

УДК 622.271

**А.М.Демин, Н.П. Горбачева, А.Б. Рулев**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА СДВИЖЕНИЯ ОПОЛЗНЯ**

*Анализируется механизм сдвижения оползня. Показано участие электромагнитных излучений, генерируемых трещинами, образующимися в процессе разрыва упругих связей в горных породах при их разрушении, в формировании вогнутой поверхности скольжения.*

*Ключевые слова: деформационный процесс, ядро, горная выработка, горный массив, моделирование.*

---

**В** результате анализа модельных и натурных наблюдений нами была разработана новая концепция исследования деформационного процесса, заключающаяся в следующем. Известно, что первоначальное нарушение общей структурной прочности пород происходит за счет перераспределения напряжений в процессе образования открытой горной выработки. Как показали наши исследования, нарушения структурной прочности пород, вызывающее напряженное состояние приоткосной части массива, распространяются от линии откоса вглубь массива на расстояние порядка 17 единиц измерения (в метрах при натурных наблюдениях и в сантиметрах при моделировании). Изменения напряженного состояния массива происходят как от внешних воздействий, в том числе и синоптического характера, так и от внутренних воздействий, в том числе за счет разгрузки водонапорных горизонтов подземных вод и тектонических напряжений. Любые изменения формы тела приводят к варьированию его энергетического баланса, обуславливая перестройку сил гравитаци-

онного взаимодействия. Под воздействием гравитационных сил в уступе, в наиболее напряженных местах, образуются ядра деформаций — накопители энергии. Роль ядер деформации заключается в сохранении формы уступа, его устойчивого состояния. Вокруг ядер деформации формируются концентрические зоны напряжений, как это видно на рис. 1, где представлены результаты моделирования в виде изолиний вертикальных напряжений в однородном откосе. Напряжения в модели вызваны в основном за счет собственного веса (модель выполнена из низко модульного материала) и распределяются по глубине параллельно подошве уступа, показанной пунктирной линией, а в приоткосной части уступа изолинии располагаются параллельно линии откоса. Изолиниями вертикальных напряжений, параллельных линии откоса, отделяется сдвигающаяся часть от массива. Плоскость сдвижения соответствует дуге, проведенной из точки М, которая расположена диаметрально противоположно точке Т, на расстоянии 1.5Н от основания уступа.

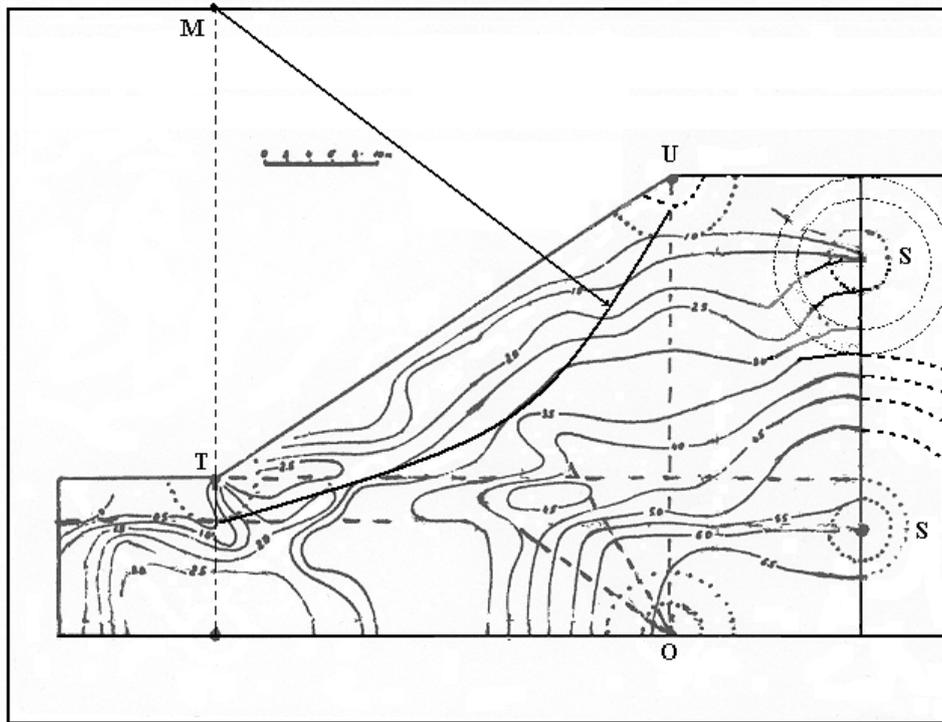


Рис. 1. Изолинии вертикальных напряжений в модели однородного откоса: U, O, S, T, M — ядра деформаций

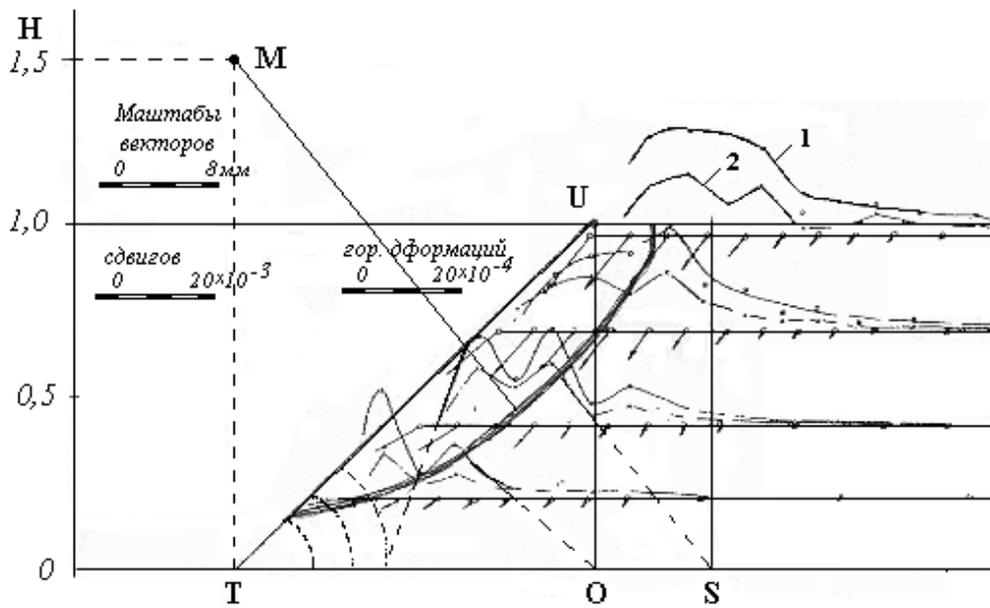
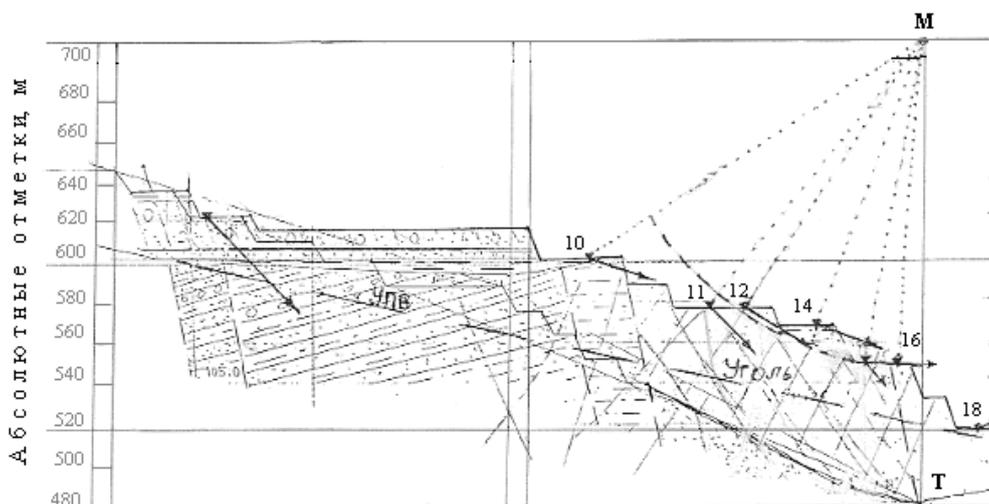


Рис. 2. Развитие деформаций сдвига (1) и горизонтальных деформаций (2) в модели однородного откоса: U, O, S, T, M — ядра деформаций

Сравним развитие вертикальных напряжений в откосе (рис. 1) с развитием горизонтальных и сдвиговых деформаций (рис. 2) при моделировании. (На рис. 2 представлены результаты моделирования, выполненные ВНИИМ [1], которые мы интерпретируем с новых позиций). Видно, что максимальных размеров достигают деформации сдвига в приоткосной, подверженной сдвигу, части уступа. Величина деформаций увеличивается с приближением к ядру сдвига Т. Расходящимися отрезками окружностей в виде многоточий, показано развитие ядра сдвига. Видно, как от внешней границы максимально напряженного ядра, распространяются сдвиговые деформации. Деформации сдвига уменьшаются в сторону верхней площадки уступа, а горизонтальные деформации наоборот растут. Векторы смещений, показанные на рисунке стрелками, приближаясь к откосу, увеличиваются по величине и становятся направленными параллельно линии откоса. Поверхность обрушения, полученная экспериментально и показанная на рисунке сплошной вогнутой кривой, совпадает с дугой, проведенной из точки М, расположенной на высоте  $1.5H$  от основания уступа.

Моделирование показало, что в напряженном уступе образуются ядра деформаций пяти типов (см. рис. 1). Ядро растягивающих деформаций У расположено на сопряжении верхней площадки уступа с линией откоса (реакция верхней площадки уступа). На подошве уступа, диаметрально противоположно ядру растягивающих деформаций У, расположено ядро деформаций сжатия О (реакция отпора основания). Вдоль вертикальной границы раздела, которая проходит между структурно нарушенной частью и

массивом, располагаются ядра сдвигающих усилий S (реакция бокового отпора). В основании откоса, на сопряжении линии откоса с нижней площадкой уступа, образуется ядро сдвиговых деформаций Т (реакция зоны опорного давления откоса). Над откосом, на высоте, равной половине уступа, расположено мнимое ядро М. Его местоположение определяется как диаметрально противоположное ядру деформаций сдвига Т, путем восстановления из Т перпендикуляра, величиной  $1.5$  высоты уступа. Можно предположить, что в ядре М концентрируются электромагнитные излучения, возникающие в уступе при трещинообразовании, подобно тому, как концентрируются электромагнитные излучения над тектоническими узлами. Своеобразным тектоническим узлом является зона опорного давления откоса, расположенная в его основании, являющаяся самым напряженным местом (положение ядра Т). Возможно также, что ядро М — фронтом, который создается электромагнитным излучением ЭМИ, образующимся в процессе разрушения в узкой зоне максимальных напряжений, которая при определенных условиях может перейти в плоскость сдвига оползня. Экспериментально [2] и теоретически [3] было установлено, что в приоткосной области скальных и не-скальных массивов формируется узкая зона максимальных напряжений, в пределах которой происходит измельчение породы без перемешивания обломков, относящихся к разным пачкам, что позволяет сделать вывод об экзогенном происхождении дробления горных пород в этой зоне максимальных напряжений. Как показали теоретические исследования, точка М является фокусом вогнутой дуги скольжения, удовлетворяющей крите-



**Рис. 3. Оползень 2004 г. на угольном разрезе «Уртуйский». Стрелками показаны направления смещения при оползне, пунктирной линией — разломы: УПВ — уровень подземных вод, М — источник денудационного воздействия, 10—18 — пикеты**

рию равновесия между моментами сил сдвига и сил сопротивления сдвигу [4]. Источник М относится к разряду денудационных сил, поскольку в процессе разрядки способствует сдвигу оползня, что приводит к сглаживанию земной поверхности, как это видно на рис. 3.

На рис. 3 представлен маркшейдерский профиль юго-западного борта буроугольного разреза «Уртуйский», где цифрами над треугольниками — пикетами обозначены номера пикетов, а векторами показано направление и величина смещений. Пунктирной линией изображена плоскость скольжения оползня, который произошел в конце февраля — начале марта 2004 года. Уртуйское месторождение расположено в Забайкалье, где с января по март 2004 года активизировалась сейсмоактивная Прибайкальская рифтовая зона. Землетрясения произошли 1 января, 8 февраля, 5, 8 и 22 марта 2004 года, а крупный оползень объемом около 1 млн м<sup>3</sup> произошел 3—4

марта того же года. Маркшейдерские наблюдения за развитием оползня зафиксировали вертикальную осадку грунта с малым горизонтальным смещением 25 февраля, а к 28 февраля горизонтальные смещения сравнялись по величине с вертикальными смещениями, и в последующие дни горизонтальные смещения были больше вертикальных смещений. Обрушение уступа произошло в полнолуние. При активизации сейсмической деятельности в регионе, на месторождении оживают старые трещины и образуются новые разрывные нарушения. Разрывные нарушения, показанные на геологическом разрезе (см. рис. 3), имеют субмеридиональное, северо-восточное и северо-западное направление. Все эти тектонические трещины входят в систему Чиндачинской зоны разломов. Эта зона разломов представляет собой сбросы и сбросо — сдвиги мощностью до нескольких метров. Над карьерами обычно наблюдается фоновое ЭМИ, поскольку разработка

месторождений связана с разрушением горных пород, а образование трещин сопровождается излучением электромагнитных волн. Электромагнитное излучение ЭМИ от оживших и вновь формирующихся трещин при землетрясениях, складываясь с фоновым электромагнитным излучением над карьером, усиливает его. На геологическом разрезе (см. рис.3) источ-

ник М денудационного (сглаживающего земную поверхность) воздействия расположен над ядром сдвиговых деформаций Т и соединен с пикетами направляющими прямыми. Местоположение источника М зависит от глубины карьера, а его разрядка создает деструктивные денудационные силы, которые принимают участие в процессе сдвижения оползня.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мочалов А.М., Веселков В.Н. Исследование деформаций откосов на моделях для оценки их устойчивости. //Сдвижение горных пород. Труды ВНИМИ, сб. 86. — Л.: 1972. — С. 60—63.

2. Дудушкина К.И., Морозов В.Д. О зональном механизме разрушения прикарьерной части горного массива. //Вопросы разработки руд открытым

способом. Магнитогорск, 1965. — С. 53—60.

3. Коротков П.Ф. Образование поверхности скольжения при обрушении склона. //Доклады АН СССР, 1982. — Том 267, № 4. — С. 818—822.

4. Мерил Р.Х., Рауш Д.О. Устойчивость откосов в грунтах и скальных породах. //Открытые горные работы. — М.: Недра, 1971. — С. 316—317. **ИДБ**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Демин А.М., Горбачева Н.П., Рулев А.Б. — Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук, email: demine2001@mail.ru.



#### ДИССЕРТАЦИИ

#### ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
<b>КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К.И.САТПАЕВА</b>			
МАКАРОВ Александр Анатольевич	Разработка устройств для манжетного тампонирования фильтровой колонны технологических скважин	05.05.06	к.т.н.