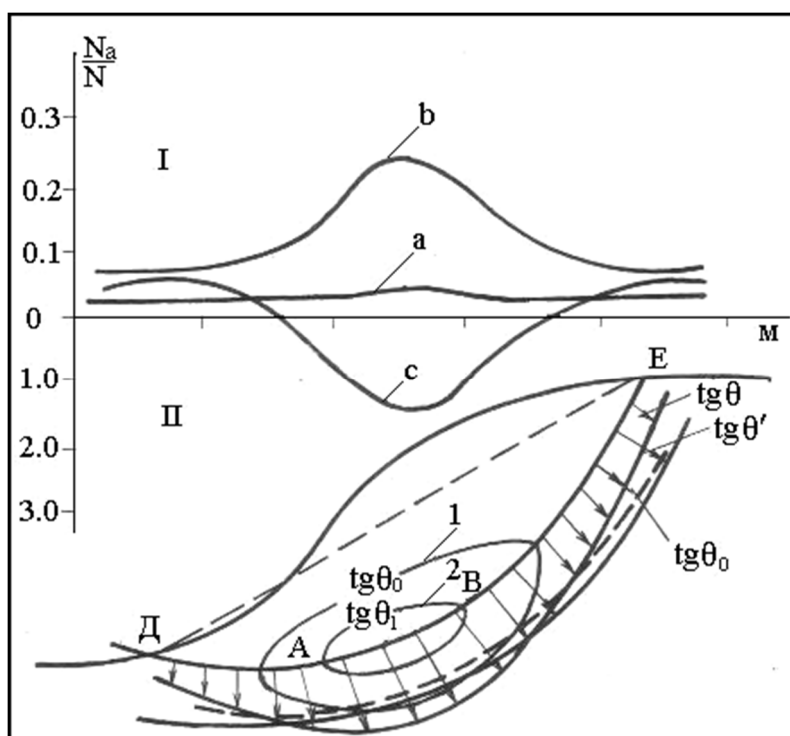


Рис. 1. Нормированные значения концентрации эманации (I) и распределение значений коэффициента мобилизованного сопротивления сдвигу (II) вдоль потенциальной поверхности скольжения ДЕ оползня

Обсуждение

Аномальная концентрация эманации выше бровки отрыва оползня обусловлена возникновением и формированием очаговой зоны глубинной ползучести, где образуются микротрещины растяжения, способствующие перемещению свободной эманации к дневной поверхности. Другими словами в зоне глубинной ползучести увеличиваются коэффициенты диффузии (D) и эманирования (α) оползневых грунтов (рис. 1).

Не претендуя на однозначность такого толкования процесса эманирования горных пород в геодинамических зонах, в частности, на участках развития оползневых процессов, отметим, что по результатам экспериментальных исследований все три фазы подготовки процесса глубинной ползучести характеризуются экстремальными значениями поля радиоактивной эманации (таблица 1).

Концентрация эманации при различных фазах глубинной ползучести оползневых склонов ($tg\theta_0$ - некоторое пороговое значение мобилизованного сопротивления сдвигу, при котором еще не происходят длительные деформации; $tg\theta'$ - значение мобилизованного сопротивления сдвигу при срезе грунта).

Таблица 1

Фазы ползучести	Коэффициент мобилизованного сопротивления сдвигу ($tg\Theta_0$)	Концентрация эманации (N_{Rn})
а). отсутствие длительных деформаций (фаза жесткости)	$0 < tg\Theta < tg\Theta_0$	фоновое
б). длительные деформации (фаза полз-чести)	$tg\Theta_0 < tg\Theta < tg\varphi'$	максимальное
с). происходит срез (фаза пластичности)	$tg\Theta = tg\varphi'$	минимальное

Заключение

Таким образом изучение вариации радиоэманационного поля на потенциально оползнеопасных склонах может дать ценную информацию о фазе глубинной ползучести грунтов. Полученные таким образом данные в определенной степени способствуют более однозначному решению задачи прогноза оползневых явлений и оценки их динамики во времени.

– Показано, что рассмотрение механизма оползневого процесса с позиции концепции теории глубиной ползучести склонов, является вполне убедительным, для объяснения вариации эманационного поля в геодинамических зонах оползневого склона.

– Увеличение концентрации эманации в головной части оползня обусловлено образованием зоны ползучести, в которой происходит выжимание свободной эманации к почвенному слою.

– Временные флуктуации поля подпочвенной эманации вызваны миграцией зоны ползучести в пределах оползневого склона и изменением НДС оползневых блоков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бойнагрян В.Р., Степанян В. Э., Хачатрян Д.А., Ядоян Р.Б., Аракелян Д.Г., Гюрджян Ю.Г. Оползни Армении. – Ереван. – 2009. – 308 с.
2. Gasparyan R.K. Geoeological problems of the territory of Northern Armenia // International Academy Journal Web of Scholar. – 2017. – Vol.1. – №9(18) – P.42-48.
3. Новиков Г.Ф. Радиометрическая разведка: Учебник для вузов. – Л.:Недра. – 1989. – 407 с.
4. Бондаренко В.М., Викторов Г.Г., Демин Н.В. Новые методы инженерной геофизики. – М.: Недра. – 1983. – 224с.
5. Гаспарян Р.К., Газарян Г.О. Исследования вариаций естественного радиоактивного поля в целях оценки напряженно-деформированного состояния массива горных пород. В кн.: Геофизические способы контроля напряжений. ИГД АН СССР. – 1985. – с. 68-72.
6. Гаспарян Р.К. К вопросу о геофизических критериях оценки устойчивости оползневых склонов. – Изд. “Гитутюн” НАН РА, Гюмри. – 2004. – с. 47-58.
7. Николаев А.В. Проблемы геофизики XXI века. – М.: Наука. – 2003. – 311 с.
8. Тер-Степанян Г.И. Новые методы изучения оползней. – Изд.АН, Ереван. – 1978. – 151 с.

© Р. К. Гаспарян, 2022