

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ В РУДАХ

Ю.В.Лир*, Г.А.Кирияков**, И.Г.Кириякова*

*Санкт-Петербургский горный институт, ** ИТЦ-ГП ОАО РУСАЛ ВАМИ
kirjakov@vami.rusal.ru

Многие процессы, идущие в земной коре, могут рассматриваться как процессы самоорганизации. В эту категорию попадают и процессы рудообразования, свидетельством чего может служить факт соответствия рудных образований модели фрактала.

Геологические, в том числе рудогенерирующие системы, являясь открытыми, постоянно получают «подпитку» веществом и (или) энергией из внешней среды, причем самоорганизация и пространственное структурирование системы происходит лишь в случае, когда подводимый к системе энергетический поток достигает определенного порогового значения, при этом переход «от хаоса к структуре» осуществляется скачкообразно.

При качественной и количественной оценке степени упорядоченности системы целесообразно воспользоваться основными положениями подхода, развиваемого Г.Хакеном и используемого в системном анализе. В основу этого подхода Г.Хакен положил так называемый «принцип максимума информационной энтропии». Напомним, что информационная энтропия есть мера информации, которую мы получаем при полном выяснении того, какое именно состояние реализовывалось.

Рассмотрим какую-либо сложную систему, состояние которой может быть охарактеризовано набором некоторых величин q_j ($j = 1...n$). Все эти величины можно объединить в вектор состояния $q=[q_1; q_2; q_3;...; q_n]$. Поскольку величины q_j могут изменяться со временем, одновременно с ними изменяется и вектор q . В процессе самоорганизации системы вектор $q(t)$ стремится выйти на аттрактор, т.е. устойчивое состояние, которое может рассматриваться как некоторое энергетически выгодное значение вектора q . При наличии флуктуирующих сил вектор, характеризующий состояние системы, может «перепрыгивать» из одного аттрактора в другой. Припишем каждому аттрактору величину p_j - вероятность нахождения вектора в данном аттракторе. Тогда величина информационной энтропии (H) определяется выражением

$$H = -\sum_{j=1}^n p_j \ln p_j$$

Во многих случаях удобнее пользоваться величиной относительной информационной энтропии, измеряемой в процентах от максимально возможного значения.

$$H_r = \frac{H}{\ln(n)} 100\%$$

Нами величина относительной информационной энтропии (H_r) рассчитывалась для значений метропроцента.

Основные результаты исследований явлений самоорганизации в рудогенерирующих системах сводятся к следующему.

1. Степень фрактальности распределения запасов резко уменьшается в области перехода от бедных руд к рудным столбам (рис.1). Нарушение степени фрактальности в зоне перехода «область рядовых руд - рудный столб» свидетельствует о перестройке структуры запасов. В переходной зоне рудная система находится в неустойчивом состоянии - на «полпути» между двумя стабильными состояниями - бедными и богатыми рудами. После того, как система перешла в новое устойчивое состояние, распределение запасов вновь соответствует модели фрактала.

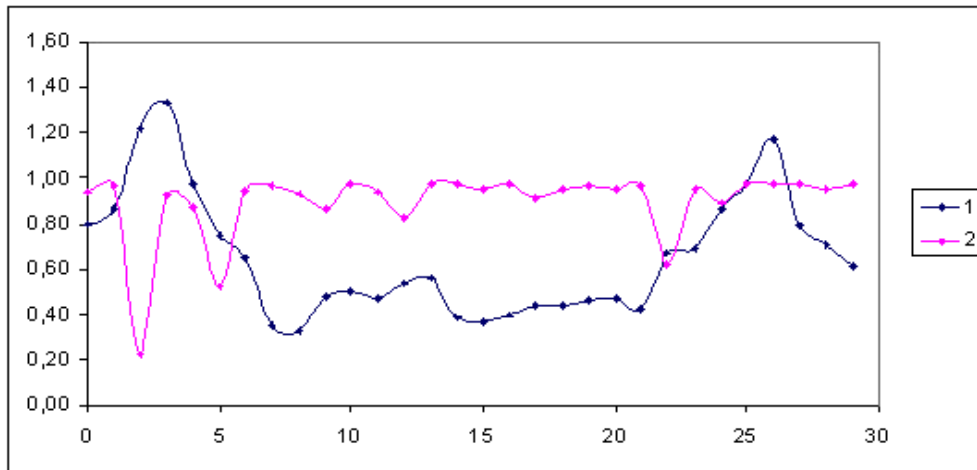


Рис.1. Нарушение фрактальности распределения запасов в области перехода от рядовых руд к рудным столбам (месторождение Алыс-Хая, жила Маккас, горизонт 1020м).

2. Во всех изученных нами оловорудных телах наблюдается квантование величины метропроцента (МС) и ее группирование вблизи некоторых «точек притяжения» - аттракторов. Количество аттракторов (N_a) и величина информационной энтропии служат мерой степени самоорганизации рудной системы. В некоторых пределах величины метропроцента существует прямая связь между величинами H_r , N_a и МС, которая носит нелинейный характер. Выше и ниже этого интервала связь между перечисленными величинами либо обратная, либо отсутствует. Границы интервала, вероятно, зависят от энергетики процесса рудообразования и связано с продуктивностью оруденения. Наиболее ярко разделение на участки с различным характером зависимости между H_r , N_a и МС проявлено в жиле Оловянной Дубровского месторождения, где эта закономерность проявлена на четырех горизонтах из семи.
3. При превышении некоторого порогового значения МС (что, вероятно, сопровождается также увеличением потока энергии на «входе») начинается деструктурирование системы и дальнейшее поступление вещества и энергии вводит систему в состояние хаоса. В участках, где наблюдалась прямая связь между H_r , N_a и МС, изменение структуры запасов идет по пути появления новых аттракторов при сохранении старых, тогда как после перехода через верхнее пороговое значение метропроцента при увеличении продуктивности наблюдается исчезновение старых аттракторов и появление новых, которые также часто исчезают. В некоторых случаях при максимальных значениях величины удельного линейного запаса остается лишь один аттрактор и, следовательно, $H_r = 0$.

Таким образом, величина информационной энтропии как показатель степени самоорганизации, связана с продуктивностью рудного тела. В некотором оптимальном интервале значений величины продуктивности рост рудонасыщенности сопровождается увеличением степени самоорганизации рудной системы. Ниже этого интервала увеличение количества принесенного вещества не ведет к повышению степени самоорганизации системы. После превышения величиной продуктивности верхнего порогового значения начинается деструктурирование рудной системы.