

19. *Slabunov A.I., Lobach-Zhuchenko S.B., Bibikova E.V., Sorjonen-Ward P. et al.* The Archaean nucleus of the Fennoscandian (Baltic) Shield // *European Lithosphere Dynamics*. 2006. Gee D.G. & Stephenson R.A. (eds) *Memoirs*, 32. London: Geological Society. P. 627–644.

Локальные границы

Смирнова Н.Л.

Московский Государственный Университет, г. Москва, e-mail: snl194@mail.ru

Докембрий – древнейшие толщи земной коры подразделяются иерархически на архей, и протерозой, который в свою очередь делится на нижний, средний, верхний (рифей), причем рифей после нижнего, среднего и верхнего заканчивается переходным периодом – вендом. Разнообразие верхнего уровня всегда выше предыдущих. Между подразделениями докембрия проходят границы. Граница - это универсальное понятие и всегда представляет собой преобразование, изменение во времени, в пространстве, в численности, частоте встречаемости и т.д., это процесс и территория изменения. Изменение может быть плавным, резким, широким, узким, глубоким, мелким, линейным, степенным. При этом происходит переход от одного равновесного состояния к другому, от прежнего к новому. А.А. Богданов называл такие преобразования кризисами, причем указывал на существование ложного равновесия, при котором спокойствие только видимость. В действительности при сохранении внешней формы идет постепенный процесс изменения, который затем может развиваться лавинообразно. Кризисы развиваются плавно (эволюционно) и резко. Существует много признаков говорящих о приближении границы. В зависимости от выбора признака граница может проходить по-разному, быть разной ширины и глубины. Граница перехода может быть очень короткой во времени и пространстве и в этом кроется угроза. Помимо природных катастроф-кризисов, не зависящих от человека, возникла глобализация, ведущая к преобразованию локальных кризисов, присущих человеческому обществу, в глобальные. Подобные процессы глобализации идут и на планете Земля, что также приводит к глобализации локальных кризисов. В связи с этим остро встает вопрос изучения границ.

Границы могут иметь вид полигональных сеток, причем ребра n -гонов и их вершины также представляют собой границы. Например, полигональную сетку разломов имеет Земля [1], а вершины и n -гоны сетки обозначаются формулами [2]. Простейшие полигональные сетки определены Кеплером (К-сетки) и опубликованы в 1619г [3]. Их всего 12 (одна энантиаморфная). В каждой из них n -гоны правильные, а вершины идентичны. Идентичность означает одинаковую последовательность n -гонов вокруг всех вершин. Все К-сетки двумерно периодические и широко представлены в кристаллических структурах. Три из них простейшие. Одна состоит из 3-гонов (плотноупакованный слой), другая из 4-гонов, третья из 6-гонов (сотовый мотив). Последовательность n -гонов в первой сетке 333333, во второй 4444, в третьей 666. Эти формулы (Вг, вершина окружена n -гонами) можно также представлять в буквенном виде, разделяя качественную и количественную составляющую: $|a|<6>|3|$, $|a|<4>|4|$, $|a|<3>|6|$. В прямых скобках приведены значения n , в уголках координационные числа (КЧ) вершин. Такими же формулами локальных границ представляем координационные сферы n -гонов: формула Гр, n -гон окружен n -гонами сочлененными общими ребрами, формула Гв – n -гон имеет координационную сферу из вершин, формула Вв представляет координационную сферу вершины из КЧ вершин. Формулы Вг были использованы как диагностический признак [4] для характеристики гранитов. Можно полагать, что формулы вершин и n -гонов периодических и аperiodических полигональных поверхностей косной и живой природы будут иметь прикладное значение.

При высоких давлениях в Земле при полиморфном переходе (граница) атомы Si меняют тетраэдрическую координацию на октаэдрическую. Например, при высоком давлении в структуре $MgSiO_3$ атом Si находится в октаэдре. Структуры политипов $MgSiO_3$ (рис. 1.4, 1.5, 1.6, 1.7) соотносим с сетками Кеплера (рис. 1.1, 1.2, 1.3). Формулы конечных членов серии : Вв $|a|<5>|5|$, Вг $|abab|<2111>|3434|$, Гв $|a|<3>|5|$, $|a|<4>|5|$, Гр $|ab|<21>|43|$, $|a|<4>|3|$, (рис. 1.1, 1.4) и Вв $|a|<5>|5|$, Вг

$|ab|<32>|34|$, Гв $|a|<3>|5|$, $|a|<4>|5|$, Гр $|ab|<21>|34|$, $|abab|<1111>|3434|$, (рис. 1.3, 1.7). Обе сетки имеют одну общую ленту (выделена), которая сочленяется по-разному: в первой сетке - 3-гон с 4-гоном, а во второй сетке 3-гон с 3-гоном и 4-гон с 4-гоном. В промежуточных поли типах эти два вида сочленения комбинируются в отношении 1/1 (рис. 1.2, 1.5), $\frac{1}{2}$ (рис. 1.6) и т.д. Формулы Вв и Гв в промежуточных поли типах не меняются и аналогичны формулам исходных сеток. Формулы Вг в промежуточных поли типах комбинируются в отношении 1/1, 1/2 и т.д. В отличие от предыдущих, в формулах Гр промежуточных поли типов появляется новая формула, отсутствующая в конечных членах Гр $|ab|<21>|34, 43|$, $|ab|<31>|34|$, (рис. 1.2, 1.5). Поли тип может характеризоваться всеми 5 возможными формулами $|ab|<21>|34, 43|$, $|a|<4>|3|$, $|ab|<31>|34|$, $|abab|<1111>|3434|$ (рис. 1.6).

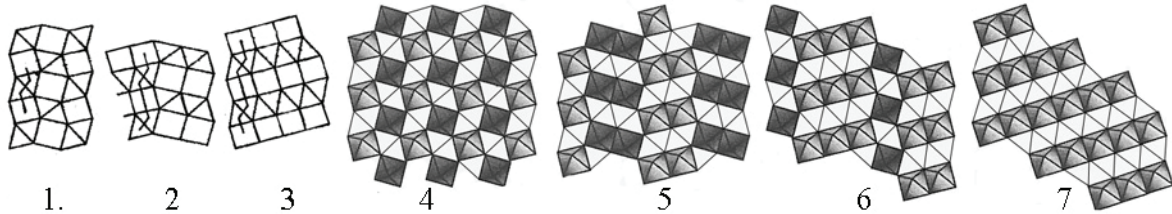


Рис. 1

Наряду с упорядоченными полигональными поверхностями в природе чаще встречаются аperiодические поверхности. В [5] приведена полигональная сетка (рис. 2) модели мантии под фенноскандией. Сетка состоит из n-гонов с $n=3-8, 10$, причем 10-гон разделяется на более мелкие n-гоны. Вершины с КЧ 4 обозначаем 4-гонами, а n-гоны с $n=3$ - 3-гоном, $n=4$ - точкой, $n=5$ - пентаклом, $n=6$ - солнцем, $n=7$ - месяцем, бо́льшие значения n - цифры. В сетке n-гоны размещены неупорядоченно.

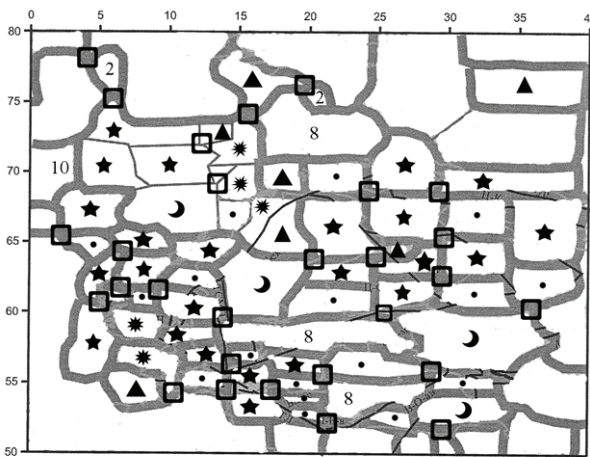


Рис. 2

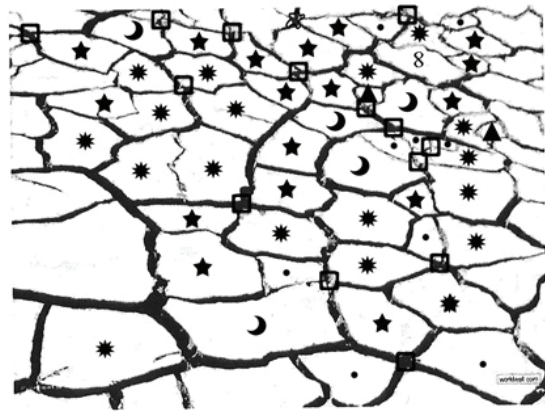


Рис. 3

В крупном n-гоне с КЧ 10 добавлены дополнительные ребра его разбиения на мелкие n-гоны. Для вершин и n-гонов определяем формулы. Штрихом обозначаем формулы с включением n-гонов дополнительного разбиения. Полу жирно выделяем КЧ.

Вв 3 - $|a|<3>|3|$, $|ab|<21>|34, 43|$, **4** - $|a|<4>|3|$, $|ab|<31>|34, 43|$, $|ab|<22>|34|$, $|abab|<1111>|3434|$,

Гв 3 - $|a|<3>|3|$, $|ab|<21>|34, 43|$, **4** - $|a|<4>|3|$, $|ab|<31>|34, 43|$, $|ab|<22>|34|$, $|abab|<1111>|3434|$, **5** - $|a|<5>|3|$, $|ab|<41>|34|$, $|ab|<32>|34, 43|$, $|abab|<2111>|3434|$, **6** - $|a|<6>|3|$, $|ab|<51>|34|$, **7** - $|ab|<61>|34|$, $|abab|<3121>|3434|$, $|ababab|<211111>|343434|$, **8** - $|ab|<62>|34|$, $|abab|<5111>|3434|$, $|abab|<3221>|3434|$, **10** - $|abab|<5221>|3434|$,

Вг 3 - $|a|<3>|5|$, $|ab|<21>|45, 48, 53, 54, 56, 57', 58, 5.10, 63', 65|$, $|abc|<111>|346, 348, 356, 367', 38.10, 456, 457, 458, 467', 478, 567', 57.10|$, **4** - $|ab|<31>|53, 54|$, $|ab|<22>|45|$, $|abc|<211>|534, 536, 537', 578, 57.10|$, $|abab|<1111>|4545|$, $|abac|<1111>|4548, 4748, 6364'|$, $|abcd|<1111>|345.10, 3576', 4578|$, **5** - $|abacd|<11111>|36345'|$,

Гр 3 - |ab|<21>|54|, |abc|<111>|456, 48.10, 567'|, **4** - |a|<4>|5|, |ab|<31>|57, 58|, |abc|<211>|536, 538, 547, 548, 657'|, |abac|<1111>|4548, 8587|, **5** - |ab|<41>|53|, |ab|<32>|54|, |abc|<311>|547|, |abc|<221>|567'|, |abab|<2111>|4545|, |abac|<2111>|4548, 5354, 5457', 545.10|, |abac|<1211>|4547, 5658|, |abcd|<2111>|4567, 4568, 4657, 547.10, 5637|, |ababc|<11111>|35354'|, |abacd|<11111>|5354.10|, **6** - |abacd|<21111>|56534|, |abcde|<21111>|36457|, |ababcd|<111111>|363647'|, |abacad|<111111>|353638'|, **7** - |abc|<511>|546'|, 5→7 |abcabd|<112111>|475476'|, |abacbad|<1111111>|545845.10|, **8** - |ababcac|<1112111>|45455747|, 7→8 |abacbade|<11111111>|54584536'|,

Выделяем формулы **пб**, **пбк**, **пк**, **пс**, **ВВ-ГР** (п – последовательность, пб – буквенная, пбк – буквенная с коэффициентами, к – коэффициентов, пс – состав последовательности, ВВ-ГР-символы формул от меньшего к большому):

пб - |a, ab, abc, abab, abac, abcd, ababc, ababcd, abcde, ababab, ababcd, abacad, abcabd, abacbad, ababcac, abacbade|, **пбк** |a|<3, 4, 5, 6>, |ab|<21, 31, 22, 41, 32, 51, 61, 62>, |abc|<111, 211, 311, 221, 511>, |abab|<1111, 2111, 3121, 5111, 3221, 5221>, |abac|<1111, 2111, 1211>, |abcd|<1111, 2111>, |ababc|<11111>, |abacd|<11111, 21111>, |abcde|<21111>, |ababab|<211111>, |ababcd|<111111>, |abacad|<111111>, |abcabd|<112111>, |abacbad|<1111111>, |ababcac|<1112111>, |abacbade|<11111111>, **пк** - <3, 4, 5, 6, 21, 31, 22, 41, 32, 51, 61, 62, 111, 211, 311, 221, 511, 1111, 2111, 3211, 5111, 3221, 5221, 11111, 21111, 111111, 211111, 1111111, 2111111, 11111111>, **пс** - {3, 4, 5, 6, 21, 31, 22, 41, 32, 51, 61, 52, 43, 62, 53, **73**, 111, 211, 311, 221, 511, 322, 1111, **332**, 2111, 3111, 2211, 3111, 3211, 21111, 32111}, **ВВ** - |3, 34|, **ГВ** - |3, 34|, **ВГ** |5, 35, 36, 45, 48, 56, 57, 58, 5.10, 345, 346, 348, 356, 357, 367', 38.10, 456, 457, 458, 467', 478, 567', 578, 57.10, 345.10, 4578|, **ГР** - |5, 35, 45, 57, 58, 345, 356, 358, 456, 457, 458, 45.10, 48.10, 567', 568, 578, 3456, 345.10, 3467, 3567, 3568, 4567, 4568, 457.10, 458.10, 34567, 34568|, **ВВ-ГР** |3, 5, 34, 35, 36, 45, 48, 56, 57, 58, 5.10, 345, 346, 348, 356, 357, 358, 367, **38.10**, 456, 457, 458, 45.10, 467, 48.10, 567', 568, 578, 57.10, 3456, 345.10, 3467, 3567, 3568, 4567, 4568, 4578, 457.10, 458.10, 34567, 34568|,

Поверхность такыра (рис. 3) также представляет собой полигональную сетку. Формулы вершин и п-гонов в этой сетке:

Вв 3 - |a|<3>|3, 4|, |ab|<21>|334|, **4** - |a|<4>|3|, |ab|<31>|34|, |abab|<1111>|3434|,

Вг 3 - |a|<3>|5, 6|, |ab|<21>|47, 56, 57, 64, 65, 67, 73, 75|, |abc|<111>|356, 367, 456, 458, 467, 458, 468, 489, 567, 568, 578, 678|, **4** - |a|<4>|5, 6|, |ab|<31>|46, 56, 64|, |abc|<211>|637, 734, 735|, |abab|<1111>|6465|, |abcd|<1111>|3467|, **Гв 3** - |a|<3>|3|, |ab|<21>|34, 34|, **4** - |ab|<31>|34|, |abab|<1111>|3434|, **5** - |a|<5>|3|, |ab|<41>|34|, |abab|<2111>|3434|, **6** - |a|<6>|3|, |ab|<51>|34|, |ab|<42>|34|, **7** - |ab|<61>|34|, |ab|<52>|34|, **Гр 3** - |abc|<111>|567|, **4** - |ab|<31>|47, 65|, |ab|<22>|47, 46|, |abc|<211>|647, 657|, **5** - |abc|<311>|657|, |abc|<221>|467, 567, 675|, |abac|<2111>|6467|, |abcd|<2111>|5637|, **6** - |ab|<51>|65|, |ab|<33>|65|, |abc|<321>|564, 567|, |abac|<1311>|5657|, |abcd|<3111>|5378|, |ababc|<12111>|46465|, **7** - |ababdc|<211111>|565647|, |abacdc|<211111>|565747|, |abcadef|<1111111>|6586374|,

пб |a, ab, abc, abab, abac, abcd, ababc, ababcd, abacdc, abcadef|, **пбк** |a|<3, 4, 5>, |ab|<21, 31, 22, 41, 51, 42, 33, 61, 52>, |abc|<111, 211, 311, 321>, |abab|<1111, 2111>, |abac|<2111>, |abcd|<1111, 2111, 3111>, |ababc|<12111>, |ababcd|<211111>, |abacdc|<211111>, |abcadef|<1111111>, **пк** <3, 21, 111, 4, 31, 22, 211, 1111, 5, 41, 311, 221, 2111, 6, 51, 42, 33, 321, 3111, 21111, 61, 52, 211111, 1111111>, **пс** {3, 4, 5, 21, 31, 22, 41, 32, 51, 42, 33, 61, 52, 111, 211, 311, 321, 1111, 2111, 3111, 3211, 211111}, **ВВ-ГР** |3, 4, 5, 8, 34, 37, 46, 47, 56, 57, 67, 347, 356, 357, 367, 456, 458, 467, 458, 468, 489, 567, 568, 578, 678, 3467, 3567, 3578, 4567, **345678**|.

Зоны Бриллюэна представляют собой энергетические границы атомов. На рис. 4 представлены зоны 4.1- α-Mn, γ-Cu₅Zn₈, I-43m, 2 - β-W, Pm3m, 3 - β-Mn, P4132, 4, 5 - σ-фаза CrFe, P42/mnm, 6, 7 - μ-фаза W₆Fe₇, R-3m. Вершины со связностью 3 не обозначаем, 4 - квадрат, 5 - 5-гон, 8 - 8-гон, п-гоны с п=3 обозначаем 3-гоном, 4-гон - точкой, 5-гон - пентаклом, 6-гон - солнцем. Формулы вершин и п-гонов зон Бриллюэна (рис.4.1-4.7).

4.1 **Вв** |a|<4, 8>|3|, |ab|<21>|84|, **Вг** - |a|<3, 4, 8>|4|, **Гв** -|abab|<1111>|3838|, |abac|<1111>|3438|, **Гр** - |a|<4>|4|, 4.2 **Вв** -|a|<3, 4>|4|, |ab|<21>|43|, |ab|<31>|34|, **Вг** - |a|<3>|5|, |a|<4>|4|, |ab|<21>|54|, |ab|<22>|45|, **Гв** -|ab|<31>|43|, |abab|<2111>|3434|, **Гр** - |ab|<22>|45|, |abab|<2111>|5454|, 4.3 **Вв**, |a|<3, 4>|4|, |ab|<31>|43|, **Вг** - |a|<3, 4>|4|, **Гв** - |a|<4>|4|, |ab|<31>|43|, **Гр** - |a|<4>|4|, 4.4, 4.5 - **Вв** |a|<4>|4|,

$|ab|<21>|34|$, $|ab|<31>|34|$, 43], **Гв** $|a|<4>|4|$, $|ab|<31>|34|$, $|ab|<32>|34|$, $|ab|<33>|34|$, **Вг** $|ab|<21>|56|$, $|abc|<111>|456|$, **Гр** $|abab|<1111>|4545|$, $|abc|<211>|546|$, $|ababc|<11111>|45456|$, $|abac|<1212>|4546|$, 4.6, 4.7 – **Вв** $|a|<3>|3|$, $|ab|<21>|53|$, $|ab|<32>|53|$, **Гв** $|a|<6>|3|$, $|a|<4>|5|$, $|ab|<21>|53|$, $|ab|<41>|35|$, **Вг** $|ab|<21>|53|$, 56], $|abac|<1211>|3435|$, **Гр** $|a|<6>|5|$, $|ab|<21>|54|$, $|abab|<1111>|3434|$, $|abac|<1211>|5356|$,

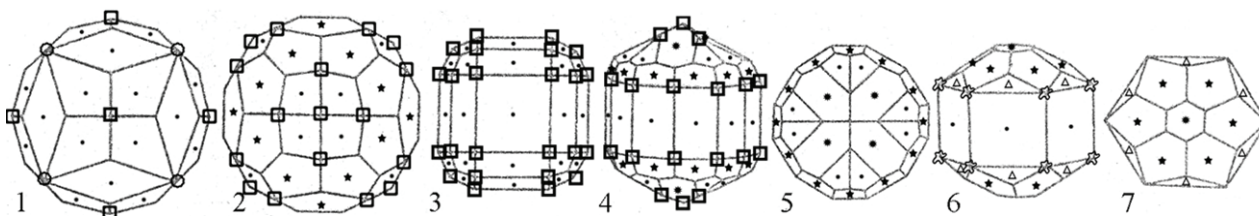


Рис. 4

пбк $|a|<3, 4, 6, 8>$, $|ab|<21, 31, 22, 41, 32>$, $|abc|<111, 211>$, $|abab|<1111, 2111>$, $|abac|<1111, 1211, 1212>$, $|ababc|<11111>$, **пк** $<3, 4, 6, 8, 21, 31, 22, 41, 32, 111, 211, 1111, 2111, 2211, 11111>$, **пс** $\{3, 4, 6, 8, 21, 31, 22, 41, 32, 111, 211, 221\}$, **ВВ-ГР** $\{3, 4, 5, 35, 38, 45, 48, 56, 345, 348, 356, 456\}$.

Ранее для многочисленных упорядоченных и неупорядоченных полигональных сеток получены формул **Вв**, **Вг**, **Гв**, **Гр**, **пбк**, **пк**, **пс**, **ВВ**, **ВГ**, **ГВ**, **ГР**. Среди приведенных здесь формул лишь единичные являются новыми, например, ВВ-ГР 38.10, 345678. В множестве формул ВВ-ГР из символов 3-8 установлены к настоящему времени все за исключением 3578. Возможны формулы содержащие символы 9-22, которые в подавляющем случае содержатся в формуле в единственном числе, за исключением нескольких пар 9(.14, .17, .22), .10(.11, .14, .22), и единственной формулы с тремя символами 9.17.22. В множестве формул **пс** из символов 1-8 установлена последняя недостающая формула 332. Пока не установлены пять недостающих **пк** из символов 1-8: -322, -611, -521, -422, -332.

Таким образом, уже хорошо просматриваются границы множеств наиболее часто встречающихся и редких возможных формул, содержащих большие символы. Поскольку формулы представляют собой сквозной признак для упорядоченных и неупорядоченных систем, их можно использовать как диагностический признак во всех системах.

Литература

1. Евзикова Н.З. Общие принципы структурной организации геологических тел // Фундаментальные проблемы естествознания. Труды конгресса-98. 2000. Т. II. С. 24-38.
2. Смирнова Н.Л. Формулы Шлефли для анализа законов организации структуры поверхности пород // Связь поверхностных структур земной коры с глубинными. Материалы XIV Международной конференции. Петрозаводск. Кольский научный центр РАН. II часть. 2008. С. 204-208.
3. Kepler J. Weltharmonik. II. Buch der Weltharmonik. Munchen-Berlin, 1939. Kepler I. Harmonice mundi. Lincii. 1619.
4. Кобзева Ю.В. Качественное изучение минеральных агрегатов на основе анализа их комбинаторно-топологического подобия // Труды III Всероссийской научной школы. Математические исследования в кристаллографии, минералогии и петрографии. /Сост. и ред. Ю.Л. Войтеховский/. Апатиты: Изд-во К&М, 2007. С. 126-135.
5. Цветкова Т.А., Шумлянская Л.А., Бугаенко И.В., Заец Л.Н. Трехмерная Р-скоростная модель мантии под фенноскандией // Связь поверхностных структур земной коры с глубинными. Материалы XIV Международной конференции. Петрозаводск. Кольский научный центр РАН. II часть. 2008. С. 326-328.
6. Дегтярева В.Ф., Нарымбетов Б., Дегтярева О. / Конфигурация зон Бриллюэна некоторых низкосимметричных структур // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 1996. № 7. С. 71-74.