

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В СЛОЖНОМ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ

Рахимов З.Р., к.т.н. доцент
Рудненский индустриальный институт
г. Рудный, Республика Казахстан

В работе приведены основные направления исследований по актуальной задаче обеспечения безопасности ведения горных работ на месторождениях полезных ископаемых разрабатываемых открытым способом. При разработке месторождений полезных ископаемых наиболее важной проблемой является обеспечение длительной устойчивости карьерных откосов, что способствует снижению риска возникновения техногенных катастроф. В работе предлагается для оценки устойчивости откосов и склонов учитывать изменения физико-механических свойств горных пород (потеря устойчивости первого рода), а также изменения формы объекта (потеря устойчивости второго рода).

Ключевые слова: откос, горные породы, устойчивость, моделирование. К вопросу оценки устойчивости откосов, находящихся в сложном напряженно-деформированном состоянии

В настоящее время, учитывая существенное вмешательство человеческой деятельности в естественную среду, необходимо разумное и бережное использование природных ресурсов, обеспечение безопасности людей работающих на предприятиях, проживающих вблизи откосов и склонов подвергаемых различного рода воздействиям. В связи с важностью данной направления необходимо осуществлять следующие исследования: проведение обзора и анализ научно-технической и патентной литературы для оценки возможности расчета устойчивости откоса и склонов при изменяющихся прочностных свойствах пород; исследования структурных особенностей горных пород (грунтов) обладающих в различной степени пластическими свойствами в нагруженном состоянии, которые позволят получить данные, характеризующие изменение свойств массива горных пород в пространстве. Данные свойства, как правило, оказывают существенное влияние на потерю устойчивости объекта, и их определение может оказать существенное влияние на формирование математической модели объекта и определение его устойчивости; лабораторные испытания прочностных свойств массива горных пород (грунтов) региона, которые позволят выявить свойства горных пород (грунтов), которые им присущи в естественных условиях (без влияния влаги и внешней нагрузки). Данные исследования позволят получить паспорта прочности, деформируемости и длительной прочности пород (грунтов), на основе которых можно определить устойчивость (сохранение формы исследуемого объекта); исследование влияния различных факторов на изменение физико-механических свойств горных пород (грунтов), в условиях которые могут привести к природным и техногенным катастрофам. Данное исследование заключается в определении наиболее важных факторов, которые оказывают влияние на физико-механические свойства пород (грунтов), что может привести к возникновению природных или техногенных катастроф. К основным факторам можно отнести переувлажнение (наводнения, весенний паводок), внешняя динамическая нагрузка (взрывы, землетрясения), внешняя статическая нагрузка (здания, оборудование, отвалы); исследование методами лабораторного моделирования механизма деформирования, форм и очертаний наиболее напряженных поверхностей скольжения в нагруженных откосах. Данные исследования направлены на определение процессов и этапов потери устойчивости откосов и склонов под воздействием наиболее важных факторов, которые будут определены на предыдущем этапе исследования; разработка математической модели объекта для анализа его деформирования на основе механики разрушения с учетом различных теорий потери устойчивости. Разработка математической модели объекта соответствующей природному аналогу позволит создать основу для дальнейшего компьютерного моделирования процессов потери устойчивости и определению параметров, позволяющим сохранить устойчивость в допустимых пределах; обоснование достоверности разработанных моделей устойчивости искусственных откосов и естественных склонов. Для оценки правильного формирования математической модели и результатов компьютерного моделирования необходимо оценить их точность на основе сравнения результатов техногенных и природных катастроф с результатами компьютерного моделирования; разработка метода определения устойчивости исследуемого объекта, позволяющего учесть изменения физико-механических свойств горных пород (грунтов) в процессе изменения формы объекта (потеря устойчивости второго рода). В результате разработанный метод позволит определить способ учета изменения свойств горных пород (грунтов) при расчете устойчивости объекта, который можно будет использовать в научной и практической деятельности.

Новизна предлагаемого подхода к исследованию заключается в получение знаний о свойствах изучаемого объекта и закономерностях развития природных процессов, в области, затрагивающей интересы мирового сообщества, так как в последние годы участились природные (Австралия, Турция, Китай и др.) и техногенные катастрофы (Индия, Китай, Чили, Казахстан, Россия), связанные с потерей устойчивости откосов и склонов, приведшие к значительным человеческим жертвам. Часто происходят техногенные катастрофы при разработке месторождений полезных ископаемых подземным и открытым способом, что нередко связано с изменением свойств горных пород под воздействием внешних факторов. Например, на карьерах по добыче бокситов в Северо-Западном регионе Казахстана в период с 2005 по 2010 годы произошел ряд оползней объемом более 1,0 млн. кубических метров затронувшие внешние приконтурные отвалы и борт карьера, находящийся на конечном контуре. На одном из карьеров по добыче железной руды в 2007 году произошел оползень объемом 200–500 тыс. кубических метров приведший к смерти двух человек, потери одной единицы оборудования, и остановке добычных и вскрышных работ на большом участке карьера на несколько месяцев. Аналогичные ситуации возникают при разработке месторождений полезных ископаемых в других странах мира и строительстве зданий и сооружений без учета изменения свойств пород под воздействием внешних факторов и снятия естественной (бытовой) нагрузки с массива горных пород (грунтов). Повышение уровня грунтовых вод, уровня мирового океана в связи с парниковым эффектом приводит к подтоплению огромных прибрежных территорий, что в свою очередь обеспечивает негативное воздействие на горные породы (грунты). Такое негативное воздействие с учетом внешних нагрузок от сооружений и зданий вызывает возможность изменение свойств материала, слагающих прибрежные откосы и, как следствие, провоцирует возникновение оползневых явлений. Аналогичные ситуации возникают в предгорьях в период продолжительных дождей и ливней.

Утверждение некоторых ученых и экспертов о полной изученности данного вопроса и отсутствие новизны и необходимости исследований в данном направлении необоснованны, так как катастрофы связанные с потерей устойчивости откосов и склонов не прекращаются. Даже можно утверждать, что при таком подходе их количество из года в год будет увеличиваться, так как основные принципы и закономерности определения устойчивости, сформированные в XVIII-XX веках, по-видимому, распространяются на узкий диапазон данного рода проявлений деформаций. Однако разработка месторождений полезных ископаемых требует достоверной информации о свойствах пород (грунтов) и механизмах деформации, на значительных глубинах достигающих 600-900 метров при открытой и более 1300-1800 метров при подземной разработке месторождений полезных ископаемых. При таких глубинах определенная группа пород, под действием высокого напряжения, влажности и других причин может переходить из одной фазы состояния в другую. Аналогичная ситуация возникает и со склонами водоемов и предгорий, которые в связи с широким вмешательством человеческой деятельности подвергаются внешнему воздействию (подтоплениям, переувлажнением в связи с таянием ледников, созданием гидросооружений, использованием оросительного земледелия и т.д.).

Новизна предлагаемого способа исследования заключается в комплексном подходе к проблеме потери устойчивости откосов и склонов, который основан на учете двух процессов, которые протекают в изучаемом объекте: изменение свойств пород (потеря устойчивости первого рода) и изменение формы (потеря устойчивости второго рода). Изменение свойств пород происходит под действием различных факторов, основными из которых являются снижение прочности горных пород (грунтов) во времени, под воздействием техногенных факторов (внешняя нагрузка, сейсмическое воздействие взрывов, подработка пространства карьера подземными разработками, формирование котлованов по фундаментам зданий и сооружений, подработка склонов при строительстве трубопроводов и канализационных коммуникаций и т.д.), а также под воздействием природных факторов (увеличение влажности после продолжительных ливней, наводнений, весенних паводков, резкого изменения температуры, что может привести к хрупкому разрушению пород (грунтов) и т.д.).

Обзор источников, посвященных оценке устойчивости откосов и склонов показывает, что вопросу потери устойчивости с учетом изменений свойств пород (грунтов) не уделяется должного внимания. Ниже представлен обзор отдельных источников по интересующей нас проблеме. В работе [1] исследователи обосновывают устойчивость откосов с учетом пространственного формирования деформаций изотропных пород, учитывая их объемное напряженное состояние. Решая сложную задачу в пространственной постановке, для карьеров большой глубины, тем не менее, исследователи не учитывают изменение породами прочностных и деформационных свойств, что является не совсем обоснованным предположением. Автор исследования [2] рассматривает вопросы деформирования с точки зрения устойчивости сыпучей среды, как это было предусмотрено в одних из первых работах

Ш. Кулона (Coulomb, S.) и развито в работах А. А. Бишопы, К. Янбу, В. Е. Прайса, Е. Спенсера, В. Ренкина, Л. Прандтля, Ю. А. Соболевского, Ю. Н. Малюшицкого, Д. Тейлора, В. Фелениуса, К. Терцаги, А. У. Скемптона, О. Зенкевича, В. Г. Березанцева, С.С. Голушкевича, В.В. Соколовского, Г.Л. Фисенко и др. Определенный интерес представляет работа [3], автор которой указывает на то обстоятельство, что породы (грунты) претерпевают определенное изменение в результате нагрузок которые значительно ниже предельных (20–30% от критических), однако вопрос каким образом можно использовать данные знания в определении устойчивости откосов и склонов остается открытым.

В работах [4, 5] представлена информация, повторяющая классических подходы определения устойчивости откосов и склонов, которые основаны на учете изменения свойств материалов (пород, грунтов) вводом в свойства поправочного коэффициента. Ввод поправочного коэффициента, который изменяется по различным рекомендациям от 1,0 до 2,0 [13] или от 1,0 до 1,5 [14] также является весьма спорным, что подтверждается оползнями на вновь спроектированных карьерах с завышенными углами бортов карьеров, не обеспечивающими их долговременную устойчивость. Вопрос самонапряжения пород (грунтов) находящихся под естественной (бытовой) нагрузкой рассмотрен в работе [6], что позволяет сделать вывод о разупрочнении пород (грунтов) при их вскрытии, то есть изменении их свойств. На практике часто используется правило, которое подразумевает, что установление характеристик материала должно осуществляться для наихудших условий. Однако это не всегда дает ответ на вопрос об изменениях, которые происходят с материалом в течение времени, тем более под воздействием негативных факторов. Данный вопрос требует тщательного планирования экспериментов и выявления наиболее худших комбинаций и вероятности их возникновения.

В исследованиях [7, 8] предприняты попытки определения способов и средств обеспечения устойчивости откосов нерабочих бортов карьера, которые в основном направлены на снижение негативного воздействия на породы, что способствует долговременной устойчивости, за счет сохранения свойств пород неизменными в заданном интервале времени.

Работа [9] и ряд других работ нацелены на изучение процесса ползучести пород и по сути своей на определение долговременной прочности. К сожалению, данные работы не обеспечивают оценку устойчивости откосов, склонов, подземных выработок с учетом изменения свойств пород во времени. Разрушения связных пород может происходить с затуханием и возрастанием деформаций, так как глинистые породы имеют способность восстанавливать нарушенные связи под воздействием внешних факторов (влаги, давления, температура).

Автор исследования [10] осуществляет оценку устойчивости объекта, на основе предельного равновесия, учитывая при этом неизменность свойств пород, что также подтверждает неточность получаемых результатов.

В работе [11] представлен обзор теорий прочности и их использование применительно к вопросу определения паспорта прочности в зависимости от коэффициента сплошности материала. Данная работа позволяет ответить на некоторые вопросы потери устойчивости на основе изменения свойств материала. Однако данная работа в большей степени связана с одним аспектом изменения материалов его разрушением.

В исследовании [12] представлена информация о развитии деформаций, которые основаны на исследовании поведения глинистого грунта от достигнутой степени уплотнения. При разгрузке объемных напряжений для данных пород (грунтов) проявляется потеря прочности. Данный подход подтверждает необходимость рассмотрения потери устойчивости с позиции изменения свойств материала и формы объекта.

В монографии [15] представлена информация о методах стабилизации и расчетах устойчивости откосов, которые также не учитывают существенные изменения свойств пород и основаны на классических или модифицированных методах расчетов устойчивости и укрепления откосов и склонов.

В монографии [16] автор представил использование метода конечных элементов применительно к материалам, которые не изменяют свои параметры, что несправедливо как для горных пород, так и для металлов, которые находятся в близком к критическому состоянию.

Проведенный анализ литературных источников показывает, что большое значение при оценке устойчивости откосов и склонов играют физико-механические свойства пород (грунтов), в связи с этим возникает необходимость разностороннего изучения ее структуры, свойств, механизмов деформирования.

Проведение исследований позволит сформировать правильное представление о территориях

пригодных, с точки зрения безопасности использования для жилой застройки и промышленного освоения, и удовлетворить существующий социальный спрос на данные исследования.

Правильная постановка вопроса и обеспечение безопасности и экономичность функционирования промышленных предприятия обеспечит высокий социальный эффект в виде предотвращения человеческих жертв, создания комфортных условий проживания на безопасных, не подверженных техногенным и природным катастрофам территориям. Экономический эффект от использования полученных результатов заключается в формировании условий для бесперебойного функционирования предприятий за счет обеспечения высокой занятости населения, высоких доходов собственников предприятия и пополнения бюджета страны.

Исследованиями аналогичного направления занимается ряд ученых ближнего и дальнего зарубежья для конкретных условий и не всегда являются достоянием широкого круга ученых, потому что нередко это является секретной информацией или информацией для служебного пользования. Кроме того, получаемые результаты учеными не всегда отвечают требованиям конкретных изучаемых территорий Республики Казахстан. В связи с этим необходимо исследования проводить ученым нашей страны самостоятельно, так как вопросы безопасности людей являются приоритетом политики любого демократического государства, в том числе и Республики Казахстан.

Проведение данных исследований позволит выявить новый механизм деформирования пластичных пород (грунтов), которые находятся под воздействием внешних факторов. Особенностью деформирования является то, что при достаточно незначительных нагрузках пластичная глина переходит в сложное напряженно-деформированное состояние, которое проявляется в снижении угла внутреннего трения и коэффициента сцепления, что наблюдается на паспорте прочности и деформируемости данного вида пород (грунтов). Данное обстоятельство резко снижает несущую способность откоса или склона. Негативные последствия такого поведения пластичной глины проявляются, как в потере несущей способности откосов и склонов за счет изменения свойств материала (потеря устойчивости первого рода), так и в изменении формы объекта (потери устойчивости второго рода), которое проявляется в разрушении объекта (откоса карьера, зданий и сооружений).

В связи с тем, что пластичная глина распространена на огромных территориях Северного Казахстана, Западной Сибири и Южного Урала, то изменение их свойств представляет серьезную угрозу техногенного характера. Проведение исследований направлено на детальное изучение свойств пластичных глин, на основании которых будет выполнена разработка метода оценки устойчивости откосов и склонов, которые в результате воздействия внешних факторов, таких как нагрузка, от созданных сооружений или зданий теряют свои свойства, приводя объект к сложному напряженно-деформируемому состоянию. Значительную роль в возникновении сложного напряженно-деформируемого состояния откосов и склонов играет степень увлажненности пластичных глин, которая может изменять в связи с обильными осадками в осенний период, таянием снегов весной, растрескиванию пород в зимнее время.

Проведение дальнейших исследований по данному направлению позволит разработать способ оценки устойчивости откосов, сложенных пластичными породами. Анализируемые породы в силу своих свойств при внешнем нагружении и значительном увлажнении изменяют свои физико-механические, деформационные и реологические свойства, что нередко приводит к возникновению сложного напряженно-деформированного состояния и при сохранении такой ситуации в дальнейшем к нарушению устойчивости формы.

Литература:

- 1 Черчинцева, Т.С. Геомеханические основы прогноза объемных деформаций и устойчивости откосов горных пород: монография / Т.С. Черчинцева, Т.С. Кузнецова. – Магнитогорск: Изд-во МГТУ им. Г.И. Носова, 2007. – 60 с.
- 2 Еремин, Г.М. Физические технические и геомеханические процессы в насыпных породах на склонах / Г.М. Еремин. – М.: Горная книга, 2007. – 352 с.: ил. насыпь
- 3 Каркашадзе, Г.Г. Механика разрушения горных пород: учеб. Пособие / Г.Г. Каркашадзе. – М.: Изд-во МГТУ, 2004. – 222 с.: ил.
- 4 Баклашов, И.В. Геомеханика: в двух томах / И.В. Баклашов. – М.: Изд-во МГТУ, 2004. – Т.1: Основы геомеханики – 208 с. – Т.2: Геомеханические процессы – 250 с.: ил.
- 5 Гальперин, А.М. Геомеханика открытых горных работ / А. М. Гальперин. – М.: Изд-во МГТУ, 2003. – 474 с.
- 6 Мороз, А.И. Самонапряженное состояние горных пород / А.И. Мороз. – М.: Изд-во МГТУ, 2004. – 296 с.: ил.

7 Несмеянов, Б.В. Теоретические основы, методы и средства обеспечения устойчивости карьерных откосов: монография / Б.В. Несмеянов. – М.: НИИ–Природа, 2000. – 132 с.

8 Попов, В.Н. Конструкция нерабочих бортов карьера / В.Н. Попов, Б.В. Несмеянов, О.В. Попова. – М.: НИИ–Природа, 1999. – 354 с.

9 Константинова, С.А. Некоторые результаты испытаний образцов соляных пород на ползучесть. / С.А. Константинова, И.Б. Ваулина, М.Д. Ильинов // Известия вузов. Горный журнал. – № 2. – 2008. – С. 118–122.

10 Гордеев, В.А. Оценка устойчивости карьерных откосов по методу предельного равновесия. Криволинейные поверхности скольжения / В.А. Гордеев // Известия вузов. Горный журнал. – № 2. – 2008. – С. 54–64.

11 Литвинский, Г.Г. Аналитическая теория прочности горных пород. / Г.Г. Литвинский // Известия вузов. Горный журнал. – № 1. – 2008. – С. 87–93.

12 Шашкин, А.Г. Вязко-упруго-пластическая модель поведения глинистого грунта. / А.Г. Шашкин // Развитие городов и геотехническое строительство. – 2011. – Вып. № 2. – С. 15–25.

13 Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. – Л.: ВНИМИ, 1972. – 165 с.: ил.

14 Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. – СПб., 1998. – 208 с. (Минтопэнерго РФ. РАН. Гос. НИИ горн. геомех. и маркшейд. дела – Межотраслевой науч. центр ВНИМИ).

15 Abramson, Lee W.; Lee, Thomas S.; Sharma, Sunil; Boyce, Glenn M. (2002), Slope Stability and Stabilization Methods. Canada: John Wiley & Sons, 2nd ed. – 2002. – 736 p.

16 Cui Deyu. Finite Element Method in Engineering: School of Aeronautical Science. – 2005. – 308 p.

ТЕЛЛУРИТЫ НЕКОТОРЫХ s-f-ЭЛЕМЕНТОВ: СИНТЕЗ И РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Рустембеков К.Т. *, д.х.н. профессор; Дюсекеева А.Т., к.х.н., доцент *;

Бектурганова А.Ж. *, докторант; Касенов Б.К. **, д.х.н., профессор;

Махатова Н.А. *, магистрант; Стоев М. ***, доктор, ассоц. профессор

* Карагандинский государственный университет им. академика Е.А.Букетова;

** Химико-металлургический институт им. Ж.Н.Абишева

г. Караганда, Республика Казахстан;

*** Юго-Западный университет «Неофит Рильский»

г. Благоевград, Республика Болгария

В статье приводятся результаты синтеза и рентгенографических исследований новых двойных теллуридов щелочных металлов с f-элементами. Определены типы сингонии и параметры элементарных ячеек соединений.

Получение новых материалов является важной задачей, составляющей основу научно-технического прогресса в различных отраслях наукоемкого производства. Новые открытия в медицине, электронике, фотонике, нано- и биотехнологиях привели в последнее десятилетие к интенсивному развитию нового научного направления – химического материаловедения. Соединения на основе оксидов редкоземельных металлов в силу особенностей электронного строения лантаноидов обладают уникальным сочетанием электрических, магнитных, тепловых, оптических и других свойств, которые могут найти широкое использование в современной микроэлектронике и многих областях современной техники при создании систем многофункционального назначения [1]. Многообразие указанных свойств зависит от состава, строения и способа получения того или иного оксида. Теллуриды s-f-элементов, в этом отношении, являются малоизученными соединениями.

Цель данной работы – синтез и исследование рентгенографических свойств двойных теллуридов щелочных металлов состава $M^I M TeO_4$ ($M^I - Na, K$) и $M^I_2 CeTeO_5$ ($M^I - Li, K$).

Синтез соединений проводили по керамической технологии из следующих исходных веществ: оксиды тулия, церия (IV), теллура (IV) и карбонаты щелочных металлов квалификации «х.ч.». Стехиометрические количества исходных веществ тщательно перетирались в агатовой ступке, затем пересыпались количественно в алундовыетигли и подвергались термообработке для твердофазового взаимодействия на воздухе в силитовой печи. Синтез $M^I M TeO_4$ ($M^I - Na, K$) проводили следующим образом: I стадия в течение 10 часов при температуре 500°C, II стадия 700°C – 9 часов при периодическом перетирании в ступке; далее при 1000°C в течении 15 часов. Для синтеза $M^I_2 CeTeO_5$ ($M^I - Li, K$) был использован следующий режим термообработки: отжиг в течение 25 часов при