

- c) Кристаллизация пресыщенного Fe-Ti-V расплава- образование вкрапленных Ti-Mgt руд
- d) появление пирита на постмагматической стадии кристаллизации расплава.
2. Метаморфизм амфиболитовой фации ($\{Ol\} \rightarrow Px \rightarrow Amf$)
3. Начало гранитизации (Окисление пирита в магнетит)
4. Гранитизация (Появление сфена в амфиболите, распад титаномагнетита)
5. Конец гранитизации (Образование сидеронитовых ильменит-магнетитовых руд)
6. Амфиболитизированные оливиновые вебстериты с ильменит-магнетитовыми рудами (V и сульфидсодержащие)

Таким образом, на территории Карелии выявлено новое рудопроявление ильменит - магнетитового типа, аналогичное рудопроявлению Травяная губа.

Рудопроявление связано с интрузиями анортозит – габбро - пироксенитовой формации, расположение которых контролируется зоной долгоживущего разлома (КРЗ), наложенным метаморфизмом амфиболитовой фации и последующей гранитизацией.

Существенную роль в рудообразовании сыграли такие процессы как пересыщенность магмы TiO_2 , процессы дифференциации, метаморфизм и гранитизация пород, второстепенная роль отводится расположению в зоне разлома.

Возможно, что выявленные интрузивные тела являются частями дифференцированного массива анортозит – габбро – пироксенитовой формации, испытавшего метаморфизм и гранитизацию. В связи с этим следует рассмотреть вопрос о платинометальном и сопутствующем оруденении интрузий.

Автор выражает благодарность в.н.с. Института геологии КарНЦ РАН Степанову В.С. за предоставленные материалы и консультации, а так же сотрудникам кафедры ГМПГ Геологического факультета СПбГУ Полеховскому Ю.С. и Тарасовой И.П. за помощь в лаборатории рудной микроскопии.

ЛИТЕРАТУРА

- Березин А.В. «Новые перспективы минерагенического районирования Беломорского подвижного пояса» тезисы докладов в кн. «Беломорский подвижный пояс: геология, геохронология, минерагения». Петрозаводск, 2005.
- Степанов В.С. Отчет Летнереченской партии по съемке 1:50 000, 1964-1966гг.
- Степанов В.С., Слабунов А.И. «Амфиболиты и ранние базит-ультрабазиты Северной Карелии», Л, 1989.
- Степанов В.С. «Благороднометальное рудопроявление Травяная губа и возможная генетическая связь его с комплексом габбро-анортозитов Западного Беломорья» в сборнике «Геология и полезные ископаемые Карелии», №4, КарНЦ РАН, Петрозаводск, 2001.
- Khalil J.S., Lindsley D.H. «A solution model for coexisting iron-titanium oxides», American Mineralogist, vol. 66, p. 1189-1201, 1981.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОТНОСТНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ РУДОНОСНЫХ РАСПЛАВНЫХ СРЕД

Вахрушев А. М.

ЦНИГРИ, Москва, tsnigri@tsnigri.ru

Количественная геолого-генетическая модель (КГГМ) сульфидно-силикатной системы, разработанная А.И.Кривцовым с соавторами на примере Талнахской группы медно-никелевых месторождений, позволила численно оценить существующие рудогенетические концепции, дополнить геолого-поисковую модель новыми прогнозными критериями и признаками. Дальнейшее развитие КГГМ основывается на разработке новых и адаптации уже созданных алгоритмов моделирования плотностной дифференциации рудоносных расплавов, разработки новых методов решения задач плотностной дифференциации, с выявлением закономерностей распределения рудного вещества и его составов. При этом была принята модель рудонакопления, предполагающая переход металлов, содержащихся в родоначальных магмах в расщепленной (каплевидной) форме (в расплавленном виде), во вкрапленные и массивные (сплошные) руды в результате плотностной дифференциации минеральных частиц в гравитационном поле.

Компьютерное моделирование плотностной дифференциации движущихся расплавных рудоносных сред является задачей, требующей учета многих факторов: вязкость, скорость движения и плотность силикатного расплава; геометрические параметры сечения канала; значение градиента давления; плотность и радиус частицы рудного вещества; координаты ее начального расположения в канале. Принятая упрощенная форма конфигурации канала (вариант 1 – горизонтальное залегание, вариант 2 – воздымающийся канал и вариант 3 – нисходящий канал с изломом) позволила промоделировать дифференциацию сульфидной составляющей рудоносного расплава в обстановке его ламинарного течения.

Задача моделирования была сведена к расчету скоростей движения рудных частиц в рассматриваемом потоке с последующим переходом к траекториям их движения и интервалам осаждения.

Математическая модель процесса учитывает: вязкость, скорость движения и плотность силикатного расплава; геометрические параметры трубообразного канала; значение градиента давления; плотность и

радиус частицы рудного расплава – шарообразной минеральной капли; координаты ее начального расположения в расчетном канале.

Движение шарообразной частицы в анализируемой ситуации происходит под действием движущейся в канале жидкости и силы тяжести. Скоростной вектор частицы определяется как сумма скорости перемещения частицы вместе с расплавом вдоль оси трубы и скорости ее осаждения. Скорость движения частицы под действием силы тяжести примем постоянной для всего периода осаждения частицы в расплаве, т.е. до момента ее касания дна трубы. Таким образом, время оседания частицы в вертикальном направлении будет зависеть от координат ее начального положения в расчетном канале, избыточной плотности по сравнению с несущим расплавом и вязкостью последнего.

Полагая, что скорость потока постоянна во всем объеме канала и принимается равной скорости в центральной его части, на основе уравнений Навье-Стокса вычисляется ее значение.

Таким образом, имея линейные зависимости вертикальной скорости осаждения и горизонтальной скорости движения частицы от постоянных параметров, первоначально задаваемых моделью, мы можем перейти к графическому представлению траекторий движения минеральных капель.

Рассмотрим теперь компьютерно-графическую модель движения частиц в канале постоянного сечения с различной геометрией наклона дна. Для этого введем такие понятия, как «питающая точка», «питающая колонна (волна)» и питающая система.

Питающая точка – это точечная область канала, из которой начинают свое движение несколько частиц различной плотности (рис. 1, а).

Питающая колонна (волна) – совокупность питающих точек, равномерно распределенных на центральной линии вертикального сечения (рис 1, б).

Питающая система – совокупность питающих волн, расположенных через равные интервалы по горизонтали в некотором сегменте канала (рис. 1, в, г).

Задается интервал между волнами; каждая последующая волна начинается после продвижения расплава на данный интервал. Номера волн (1,2,3...m-1,m) определяют последовательность счета разгрузки питающей системы по мере продвижения расплава в канале.

Для реализации представленных алгоритмов разработаны компьютерная программа и статистические модули расчета параметров миграции частиц в потоке жидкости.

Компьютерная программа применялась для расчета параметров частиц в случае возможных столкновений и слияний между ними.

На вход программы подаются следующие данные: плотности силикатного расплава и переносимых им минеральных частиц, количество и размеры последних, геометрические параметры сечений трубообразного канала (длина, большая и малая полуоси эллипса), значение кванта времени Δt и конфигурация питающей системы.

Для оценки влияния параметров движущихся в потоке частиц на характеристики их движения были проведены компьютеризированные расчеты скоростей и траекторий отдельных частиц с различными плотностями для разных конфигураций питающей системы.

В результате проведенного компьютерного моделирования были рассчитаны траектории переноса шарообразных частиц рудного вещества различной плотности силикатным расплавом и координаты их осаждения, оценено укрупнение сульфидных капель в результате слияния. Для системы из 20 питающих волн по 5 питающих точек в каждой, содержащей моночастицы изоферроплатины, пирротина, пентландита и халькопирита, укрупнение частиц достигало 3 раз относительно первоначального радиуса моночастиц. Самые сложные полиминеральные частицы образовывались из 19 мономинеральных.

В случае, когда столкновения между частицами отсутствуют, применялась техника компьютерно-графических построений, позволяющая упростить расчет и уменьшить время достижения окончательного результата.

Структура потока реконструируется как система последовательных (пошаговых) «волн» с однотипным распределением траекторий и трасс миграции частиц различной плотности, которые не взаимодействуют при пересечении трасс. Структура трасс частиц накладывается на сетку продольного сечения потока заданной конфигурации как по определенным номерам «волн» (0, 1, 2...), так и по каждому из номеров – шагу.

В результате численно-графическим моделированием плотностной дифференциации минералов в магматическом потоке проиллюстрированы:

1. зависимость дальности переноса капель от их радиуса и плотности;
2. рост скорости погружения сульфидных капель в расплаве при их укрупнении в результате слияния;
3. влияние конфигурации питающей системы на возможные составы капель;
4. влияние геометрии канала на процесс осаждения частиц и их зональное распределение на дне.

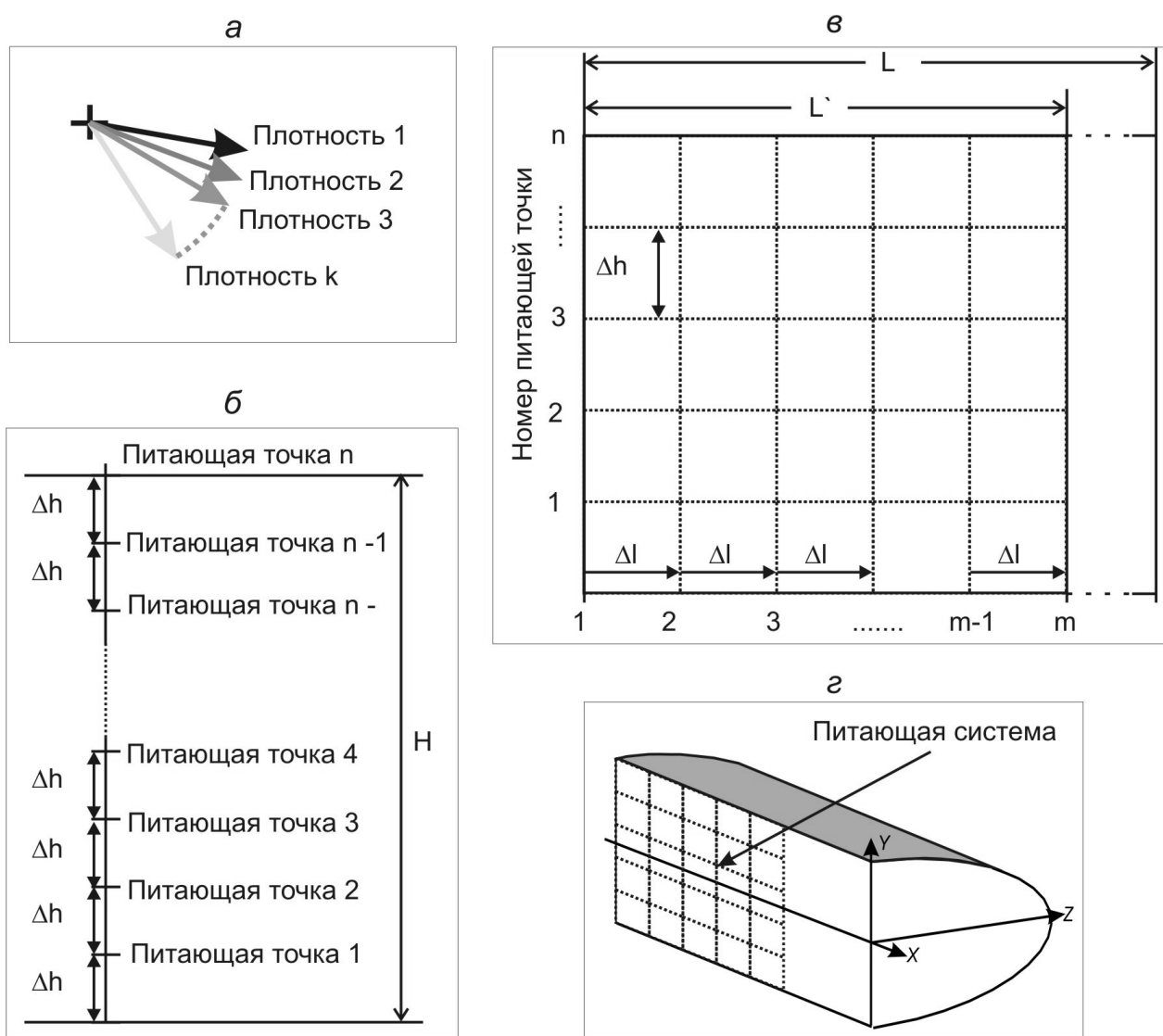


Рис. 1. Основные положения модели: а – «питающая точка», б – «питающая колонна (волна)», в – «питающая система», з – схематическое расположение питающей системы в канале; k – количество частиц различной плотности, выходящих из одной питающей точки; n – количество питающих точек в волне; H – высота волны (канала); Δh – интервал между питающими точками в волне; m – количество питающих «волн» в системе; L – длина канала; L' – длина питающего сегмента канала; Δl – интервал между питающими «волнами».

В итоге получена расчетная картина сепарации минеральной составляющей рудоносного расплава в обстановке его ламинарного течения в полого залегающем трубообразном канале эллиптического сечения с различной геометрией дна, которая не противоречит основным положениям ранее разработанной количественной геолого-генетической модели сульфидно-силикатной системы. С помощью созданной компьютерной модели и компьютерно-графических расчетных алгоритмов можно оценивать распределение по латерали рудного вещества различной плотности на дне канала.

ЛИТЕРАТУРА

- Дубов Н. В., Звездов В. С. Компьютерная модель переноса сульфидных капель рудоносным силикатным расплавом в трубообразном канале эллиптического сечения // Отечественная геология. (2002), № 5-6. С. 27-32.
- Кривцов А. И., Чижова И. М., Евстигнеева Т. Л. Количественные характеристики рудонакопления в сульфидно-силикатных расплавах // Руды и металлы. (1995), №2. С. 55-66.
- Кривцов А. И., Кочнев-Первухов В. И., Конкина О. М., Степанов В. К., Заскинд Е. С. Cu-Ni-МПГ месторождения норильского типа. Серия: Модели месторождений благородных и цветных металлов. М.: ЦНИГРИ, (2001). 180 с.
- Richard H. M., Hutchinson D. and Fisher P. C. Petrology and Crystallization History of Multiphase Sulfide Droplets in a Mafic Dike from Uruguay: Implication for the Origin of Cu-Ni-PGE Sulfide Deposits // Economic Geology, Vol. 99, pp. 365-376.