

СТАБИЛЬНОСТЬ ЛЕГКИХ ЯДЕР В ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

И.А.Болдов¹

ilboldov@yandex.ru

¹ Независимый исследователь.


В рамках Геометрической модели рассмотрено влияние на стабильность легких ядер соотношения количества межнуклонных связей на нуклон, а также количества четных и нечетных связей у нуклонов в ядре. Объяснено наличие «магических» ядер и деление радиоактивных материалов на неравные осколки по межкластерным (He4) связям. Сделан вывод о возможном влиянии на стабильность и энергию связи ядер центробежных сил, воздействующих на нуклоны.

Первая капельная модель атомного ядра была предложена Н.Бором ещё в 1936-м году. С тех пор появилось ещё почти десяток моделей в той или иной мере объясняющих наблюдаемые свойства ядер. В настоящей работе автор предлагает на рассмотрение Геометрическую модель строения атомных ядер.

Геометрическая модель атомных ядер основана на трех предположениях :

1. Все межнуклонные связи в ядре имеют вид протон-нейтрон. Т.е. не могут быть рядом два протона или два нейтрона.
2. Ядерные силы между нуклонами имеют пространственную анизотропию и действуют по шести ортогональным направлениям X,-X.Y,-Y.Z,-Z.
3. Каждый слой ядра K,L,M,N,O,P,Q,R гомологичен соответствующей электронной оболочке. Т.е. формы у них разные, но закономерности описывающие последовательность их заполнения (s1,s2,p1,p2,p3.....f14) одна и та же.

Автором написана компьютерная программа моделирования структуры атомных ядер в Геометрической модели. Приведенные в программе экспериментальные данные скачаны с Центра фотоядерных данных МГУ [2]. Все рисунки и иллюстрации в данной статье получены из программы.

Программа позволяет сохранить структуру слоя, график полученный из экспериментальных, геометрических или смешанных данных, и выбранные данные, нажатием соответствующих кнопок на панели  или меню, в папках PICTURE/ CHART/ DATA/, что очень удобно для дальнейших исследований и вычислений.

Бета-версия программы 3.5 выложена здесь [3]. Не устанавливается, в реестры не пишет, ярлыки не создает. Распаковать, запустить ANV.exe. Автор будет благодарен за отзывы о работе программы. Насколько удобен интерфейс, понятен функционал.

Заполнение слоев ядра будет происходить по алгоритму заполнения электронных оболочек [1] у химических элементов (s1,s2,p1,p2,p3,p4,p5,p6,d1,d2.....b18) в порядке представленном на Рис.1.

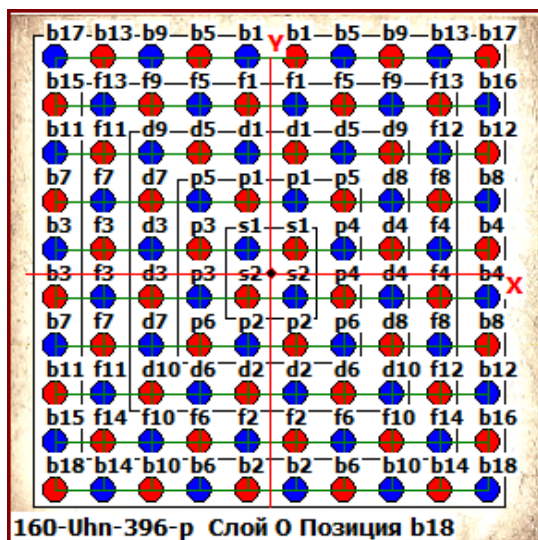


Рис. 1. Алгоритм заполнения слоев атомных ядер.

Поскольку, исходя из предположения 1 внутри ядра нет места для нейтронов в нейтроноизбыточных ядрах, то они будут присоединяться снаружи к протонам на поверхности ядра. Пространственные позиции куда могут быть присоединены нейтроны будем называть Т-позициями (от слова the Trap). Очевидно, что в одних Т позициях нейтрон будет присоединен к одному протону, в других к двум, а некоторых и к трем. Количество протонов к скольким будет присоединен нейтрон будет определять ранг Т позиции : Т1,Т2, Т3. Сначала заполняются позиции Т3, затем Т2 и последними Т1.

Также основным отличием которое будет разделять ядра химических элементов будет не количество протонов, а количество протон-нейтронных пар. Ядра у которых $N=Z$ будем называть «основное ядро». Исходя из сказанного основное ядро для Водорода будет дейтерий 2H. Против 1H с этой точки зрения всего-лишь изотоп Водорода.

Все структуры атомных ядер созданы самой программой по приведенному алгоритму, осовываясь по формулам строения электронных оболочек. Ручное редактирование потребовалось только для нескольких легких ядер, например 5-B-6.

Для изотопов вместо последнего добавленного нейтрона идет заполнение следующей позиции. Например если 4-Be-10 последний нейтрон добавлен в позицию s1 слоя J, то у изотопа 4-Be-10-m нейтрон добавлен в позицию p1 слоя K.

Рассмотрим как будет происходить заполнение нейтронами позиций Т1 вокруг одного протона создавая ряд нуклидов Водорода от 1-2H-1 до 1-2H-7. На Рис.2 они обозначены белыми кружками.

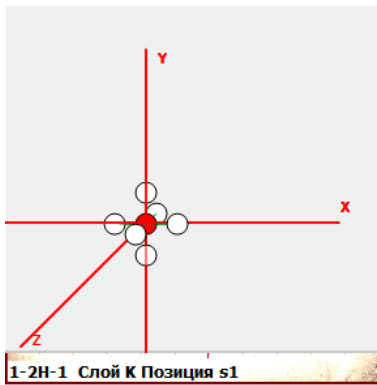


Рис.2 Пространственные позиции T1 для протона Водорода.

Поскольку Водород имеет одну электронную оболочку s1, то и в Геометрической модели атомных ядер соответствующий протон мы помещаем в позицию s1 слоя K

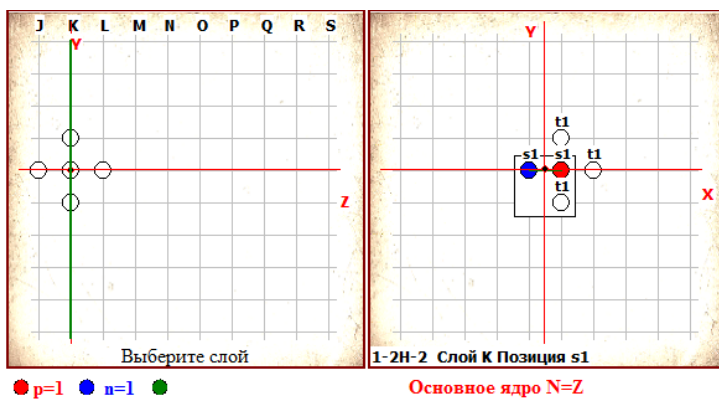


Рис. 3 Заполнение позиции s1 для 1-2H-2.

Дальнейшее заполнение T1 позиций даст структуру показанную на Рис.4. и в режиме 3D на Рис.5.

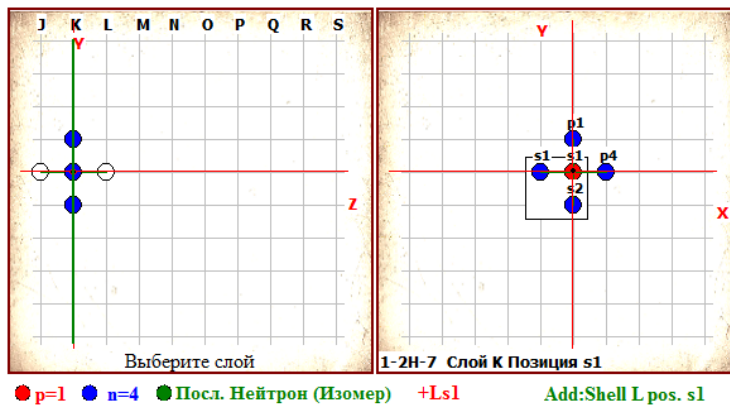


Рис.4.

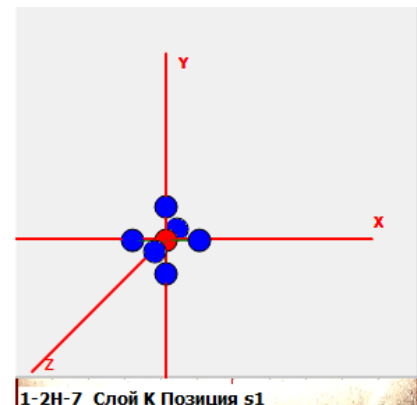


Рис. 5

Надпись внизу рисунков говорит, что мы просматриваем слой K в котором протон-нейтронной парой заполнена позиция s1. Заполнение нейтронами T1- позиций также происходит по алгоритму на Рис.1. Обозначение Изомер +Ls1 для 1-2H-7 говорит, что для этого нуклида последний добавленный нейтрон находится в позиции s1 слоя L.

График значений энергии связи для ряда Водорода приведен на Рис.6.



Рис. 6 Значения энергии связи ряда Водорода.

Отметим, что у нуклидов имеющих четное количество связей значения энергии связи выше, чем с нечетным количеством связей.

Следующим рассмотрим ряд He. Единственный стабильный $^2\text{He-4}$ имеет четыре нуклона с двумя связями каждый.

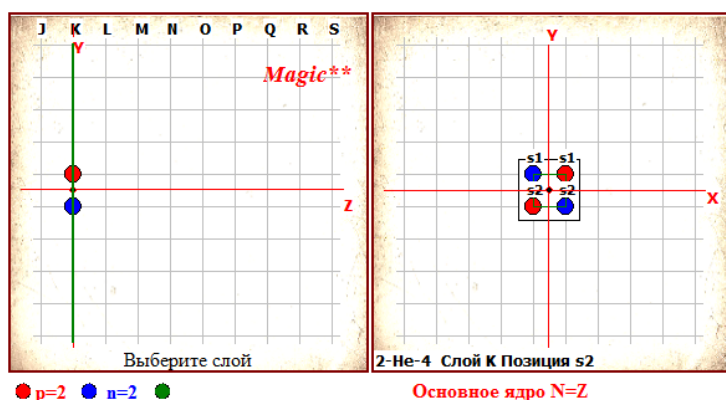


Рис. 7. Структура $^2\text{He-4}$.

На графике Рис. 8 количество связей на нуклон это дает точку перегиба.

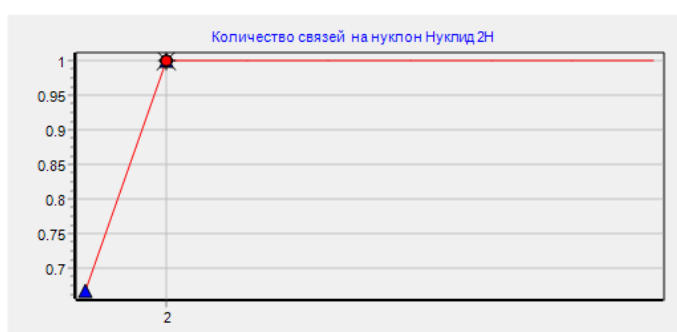


Рис. 8 График количество связей на нуклон для ряда Гелия.

А для ряда Лития такая точка перегиба графика количества связей на нуклон дает уже для $^3\text{Li-7}$. Структура этого ядра показана на Рис. 9, а график на Рис. 10.

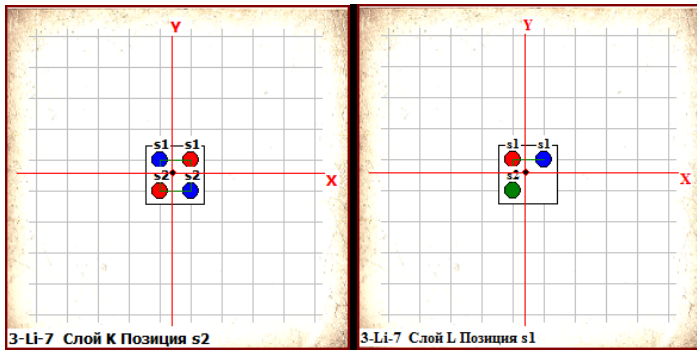


Рис. 9 Слои K,L 3-Li-7.



Рис. 10 График количества связей на нуклон ряда Лития.

А вот с рядом Бериллия не все так просто. Казалось бы исходя из того, что график количества связей на нуклон, показанный на Рис. 11, дает точку перегиба для 4-Be-8.

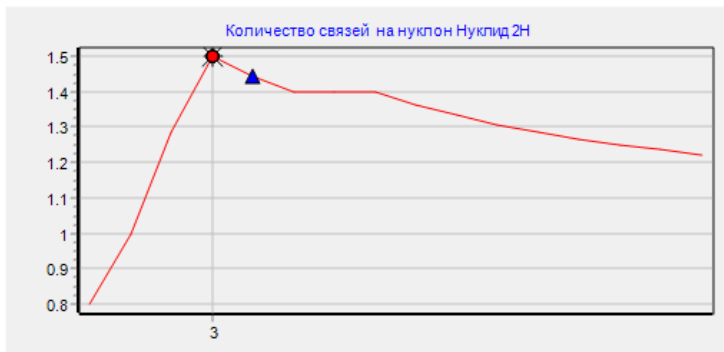


Рис. 11 График количества связей на нуклон для ряда Бериллия.

Но в данном случае получается, что все нуклоны 4-Be-8 имеют по три связи. Это видно на диаграмме Рис. 12.



Рис. 12 Количество нуклонов со связями 4-Ве-8.

А вот добавление еще одного нейтрона в слой J позицию s1 переводит один из протонов в состояние с четырьмя связями, и 4-Ве-9 уже стабилен. Структура ядра 4-Ве-9 показана на Рис. 13 а количество нуклонов со связями на Рис. 14.

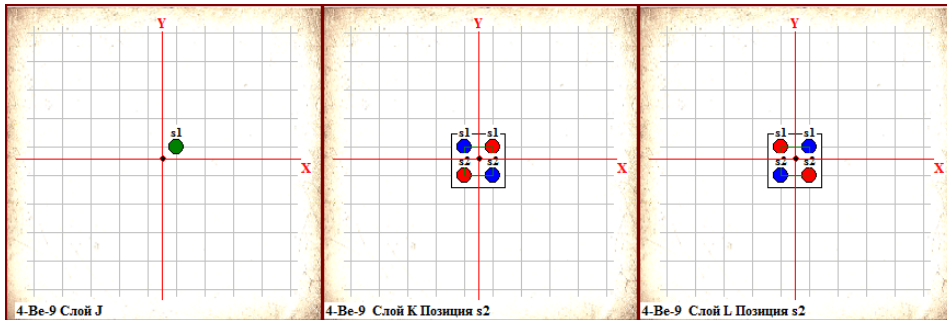


Рис. 13. Структура 4-Ве-9.



Рис. 14 Количество нуклонов со связями 4-Ве-9.

Структура следующего стабильного 5-В-11 приведена на Рис. 15, а график количество связей на нуклон на Рис. 16.

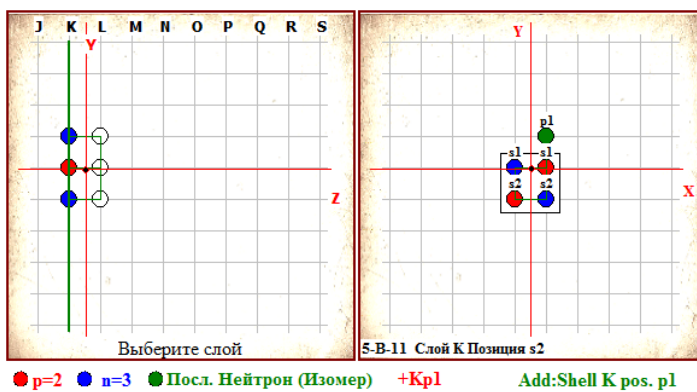


Рис. 15. Структура 5-В-11.

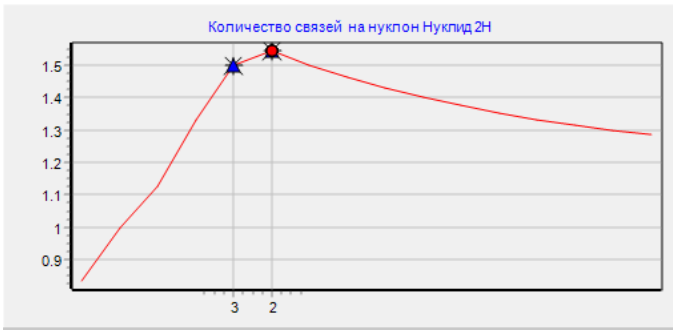


Рис. 16. Количество связей на нуклон для ряда Бора.

В то же время заметим, что величина энергии связи как всего ядра, так и удельное значение на одну связь имеют слабое влияние на стабильность нуклидов. На Рис. 17 приведен график удельного значения энергии связи на одну для ряда Бора.

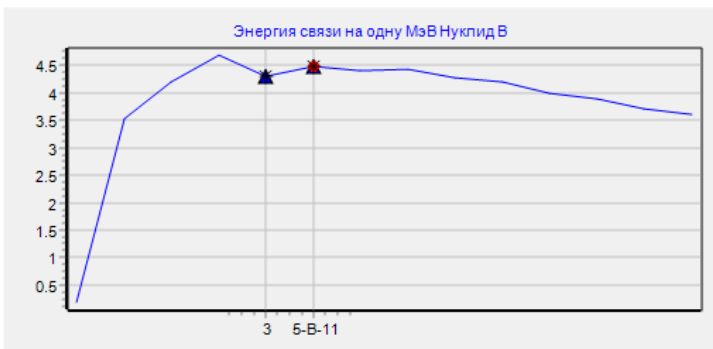


Рис. 17.

У следующего химического элемента – Углерода основную массу составляет стабильный 6-С-12. В этом ядре четыре нуклона имеют по три связи, четыре нуклона по две связи и четыре нуклона с четырьмя связями. Т.е. четыре с нечетным количеством связей и восемь с четным. Добавление еще одного нейтрона в позицию p1 слоя К, увеличивает количество нуклонов с четными связями до девяти. И 6-С-13 также стабилен.

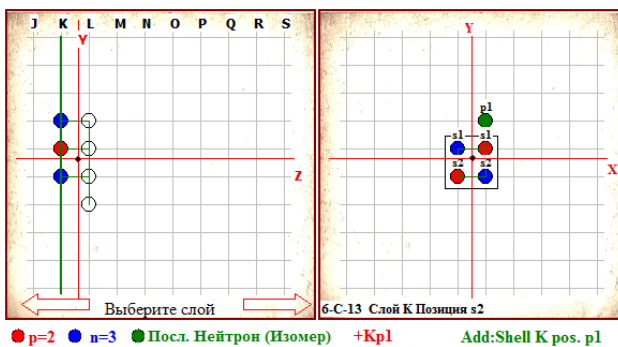


Рис. 18. Структура 6-С-13.

График удельного значения энергии связи для ряда Углерода приведен на Рис. 19.

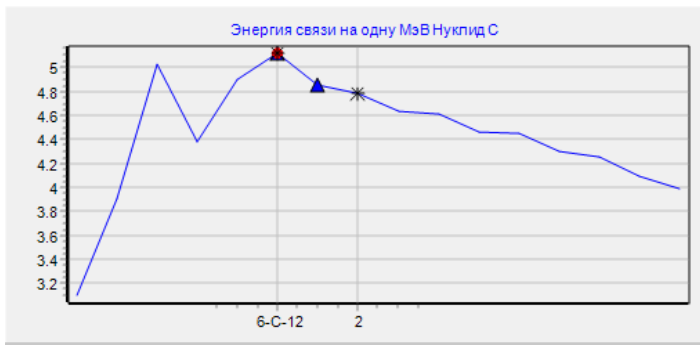


Рис. 19.

Аналогично с Азотом. В ядре 7-N-14 шесть нуклонов с нечетным количеством связей и восемь с четным. Структура показана на Рис. 20.

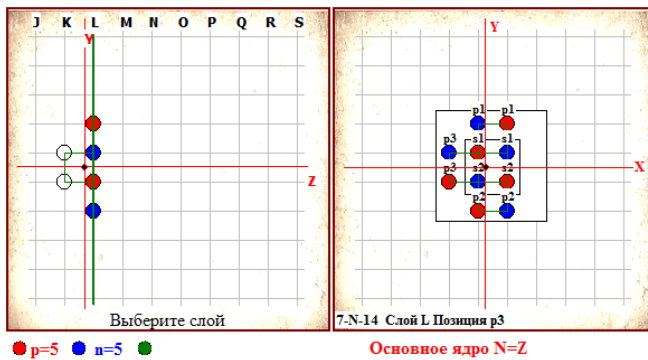


Рис. 20 Структура 7-N-14.

Добавление еще одного нейтрона в позицию p1 слоя K, увеличивает количество нуклонов с четными связями до девяти, и 7-N-15 также стабилен.

График удельного значения энергии связи для ряда Азота приведен на Рис. 21.

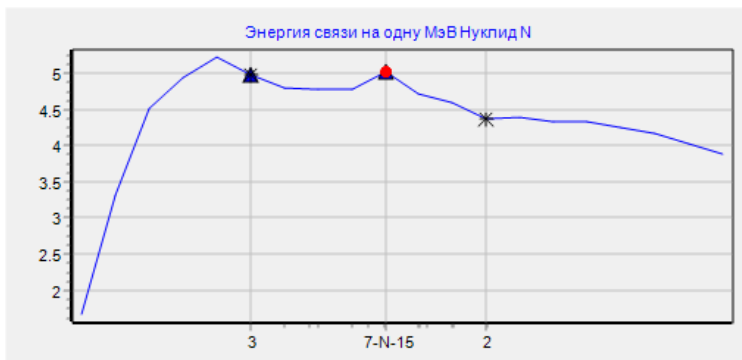


Рис. 21

Эта закономерность в виде влияния на стабильность ядер как соотношения количества связей на нуклон, так и баланса между нуклонами с четным и нечетным количеством связей прослеживается для многих легких ядер.

Особенно хорошо это видно для т.н. «магических» ядер. Так график количества связей на нуклон для ряда Кальция дает две точки перегиба для $^{20}\text{Ca-40}$ и $^{20}\text{Ca-48}$, что показано на Рис. 22.



Рис. 22 Количество связей на нуклон для ряда Кальция

Для еще одного «магического» ядра $^{28}\text{Ni-56}$ точка перегиба графика количества связей на нуклон показана на Рис. 23.

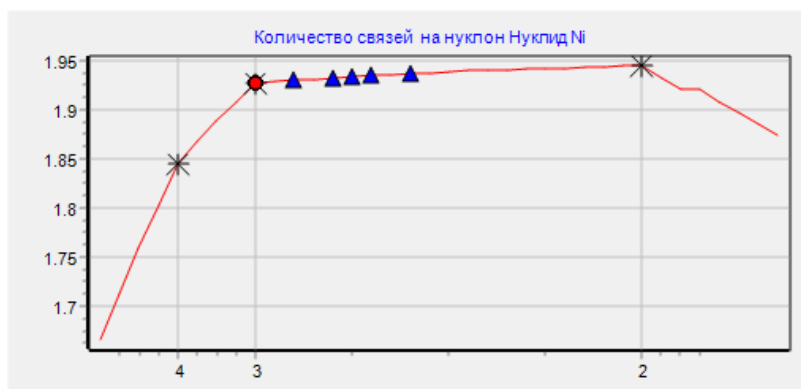


Рис. 23 Количество связей на нуклон для ряда Никеля.

Стоит заметить, что данная закономерность возможно влияет не только на легкие ядра. Так единственный стабильный нукрид Золота $^{79}\text{Au-197}$ также находится на точке перегиба графика количества связей на нуклон, что показано на Рис. 24.

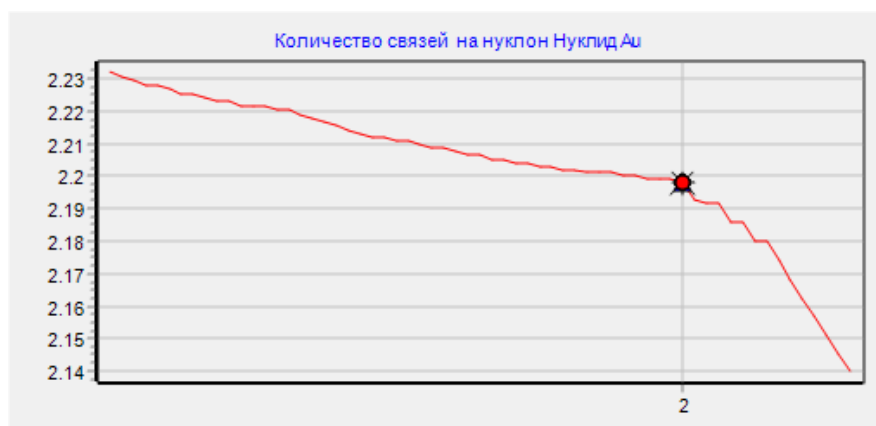


Рис.24 Количество связей на нуклон для ряда Золота.

Также стоит отметить, что для ряда нуклидов от Sc до Ni стабильные ядра имеют максимальное или близкое к нему значение удельной энергии связи. В качестве примера на Рис.25 приведен график удельного значения энергии связи для ряда Железа.

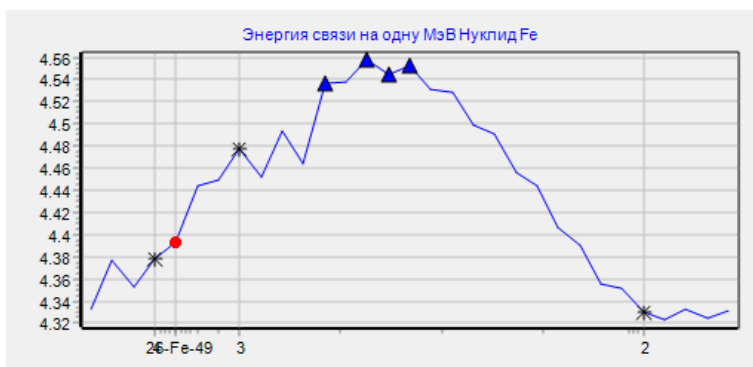


Рис. 25

Автор не затрагивает в данной статье сущность т.н. «энергии связи», под которой в современной физике ЭЧАЯ принято подразумевать дефект массы нуклонов образующийся при попадании их в атомное ядро. Но стоит заметить явную корреляцию между значениями энергии связи и количеством межнуклонных связей в Геометрической модели, графики которых приведены на Рис. 26 и Рис. 27.

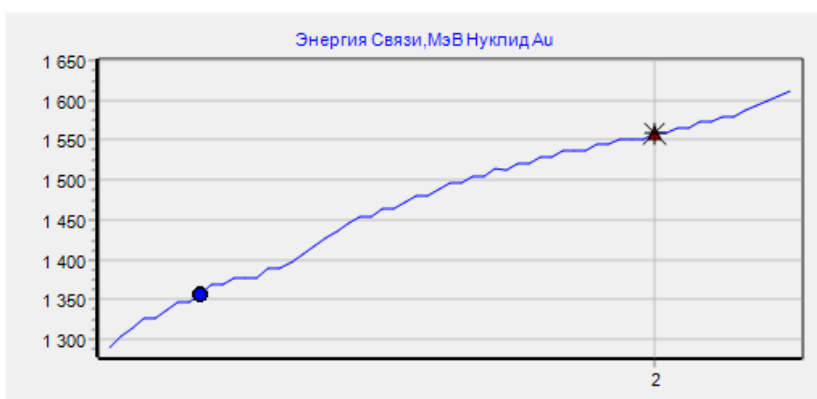


Рис. 26. Значения энергии связи для ряда Золота.

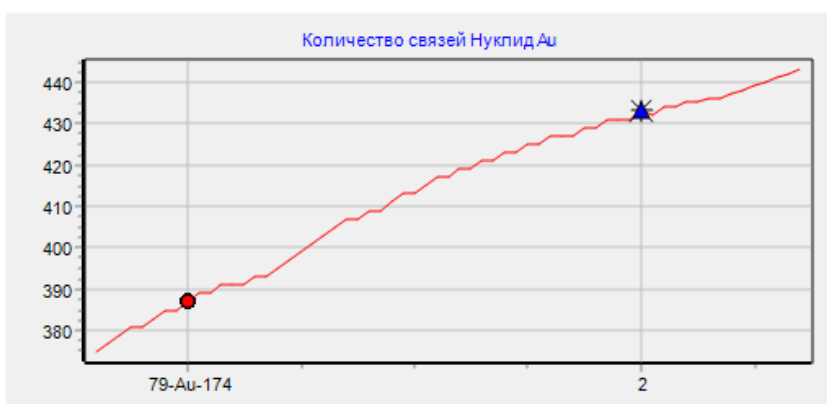
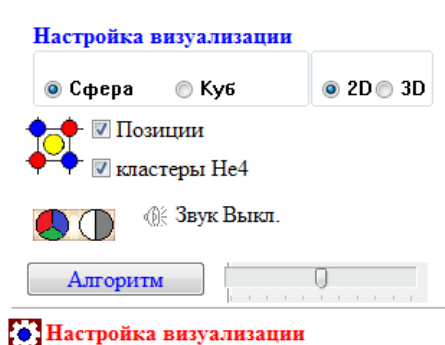


Рис. 27. Значения количества связей для ряда Золота.

Данная корреляция прослеживается абсолютно для всех выборок ядер. По A, Z, N
 $A=2*Z$.

При анализе численных данных и графиков, которые выдает программа следует учитывать, что автором добавлены в известные ряды нуклидов химических элементов, структуры ядер которые возможны, но пока не обнаружены. Это как более легкие нуклиды, чем известные и более тяжелые. Т.е. в начало и в конце списков нуклидов. Такие структуры ядер имеют в обозначении «-р» (possible). Естественно для таких ядер нет экспериментальных данных по массе, энергии связи и т.д.

Геометрическая модель включает в себя кластерную модель атомного ядра. Для просмотра расположения кластеров в слоях необходимо выбрать показ кластеров на панели настройки визуализации. Для вызова и отмены показа панели надо кликнуть на изображении шестеренки.




 **Настройка визуализации**

Рис.28 Панель настройки визуализации.

Кластеры He4 будут показаны с желтым кружком в центре кластера. Для ядер радиоактивных нуклидов будут также показаны цветные линии проходящие по межкластерным связям и по которым ядра делятся на неравные осколки. В качестве примера на Рис.29 показан слой M ядра $^{92}\text{U-235}$. Естественно ядро делится по межкластерным связям во всех слоях.

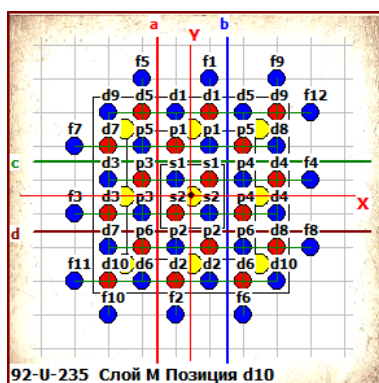


Рис.29 Слой M $^{92}\text{U-235}$.

Основные осколки на которые делится ядро показаны на Рис. 30. Цвет формул совпадает с цветом линий межкластерного деления.

**Главные
Ядра-осколки (SF)
92-U-235->**

- a) 55-Cs-139+37-Rb-94+2n**
- b) 56-Ba-140+36-Kr-93+2n**
- c) 54-Xe-137+38-Sr-96+2n**
- d) 56-Ba-140+36-Kr-93+2n**

Рис. 30. Основные осколки деления для U235.

Автор знает, что эти формулы не совсем корректны в отношении количества свободных нейтронов образующихся при делении ядер. К сожалению данная информация в полном объеме для всех радиоактивных делящихся материалов отсутствует в открытой печати.

Стоит отметить, что в предлагаемой Геометрической модели также просматривается зависимость энергии связи от симметрии ядер. Чем симметричнее ядро, тем энергия связи выше. Вероятно тут какое-то влияние имеет собственное вращение ядра как единого целого. Возможно для несимметричных ядер какая-то часть энергии уходит на прецессию и/или нутацию. Для более полного понимания влияния на энергию связи может помочь изменение положения центра тяжести ядра в координатах XY, как показано на Рис.31 для ряда нуклидов Кальция.

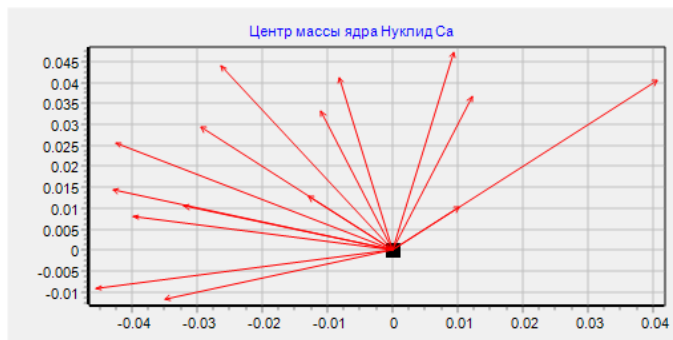


Рис.31 Положение центра масс в координатах XY относительно центра оболочки s1s2.

Т.е. центробежные силы видимо также влияют на значение энергии связи и стабильность ядер. Так например от 18-Ar-37 до 18-Ar-40 идет последовательно заполнение нейтронами позиций с p1 по p4 слоя К. Эти нейтроны заполняют все четыре позиции T2 в данном ядре и расположены недалеко от центра вращения ядра.

Возможно надо рассматривать нуклоны как некие объемные (кубические) резонаторы, для которых на собственной резонансной частоте масса максимальна, и эти частоты слегка отличны для протона и нейтрона. При соединении нуклонов в ядре они перестраиваются на некую промежуточную частоту, на которой их масса уже немного меньше. Сторон у нуклона шесть, т.е. возможны шесть частот. Тогда итоговые частоты на которых резонирует ядро в трех осях XYZ, будет определяться как функция зависящая от набора нуклонов по этим осям – направлениям.

Также видимо стоит отметить, что ядро в предлагаемой Геометрической модели с ростом Z становится все больше похожим на октаэдр. Более того, с ростом N для любого ряда химического элемента, нейтроны присоединяются в позиции все более далекие от оси вращения ядра, и дают все меньший прирост значения энергии связи. Что опять же наводит на мысль о влиянии центробежных сил и на энергию связи и на стабильность ядер.

Литература :

1. С. А. Щукарев. О периодичности свойств электронных оболочек свободных атомов и об отражении этой периодичности в свойствах простых тел, химических соединений и растворов электролитов. Вести. ЛГУ, 1954, № 11, 127—151
2. <http://cdfе.sinp.msu.ru/>
3. <https://disk.yandex.ru/d/DmBl0dwEoUcjKg>