

## **ФЛЮИДНЫЙ МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ВЕРХНЕЙ КОРЕ**

**Каракин А.В.** (ВНИИГеосистем)

*karakin@online.ru*; факс: (095) 958-37-11, тел. (095) 466-24-46

---

Рассматривается один из возможных механизмов [1] образования рудных месторождений в континентальных платформенных областях, который связан с колебательными и автоколебательными движениями флюидов в разломных и трещиноватых зонах (в частности, в т.н. волноводах) верхней коры. Этот механизм основан на некоторой концепции [2,3] флюидного режима верхней коры и физических процессов на макро- и микро - уровнях. Он связан с разрушением хрупкой среды, ее дилатансионным расширением и сопутствующими явлениями во флюидных системах.

На макроуровне возникающие при дилатансионном расширении градиенты порового давления соизмеримы с силой тяжести пород. Они ограничиваются только прочностными характеристиками среды. В земной коре не существует природных явлений, обладающих большей энергией и создающих градиенты порового давления такой величины на больших расстояниях. На микроуровне рассматриваются явления физической кинетики в процессе роста трещин.

Главной движущей силой всех геологических процессов (в том числе и в верхней коре) являются конвективные движения в мантии Земли и, в первую очередь, в верхней мантии. Они создают напряжения и смещения в глобальном масштабе в литосферных плитах, которые затем перераспределяются в верхних слоях коры и превращаются в локальные и зональные напряжения. Эти напряжения приводят в движение наиболее подвижного и агрессивного агента переноса и преобразования веществ – флюиды.

В целом кора обладает слоистой структурой. В ней ослабленные трещиновато-пористые слои чередуются с монолитными слоями. Ослабленные слои обычно называют волноводами. Верхняя кора по сравнению с нижележащими слоями средней и нижней коры является относительно холодной и хрупкой. Она насыщена водными флюидами, которые могут перемещаться в горизонтальном и вертикальном направлениях. Трещиноватая структура верхней коры и процессы в ней являются сложной системой. На различных уровнях верхней коры и даже в пределах одного уровня характерные пространственные и временные масштабы меняются на несколько порядков.

Глубины образования месторождений делятся на четыре уровня: приповерхностный, гипабиссальный, абиссальный и ультраабиссальный [4]. На гипабиссальном уровне находится наибольшее количество и наибольшее разнообразие руд. На этом уровне находятся все основные промышленные типы эндогенных месторождений преимущественно гидротермального, скарного и магматического происхождения. Абиссальная зона беднее рудными минералами вышележащих слоев. Можно предположить, что указанная стратификация рудных (и других) минералов существует длительное время. Следовательно, есть некий механизм (флюидный), который непрерывно поддерживает эту стратификацию.

Особенность большинства полезных ископаемых (которые первоначально рассеяны по большому объему) состоит в том, что они, как правило, мало растворимы в воде в нормальных условиях, соответствующих поверхности Земли. По этой причине для их сепарации и концентрации необходимы повторные движения с большим количеством циклов. Для того чтобы произвести указанную стратификацию минерального состава пород и сосредоточить полезные вещества в месторождения, эти движения должны происходить на достаточно больших расстояниях и за достаточно большие (по геологическим масштабам) промежутки времени.

Флюидные процессы в верхней коре следует разбить на две группы, каждая из которых выполняет свою функцию. Процессы первой группы включают в себя повторные движения флюидов и перенос растворенных веществ на большие расстояния за геологические промежутки времени. Процессы второй группы обеспечивают некие химические и физико-химические преобразования и сепарацию веществ к той форме, которая делает их полезными. К ним относятся кондуктивный теплоперенос, диффузия, осмос, термоупругость, гидратация и дегидрата-

ция, а также другие процессы. Особую роль играют высокоэнергетические процессы физической кинетики в клювах трещин. Эти процессы эффективно действуют лишь на малых расстояниях. В результате комбинированных действий разнородных явлений обеих групп на различных масштабах и появляются месторождения. Они исследуются с помощью математических моделей.

Основу моделей первой группы на достаточно больших пространственно-временных масштабах (в пределах до 1000 км и за десятки тысяч лет) составляет автоколебательная модель волноводов [5]. Модель представляет собой двухслойную систему, которая приводится в движение горизонтальными тектоническими силами. Они создают относительные движения отдельных слоев. Вышележащий слой может смещаться по волноводу, как по смазке. Особые свойства волновода и взаимодействие слоев создают автоволновые движения этой системы. Они приводят к периодическим процессам отжимания флюидов из волновода и их засасывания в волноводный слой.

Нисходящие движения водных флюидов увлекают растворенные в них минеральные вещества в зону волноводов. В режиме компакции восходящие потоки переносят эти вещества вверх. Таким образом, возникает механизм переноса и концентрации растворенных во флюидах минеральных веществ и образования рудных месторождений. Он играет важную роль в геологической эволюции всей верхней коры.

Аналогичные колебательные (но только собственные, а не автоволновые) процессы возникают в разломах верхней коры на различных масштабных уровнях. Они создают интенсивный кругооборот флюидов на меньших масштабных уровнях. Предложена математическая модель этих процессов. Она основана на нелинейных свойствах трещиноватой среды разлома. При расширении проницаемость в разломе резко возрастает, а при сжатии – падает. Поэтому в фазе дилатансионного расширения происходит нагнетание флюидов в разлом, а в фазе консолидации флюиды устремляются вдоль разлома в сторону наибольшей проницаемости. Это обеспечивает циркуляцию флюидов в зонах слабой сейсмичности.

На микроуровне из всех явлений второй группы исследуются только процессы физической кинетики, происходящих в клювах трещин. При растрескивании пород в клювах трещин на субатомном уровне возникают огромные силы, которые приводят к ионизации атомов, рентгеновскому излучению и другим сопутствующим явлениям. По этой причине клювы трещин являются источником образования металлических и силикатных кластеров и катализатором геохимических процессов преобразования вещества [6]. При высокой температуре и давлении вновь образованные вещества выбрасываются из клюва трещины в ее свободный объем. Далее, в качестве примесей они участвуют в круговороте флюидов и в процессе дальнейшей концентрации минералов. Была построена математическая модель указанных кинетических процессов на основе стохастических дифференциальных уравнений Ито-Стратоновича. Существует стохастическая эквивалентность этих уравнений со стохастическими уравнениями Фоккера-Планка-Колмогорова и уравнениями Больцмана. Это позволяет исследовать стохастические модели и находить их эффективные решения. В частности, такие решения были получены для субатомной зоны клюва трещин.

Изложенные факты позволяют по-новому взглянуть на механизмы образования рудных (а также и углеводородных) месторождений. Верхняя кора является областью, в которой процессы концентрации и дифференциации минеральных веществ происходят независимо от аналогичных процессов в нижележащих слоях земной оболочки в области плавления или частичного плавления пород.

## Литература

1. *Каракин А.В.* Флюидодинамические модели образования рудных месторождений в платформенных областях // *Геоинформатика*. 2002. № 2. С. 45-56.
2. *Кузнецов О.Л., Каракин А.В.* Концепция трещиноватой структуры и флюидного режима в верхней коре // *Геоинформатика*. 2002. № 3. С. 11-15.
3. *Каракин А.В., Курьянов Ю.А., Павленкова Н.И.* Разломы, трещиноватые зоны и волноводы в верхних слоях земной оболочки // М.: ВНИИгеосистем. 2003. 228 с.
4. *Старости В.И., Игнатов П.А.* Геология полезных ископаемых // М.: МГУ. 1997. 302 с.
5. *Karakin A. V.* Mathematical Model of the Crustal Waveguide // Online journal. Russian Journal of

- Earth Science. 2001. V. 3. # 4. <http://ries.wdcb.ru> or <http://www.agu.org/WPS/rjes/>
6. Кузнецов О.Л., Каракин А.В., Левченко Т.В. Механизм движения флюидов и концентрации рудных минералов при умеренной сейсмичности // International Geophysical Conference and Exhibition. Russia, Moscow, September 1-4, 2003. Abstracts.
- 

*Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(22) 2004*

*Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2004 года (ЕСЭМПГ-2004)*

*URL: [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-2004/informbul-1/hydroterm-19.pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/informbul-1/hydroterm-19.pdf)*

*Опубликовано 1 июля 2004 г*

*© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2004*

*При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на "Вестник Отделения наук о Земле РАН" обязательна*