

УДК 622.831

И.Л.Болтенгаген

Институт горного дела СО РАН

630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр. 54

bolten@mysd.nsc.ru

ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗРАСТА КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ В СОЛЯНЫХ ПОРОДАХ

Предложен способ оценки времени создания месторождений по величине сдвиговой деформации ползучести под действием распределенных на границе трубки касательных напряжений вследствие возможного зависания рудного тела на контакте с вмещающими породами в период его формирования.

Некоторые из алмазоносных трубок в переслаивающихся соляных вмещающих породах имеют следующую особенность [1]. Горизонтальные слои, характеризующие осадочную толщу, вокруг рудного тела наклонены вглубь недр. Одно из объяснений заключается в том, что начальное расплавленное состояние магмы после остывания и кристаллизации становится твердым телом с возможностью деформироваться под действием сдвигающей нагрузки. Рудное тело в период его создания является твердеющей закладкой, заполняющей сформированное в результате прорыва магмы пространство. Уменьшение объема при кристаллизации является причиной снижения вертикальных напряжений в трубке. Количественная оценка величины касательных напряжений подтвердила возможность зависания рудной трубки на границе с вмещающими соляными породами. Распределенная по контакту касательная нагрузка вследствие ползучести соляных пород приводит к деформациям сдвига, проявляющимся в изгибе горизонтальных слоев вмещающих пород вблизи трубки. Касательные напряжения на контакте являются малым возмущением исходного предварительно напряженного состояния вмещающего массива (горизонтальная компактность трубки приводит к относительно быстрому с геологической точки зрения восстановлению начальных горизонтальных напряжений в соляных породах). Из расчета деформации сдвига в процессе ползучести под действием касательной нагрузки, равномерно распределенной по

поверхности контакта трубки с вмещающими породами, получено следующее уравнение для оценки времени создания рудного тела T

$$T = \left(\frac{4E\varphi}{3\gamma_k D} \frac{1-\alpha}{\delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}, \quad (1)$$

где φ - угол наклона слоев вмещающей породной толщи у контура рудного тела в радианах, D – диаметр трубки (70 м), E – модуль деформации пород (1.7 ГПа), γ_k – удельный вес руды (26 КН/м³), α и δ – пара реологических параметров абелевого степенного ядра в теории линейной наследственности Больцмана. Значения α и δ , как правило, определяются в лабораторных опытах по одноосному сжатию образцов при фиксированной нагрузке.

Параметры ползучести соляных пород изменяются в пределах: $0.409 \leq \alpha \leq 0.945$ и $0.00018 \leq \delta \leq 0.015$ [2]. α и δ являются не физическими постоянными, а аппроксимирующими параметрами кривых ползучести: существует множество пар (α, δ) , позволяющих удовлетворительно описать результаты экспериментов с уменьшающейся во времени скоростью деформации ползучести. На образцах каменной соли наилучшая аппроксимация опытных данных при различных уровнях нагружения получена вычислением для каждой кривой ползучести величины δ , соответствующей параметру α , равному 0.6. Среднее значение δ равно $2.09 \cdot 10^{-3} \text{ сек}^{1-\alpha}$ при стандартном отклонении $0.73 \cdot 10^{-3} \text{ сек}^{1-\alpha}$ [3].

На руднике «Интернациональный» среднее значение угла φ равно 8.6^0 при стандартном отклонении 2.4^0 (по измерениям наклона 10 маркирующих поверхностей контакта переслаивающихся соляных пород на глубине 400-800 м). Для приведенных средних значений параметров время создания трубки равно 7.7 тыс. лет. Для $\alpha=0.6$ показатель степени в уравнении (1) равен 2.5, ошибка в определении каждого из остальных параметров во столько же раз увеличивает общую погрешность. Поскольку в степень возводится большая величина, пропорциональная модулю деформации, то значения параметров существенно влияют на результат вычислений. Рассчитанное по формуле (1) время создания трубки находится в интервале значений от 3.5 до 17.2 тысяч лет при изменении лишь двух параметров – угла наклона слоев и параметра ползучести δ в 38% доверительных интервалах (ширина интервала равна величине стандартного отклонения при определении φ и δ). Если α и δ принять равными соответственно 0.7 и $0.003 \text{ сек}^{1-\alpha}$ [4], то для приведенных средних значений остальных параметров возраст трубки равен 5.5

млн. лет; если при этом модуль деформации принять равным модулю упругости 11 ГПа [5], то возраст трубки равен 2.8 млрд. лет. Экспериментальные исследования реологических свойств соляных вмещающих пород позволят рассчитать возраст трубки более точно. Предложенная формула может быть использована для вычисления параметров ползучести пород по возрасту трубки, определенному геологическими методами. 350-ти млн. лет соответствует вязкость η пород 10^{17} МПа·сек реологической модели Максвелла ($\alpha=0$, $\delta=E/\eta$).

По результатам исследований радиологическими методами возраст проявления кимберлитового магматизма находится в пределах от 1.25 млрд. лет («Премьер», ЮАР) до 20 млн. лет (Лампроиты поля Эллендейл, Австралия). Возраст алмазоносных трубок Якутии от 300 до 450 млн. лет [6]. Высота налегающей толщи пород дополняет информацию о возрасте трубок. По данным о глубине датированных археологических находок увеличение высоты грунтового слоя, обусловленное выветриванием, в средних широтах (Париж – Самарканд) может быть оценено величиной 1 см/год или 1м/100лет. Для северных районов Сибири, где снег покрывает земную поверхность в течение 9 месяцев в году, этот параметр меньше в 4 раза. Конечно, 3-метровый слой песка над трубкой «Орапа» (Ботсвана, возраст 83 млн. лет) в базальтах не соответствует 300 годам: эта мощность наносов существовала и миллионы лет назад. Однако, очевидно, что трубка «Джваненг» (Ботсвана) под грунтовой толщей в 30-40 м является более древней [6].

Предложенная интерпретация геологического феномена является гипотезой и иллюстрирует лишь дополнительную возможность оценки возраста трубок в соляных породах.

Список литературы: 1. Барышников В.Д. и др. Геомеханический анализ напряженного состояния массива горных пород при отработке опытно-промышленного блока рудника «Интернациональный» // доклад на международной конференции «Проблемы и перспективы развития горных наук». –Новосибирск: ИГД СО РАН, 1-5 ноября 2004. 2. Проскураков Н.М. Управление состоянием массива горных пород. –М.: Недра, 1991. С.282. 3. Барях А.А., Константинова С.А., Асанов В.А. Деформирование соляных пород. –Екатеринбург: УрО РАН, 1996. С.65-66. 4. Пирля К.В., Попов С.Н., Крамсков Н.П. Прогнозная оценка деформаций вмещающего массива при подземной отработке запасов алмазоносной трубки «Интернациональная» под водоносным горизонтом // ФТПРПИ, №4, 1996. С.46. 5. Барышников В.Д., Болтенгаген И.Л., Коврижных А.М. Определение напряжений методом щелевой разгрузки // Геодинамика и напряженное состояние недр Земли. – Новосибирск, ИГД СО РАН, 2004. С. 129. 6. Вечерина О.П., Левченко В.А., Никулин А.М. и др. Мировая добыча алмазов: цифры, факты, события / Штыров В.А. –М.: Издательская фирма «Восточная литература» РАН, 2000. С.44-45. С.75-77.