

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАССЛОЕНИЯ ВНЕШНЕЙ ОБОЛОЧКИ ЗЕМЛИ (кора + верхняя и средняя мантия) В ГРАНИЦАХ РФ

Ильченко В.Л.

Геологический институт Кольского НЦ РАН, Апатиты; vadim@geoksc.apatity.ru

Введение

Цель совещания - обсуждение комплекса цифровых технологий геологического изучения и управления фондом недр Российской Федерации на период до 2025 года (до 2035 года в перспективе). Под цифровыми технологиями в изучении геологии предполагается, видимо, применение GIS-технологий с построением геологических карт, отражающих площадное распространение разных горных пород на поверхности Земли. Точность - в картах это самое ценное. Но есть и другие ценности: очень много интересного можно угадать, если, кроме точной карты, иметь не менее точную модель тектонического расслоения внешней земной оболочки, т.к. границы тектонического расслоения часто совпадают с зонами тектонических нарушений, которые служат для транзита разных флюидов (рудоносных, углеводородных) и, при том, могут обладать свойствами коллекторов. Точность в геолого-тектонических схемах оставляет желать лучшего, поскольку почти все элементы тектоники наносятся на карту скорей «умозрительно» (главным образом в соответствии с элементами рельефа: линейменты и др.). На самом же деле существуют вполне реальные предпосылки и возможности расчёта трёхмерных тектонических модельных систем вполне удовлетворительной точности.

Предпосылки для многоцелевых модельных построений

Давно известны закономерности развития кольцевых систем тектонических нарушений вокруг щелочного комплекса Хибин-Ловозеро [1]. Развитие концентрической системы тектонических нарушений вокруг геологических объектов (породных тел) с контрастными, по сравнению с вмещающей средой, свойствами, происходит по закону: $M_n = M_0 \cdot \sqrt{2}^n$; M_n – n -й радиус области тектонических нарушений, n – её номер (0, 1, 2..., все целые числа), M_0 – размер исходного (№0) объекта в центре. Исходный размер M_0 можно получить посредством обратного пересчёта: $M_0 = M_n \cdot \sqrt{2}^{-n}$ [2 и ссылки там]. Контрастными свойствами обладают и такие объекты, как глубокие горные выработки. В работе [2] рассмотрен самый простой случай: развитие системы тектонических нарушений вокруг выработки квадратного сечения, хотя эти сечения часто имеют произвольную форму, а закономерность развития системы тектонических нарушений: $R_n = r_0 \cdot \sqrt{2}^n$ (R_n – радиус n -й тектонической зоны, r_0 – радиус контура) соответствует всем известному геометрическому уравнению: $R/r = \sqrt{2}$ (R – радиус окружности, описанной вокруг квадрата, r – радиус вписанной в этот квадрат окружности [3]) и выполняется для глубоких горных выработок почти повсеместно. За прошедшие 40 лет механизм формирования этого явления - «большой наукой» [4, 5] – так пока и не выяснен.

При этом всё указывает на волновую природу развития систем концентрических зон тектонического нарушения, родственную механизму тектонического расслоения, который был найден относительно недавно.

Механизм тектонического расслоения внешней оболочки Земли основан на регулярном превращении в колебательную систему: $M_n = M_0 \cdot 2^{-n}$, M_n – мощность элемента (моды) расслоения, n – номер моды (0, 1, 2..., все целые числа), M_0 – мощность колебательной системы. Размер M_0 можно получить и «обратным» пересчётом из длины «конечной моды» M_n : $M_0 = M_n \cdot 2^n$. Длина конечной моды $M_k = M_n$ может быть измерена на каротажных кривых, отражающих динамическое состояние пород и сделанных для участков скважин с однородным петрографическим составом: проверено на кавернограммах и на графиках вариаций удельного электрического сопротивления по разрезу). Механизм тектонического расслоения пород внешней оболочки Земли (и способ построения соответственных моделей) позволяет построение моделей тектонического расслоения практически на любую глубину

(до $H \approx 1600$ км), что определяется принципом эквивалентности гравитирующих масс - ЭГМ [6]. В последних работах на эту тему [7, 8] приведены вполне убедительные доводы в пользу справедливости постулата о принципе ЭГМ, который предполагает, что масса источника гравитационных возмущений (Луны) на Земле равна массе области этого возмущения (для пары твёрдых приливных волн-антиподов). Для описания принципа ЭГМ хорошо подходит уравнение $R_L \cdot \rho_L = R_{LT} \cdot \rho_{LT}$, в левой половине которого произведение лунного радиуса на среднюю плотность вещества Луны, а в правой – произведение радиуса волны твёрдого лунного прилива (на Земле) на среднюю плотность вещества в составе этого радиуса. Здесь произведение $R_L \cdot \rho_L = const$, поскольку Луна всегда «смотрит» на Землю лишь одной своей стороной. В общем, длина радиуса твёрдой лунной приливной волны (глубина воздействия лунной гравитации в земные недра: $H = R_{LT} = R_L \cdot \rho_L / \rho_{LT} \approx 1600$ км. Эта глубина везде разная из-за пространственных вариаций вещества в составе внешней оболочки Земли. Механизм тектонического расслоения впервые был использован для построения модели тектонического расслоения земной коры Печенгского блока как колебательной системы и доказан сравнением модельных параметров расслоения с вариациями в динамическом разрезе (кавернограмме) Кольской сверхглубокой скважины (СГ-3) [9]; то же самое было проделано на многих других скважинах (пройденных в фанерозойских толщах, в т.ч. на шельфе Баренцева моря [10, 11]). Обнаружено, что даже в условиях отсутствия скважин длину моды M_k можно вполне успешно измерять на земной поверхности - в обнажениях коренных пород с хорошо выраженными системами субгоризонтальных трещин расслоения (но здесь предпочтительны вертикальные стенки) [12].

Заключение

Проведённый анализ выявленных эмпирических нелинейных закономерностей развития тектоники внешней земной оболочки оказался более чем успешным и привёл к получению результатов, побуждающих к дальнейшим исследованиям в этой области. Подтверждена (волновая) родственность формул: $M_n = M_0 \cdot 2^{-n}$ (для механизма тектонического расслоения внешней земной оболочки) и $M_0 = M_n \cdot \sqrt{2}^{-n}$ (для развития системы зон концентрических нарушений вокруг контрастных геологических объектов (породных массивов и глубоких горных выработок).

Все приведённые выше результаты исследований были подтверждены и опробованы на реальных объектах и, значит, нет видимых причин, чтобы не использовать их на практике. На основании того, что на территории Российской Федерации, за период её существования (в т.ч. СССР) пробурено весьма значительного количества скважин, где в принципе проведены каротажные работы, которые вполне годятся для измерения длин конечных мод расслоения M_k , а результаты этих работ должны храниться в архивах, возникла идея о возможности (на базе архивных каротажных данных) построения 3-D модели тектонического расслоения внешней оболочки Земли (кора + верхняя и средняя мантия, до максимальной глубины $H \approx 1600$ км) в границах Российской Федерации.

Работа выполнена в рамках Госзадания ГИ КНЦ РАН, по теме НИР 2023 № АААА-А19-119100290148-4 (FMEZ-2022-0025).

Список литературы

1. Беляев К.Д., Увадьев Л.И., Шульга Т.Ф. Закономерности размещения массивов центрального типа Кольского полуострова. // ДАН. 1976. Т. 226, №1. С.163-165.
2. Ильченко В.Л. Волновая природа систем тектонических нарушений вокруг горных выработок и их аналогов (концентрических кольцевых разломов) на земной поверхности.// Материалы Всероссийской конференции в ИГД СО РАН, «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли», 2-6 октября 2017 г. – Новосибирск. 2017 г. // В сб. Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. Т.4. №2. С. 47-52.

3. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. – 13-е изд., испр. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1986. – 544 с.
4. Кви Ч., Ли К., Бай Д., Чанышев А.И., Лиу П. Градиентная модель зональной дезинтеграции массива пород вокруг выработок глубокого залегания. // ФТПРПИ. 2017. №1. С.25-37.
5. Опарин В.Н., Тапсиев А.П., Чанышев А.И. 1-я Китайско-Российская научная конференция «Нелинейные геомеханико-геодинамические процессы при отработке полезных ископаемых на больших глубинах». ФТПРПИ, №3, 2011, с.111-115.
6. Ильченко В.Л. Оценка глубины проникновения энергии лунного прилива во внешнюю оболочку земли. /Сборник материалов XIII междунар. конф. "Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле". /Ред.: Лебедев Е.Б., Салтыковский А.Я. и др. Москва, 01-03.10, Борок, 04.10.2012 г. М.: - 2012. С.109-112.
7. Ильченко В.Л. Квантование лунной гравитации (энергии приливной волны) в земной оболочке и «квантовая» основа силы упругости.// Вестник Кольского научного центра РАН. 2017. №1 (9). С.34-42.
8. Ильченко В.Л. Природа тектонического расслоения внешней оболочки Земли // Национальная ассоциация ученых (НАУ). Ежемесячный научный журнал. Т.2, №86/2023, с.22-26. ISSN Print 2412-5291. DOI: 10.31618/NAS.2413-5291.2023.2.86
9. Ильченко В.Л. Моделирование тектонического расслоения земной коры как колебательной системы, возбуждаемой лунным приливом (на примере земной коры Печенгского блока, Балтийский щит). / Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле. Сборник материалов XIII междунар. конференции / Ред.: Лебедев Е.Б., Салтыковский А.Я. и др. Москва, 1-3 октября, Борок, 4 октября 2012 г. М.: - 2012. С.105-108.
10. Ильченко В.Л. Космические факторы (влияние Луны и Солнца) в геодинамике и возможность их применения в нефтегазовой отрасли (для некоторых видов прогноза). /Новые идеи в геологии нефти и газа – 2015. Сборник научных трудов (по материалам международной научно-практической конференции) на CD. Электронное издание. // Отв. ред. А.В.Ступакова. Издательство МГУ им М.В.Ломоносова, 2015. С.33-36.
11. Ильченко В.Л. Моделирование тектонического расслоения пород земной коры по каротажным данным (на примере Кольской сверхглубокой скважины и ряда скважин на шельфе Баренцева моря. // Международная научно-практич. конференция, приуроченная к 45-летию ОАО «МАГЭ» «Современный этап геологического изучения Арктики и континентального шельфа России – проблемы и перспективы освоения минеральных ресурсов» 22-23 ноября 2017 года, Мурманск. – На электронном носителе.
12. Ильченко В.Л. Ритмичное тектоническое расслоение горных пород, как основа для построения моделей тектонического расслоения внешней оболочки Земли (на примере Хибинского массива, Балтийский щит).// Уральский геологический журнал, 2021, №1 (139). С.47-52. ISSN 2219-1208.