

**СЕКЦИЯ 5. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ПОИСКОВ
И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Литература

1. Аптикаев Ф.Ф., Запольский К.К., Нерсесов И.Л., Штейнберг В.В. Интенсивность землетрясений и количественная характеристика колебаний грунта. Сейсмическое районирование территории СССР. – М.: Наука, 1980.
2. Отчет по инженерно-геологическим изысканиям на объекте «Многоэтажный жилой комплекс по ул. Железнодорожная в г. Краснодаре». ООО, ПКФ «Изыскатель», Москва. Заказ 07-1749.
3. Отчет об инженерно-геологических изысканиях на объекте «Многоэтажный жилой дом по ул. Сормовская/Тюляева в г. Краснодаре (у озера – 2)». ООО «ГЕО-ИНЖИНИРИНГ», г. Краснодар.
4. Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность. Методическое руководство по сейсмическому микрорайонированию. Отв. ред. О.В. Павлов. – М.: Наука, 1988. – 223 с.
5. РСН 60-86. Республиканские строительные нормы. Сейсмическое микрорайонирование.
6. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах. Госстрой России. – М.: 2000.
7. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М.: 1997.
8. СНКК 22-301-2000 (ТСН 22.302-200 Краснодарского края). Строительство в сейсмических районах Краснодарского края.
9. СП 11-02-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть 1. Общие правила производства работ. – М.: 1997.
10. Штейнберг В.В. Колебания грунта при землетрясениях // Вопросы инженерной сейсмологии. – Вып.31. – М.: Наука, 1990. – С.47–67.

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ГРАВИТАЦИОННОГО ОПОЛЗНЯ ПО НАБЛЮДЕННЫМ И
РАСЧЕТНЫМ СЕЙСМИЧЕСКИМ КОЛЕБАНИЯМ НА ПОВЕРХНОСТИ**

А.А. Ислямова

Научный руководитель д.ф.-м.н. М.М. Немирович-Данченко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Как показывает опыт, гравитационные оползни образуются в результате некоторых интенсивных воздействий естественного или техногенного характера. Оползневые тела формируются на достаточно крутых склонах – более 15° , хотя практически наблюдаются случаи медленного оползания крупных массивов по незначительным уклонам [1]. Как правило, для большинства оползней характерно так называемое "зеркало скольжения" – некоторый слой, часто очень тонкий, обладающий пониженным сопротивлением сдвигу. Собственно процесс сползания – это чередование зацепов частиц вышележащей массы за подстилающую поверхность и соскальзывание этих зацепов. Другими словами, активный оползень можно представить в виде непрерывной череды сдвиговых трещин на подошве оползня. Сейсмические проявления такого процесса – это поле акустической эмиссии, излучаемое трещинами сдвига. Эти очевидные соображения и легли в основу численного моделирования оползневой поверхности в той ее части, которая, на наш взгляд, достаточна для получения предварительных представлений об особенностях акустической эмиссии, сопутствующей активному оползнеопасному склону.

Для математического моделирования тело оползня было представлено в виде однородного изотропного прямоугольного параллелепипеда (призмы) с квадратным основанием. К верхней грани параллелепипеда, то есть к плоскости $Z = 0$, приложено постоянное по времени и одинаковое во всех точках грани усилие, направленное вдоль оси Y . На боковых гранях модели напряжения отсутствуют. В расчетах все тело разбивается на кубические ячейки, каждая из которых является элементом расчетной сетки.

Нижняя грань призмы соответствует формирующейся поверхности скольжения. Для моделирования ослабленной зоны задается условие, что некоторая часть ячеек на нижней грани в начальный момент времени способна свободно скользить в направлении, совпадающем с осью Y , не испытывая трения, остальные ячейки закреплены жестко, без возможности двигаться. Распределение закрепленных ячеек задано случайным образом. Описанные граничные условия на нижней грани в совокупности с входными параметрами на верхней грани приводят к концентрации напряжений на поверхности скольжения.

Во время расчета ставится условие, что в момент достижения в жестко закрепленной ячейке заданного порогового (критического) значения напряжения (компоненты σ_{yz} тензора напряжений), она получает возможность свободно двигаться в направлении Y , то есть возникает трещина сдвига. Конкретная величина критического напряжения в нашей постановке задачи принципиальной роли не играет, так как влияет лишь на амплитуду излучаемых импульсов. Таким образом, задача решается в динамической постановке с переменными граничными условиями на грани $z = H$.

При расчетах были выбраны следующие параметры модели: толщина параллелепипеда $H = 20$ м, сторона его основания $L = 200$ м, скорость продольной волны $V_p = 1000$ м/с, скорость поперечной волны $V_s = 500$ м/с, плотность $\rho = 2200$ кг/м³. Шаг расчетной сетки (сторона кубических ячеек) равнялся 0,5 м.

Проведенное моделирование показало, что за счет заданных усилий на верхней грани возникают концентрации напряжений модельной призмы на подошве. В момент достижения в какой-либо расчетной ячейке установленного критического напряжения происходит формирование трещины сдвига. Образование трещин сдвига, в свою очередь, приводит к высвобождению энергии упругих волн, возникают вторичные источники сейсмических колебаний, распределенные по нижней грани модели случайным образом.

Образование трещин сдвига происходит случайным образом. Поэтому полученные в расчетах эпицентры источников акустической эмиссии (АЭ) на плоскости $Z = 0$ распределены также. В результате работы алгоритма

возможно построить волновое поле для расчетной области в некоторый момент времени T^* . Выбранный момент времени соответствует двойному времени прихода прямой волны от первого источника, и, таким образом, почти исключает влияние границ расчетной области. На рис. 1 приводится пространственная волновая картина в расчетной призме для фиксированного момента времени T^* .

При проведении расчетов полагалось, что единственный трехкомпонентный приемник установлен в центре плоскости $Z = 0$.

Колебания точки, в которой установлен приемник, будут складываться как из колебаний в волнах, пришедших непосредственно от источников АЭ, так и из волн, претерпевших преломление-отражение на гранях конечной модели.

Для изучения особенностей поляризации импульсов сейсмоакустической эмиссии на верхней грани модели были проанализированы результаты расчетов для трех компонент скорости смещения в точке этой поверхности с координатами $(0, L/2, 0)$. Пример поляризационной кривой, построенной по результатам этих расчетов для плоскости (X, Y) и отображающей траектории движения частиц модельной среды на поверхности $Z = 0$, приведен на рис 2, с. Поляризационные кривые, приведенные на рис. 2, а и b, получены при полевых наблюдениях [2]: в первом случае запись производилась на поверхности, не подверженной оползневым процессам, во втором – на оползнеопасном участке.

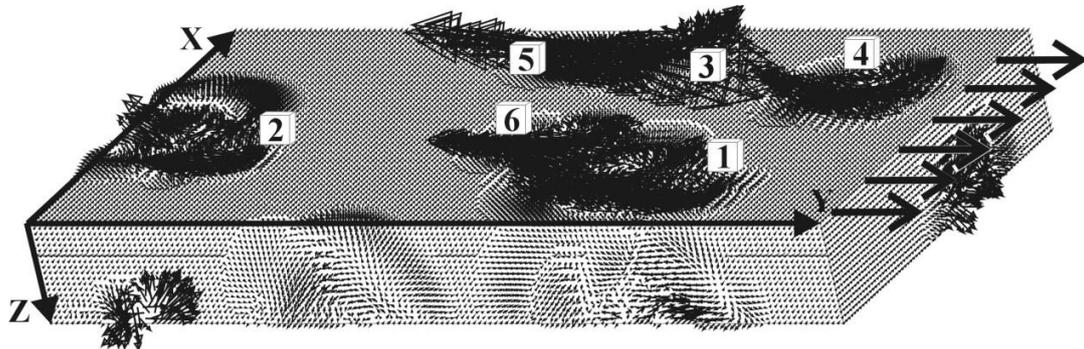


Рис. 1 Полное волновое поле для некоторого момента времени. Стрелками обозначено направление постоянно приложенной нагрузки. Цифры показывают очередность очагов АЭ.

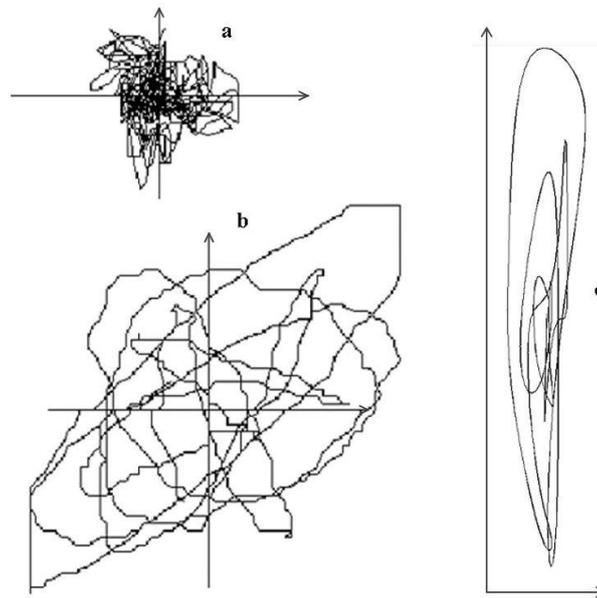


Рис. 2 Запись колебаний точки на поверхности оползня в плоскости (X, Y) а) не активного, б) активного, с) при компьютерном моделировании

Заметно, что в случае стабильного склона наблюдаемые колебания не имеют ярко выраженного направления, в то время как при активных оползневых процессах траектория вытянута в направлении примерно 45° , что означает преимущественное движения частиц склона в направлении ЮЗ-СВ. Аналогично, полученная при моделировании кривая наглядно иллюстрирует, что направление поляризации колебаний примерно совпадает с направлением оси Y , что соответствует поставленной задаче приложения усилия к верхней грани призмы по данной оси.

Таким образом, в работе показано, что в точке в середине верхней грани (точка была выбрана для исключения краевых эффектов) характерной особенностью является поляризация акустической эмиссии в направлении склона. Данные математического моделирования согласуются с полевыми наблюдениями.

**СЕКЦИЯ 5. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ПОИСКОВ
И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Расчеты подобного рода могут лежать в основе экспериментальных методик, направленных на обнаружение геологических тел, находящихся в нестабильном состоянии, подверженных постепенному деформированию и разрушению с излучением сейсмических волн. Данное поведение геологических объектов часто предшествует активизации оползневой процесса и перерастанию медленного разрушения в катастрофически быстрое.

Литература

1. Айтматов И.Т., Кожогулов К.Ч., Никольская О.В. Геомеханика оползнеопасных склонов. – Бишкек: Изд-во "Илим", 1999. – 208 с.
2. Меркулов В. П., Зятев Г. Г., Никольский А. А. Методика изучения и прогнозирования оползневых процессов комплексом геофизических методов // Геофизические методы при разведке недр и экологических исследованиях. – Томск: Изд-во ТПУ. – 1996. – С. 109–120.

ИСТОРИЯ ПОЯВЛЕНИЯ, РАЗВИТИЯ И СТАНОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

П.А. Калейчик

Научный руководитель доцент А.П. Гусев

**УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»,
г. Гомель, Республика Беларусь**

Электроразведка – это совокупность методов изучения строения Земли и поисков месторождений полезных ископаемых, основанных на исследовании естественных или искусственных электромагнитных полей и свойств. Она имеет одну из ключевых ролей в системе геофизических наук. Первые признаки открытия данной науки появились в середине XVIII века, но основное становление началось только в середине-конце XIX века. Этот факт можно связать с началом научно-технической революции. На дальнейшее развитие повлияла мировая политическая обстановка. Мировые научные школы развивались разобщенно. Ведущую роль захватила французская школа, позднее дав начало советскому периоду изучения.

Говоря о земных электрических процессах в широком понимании, мы находим истоки учения об электричестве Земли в трудах великого русского ученого, основателя Московского университета М.В. Ломоносова. Другим пионером изучения электрического поля Земли был американский просветитель, государственный деятель и ученый Бенджамин Франклин. Как естествоиспытатель он известен, в основном, разработкой теории электричества. Его опыты по изучению электричества относятся к 1747-1754 гг.

В области прикладной геоэлектрики – электроразведки – первые полевые наблюдения были выполнены в 1830 г. Английский естествоиспытатель Р.В. Фокс обнаружил явление естественной поляризации в породах. Однако, он не связал существование естественного электрического поля с рудными залежами. Он полагал это поле универсальным, присущим всей Земле явлением. Рудные жилы рассматривались им лишь как коллекторы и проводники этого общего поля. Поэтому его исследования и дальнейшие попытки в этом направлении не имели последующего значения.

Важнейшую роль в развитии прикладной электроразведки сыграли исследования, проведенные группой французских исследователей, возглавляемой ученым-физиком Конрадом Шлюмберже. В 1912-1914 гг. он создал и практически опробовал один из основных методов электроразведки – метод вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ). Предложенная им методика полевых работ и интерпретации получаемых данных оказалась настолько простой и в то же время совершенной, что метод ВЭЗ в своем первоначальном виде применялся до 50-х гг. для структурных исследований, а в малоглубинном варианте он в несколько усовершенствованном виде используется до сих пор. Помимо этого, основные идеи, на которых до сих пор базируется теория интерпретации всех электромагнитных зондирований, были также впервые обоснованы и использованы К. Шлюмберже. В их число входит использование горизонтально-слоистой модели Земли, кривых кажущегося сопротивления, билогарифмических бланков для их отображения, палеток для интерпретации. Помимо ВЭЗ, фирмой Шлюмберже был разработан и опробован еще один метод постоянного тока – метод электрического профилирования (ЭП). В 1913 г. на месторождении Сен-Беле К. Шлюмберже впервые применил метод естественного поля (ЕП) в варианте, близком к современному. Им также была впервые высказана идея использования вызванной поляризации руд с геологическими целями, на основе которой позднее был создан метод вызванной поляризации (ВП). В 1923 г. фирма Шлюмберже организовала крупные по масштабам того времени электроразведочные работы по изучению нефтеносных структур в Румынии. Здесь с ними работал выдающийся румынский геофизик Стефанеску. В 30-х гг. фирма начала работы в СССР. В 1934 г. с ней был заключен контракт, и вся группа ученых во главе с К. Шлюмберже переехала в Россию. Многие студенты и молодые ученые работали бок о бок с ними, поэтому можно сказать, что роль французской электроразведки в становлении отечественной оказалась весьма значительной. В 1937 г. сотрудники фирмы были обвинены в шпионаже, тех, кто обладал французским гражданством, выслали из страны, остальных арестовали.

Появление электроразведки в СССР во многом обязано трудам профессоров Ленинградского университета, в первую очередь А.А. Петровского. Под его руководством к 1924 г. независимо от фирмы Шлюмберже, чьи работы не публиковались, была разработана теория, методика и аппаратура метода ЕП. Также он занимался развитием и внедрением методов постоянного тока (ВЭЗ, ЭП) и ондометрии (так раньше назывались методы высокочастотного переменного тока). Под руководством А.А. Петровского и В.Р. Бурсиана в 1924-25 гг. были выполнены съемки методом ЕП и методом эквипотенциальных линий, основанном на картировании линий