

СИСТЕМАТИКА ЯДЕРНЫХ РАДИУСОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**Л.П.Кабина, Л.Е.Ковалев,
И.А.Митропольский**

Не чудесно, не прекрасно,

А ужасно и опасно

Букву Т писать напрасно!

Ядерные радиусы

$$R(A) = r_0 A^{1/3}$$

- α -распад, $r_0=1.34(11)$ фм
проницаемость потенциального барьера

$$\lambda = \frac{\pi\hbar}{2mR^2} \exp \left[\frac{4e^2}{\hbar} \frac{Z-2}{v} + \frac{8e\sqrt{m}\sqrt{(Z-2)R}}{\hbar} \right]$$

- β -распад зеркальных ядер, $r_0=1.28(5)$ фм
кулоновская энергия

$$E_c = \frac{3}{5} \frac{e^2}{R} Z(Z-1)$$

- рассеяние быстрых нейтронов, $r_0=1.25(5)$ фм
эффективное сечение рассеяния быстрых нейтронов

$$\sigma = 2\pi R^2 \quad \text{при } \lambda \ll R$$

- рассеяние быстрых электронов, $r_0=1.17(2)$ фм
- спектры мюонных атомов, $r_0=1.20$ (1) фм
- изотопические сдвиги в оптических спектрах
- изотопические сдвиги в рентгеновских $K\alpha$ -сериях

$$\delta V^{A,A'} \approx F \delta \langle r^2 \rangle^{A,A'}$$

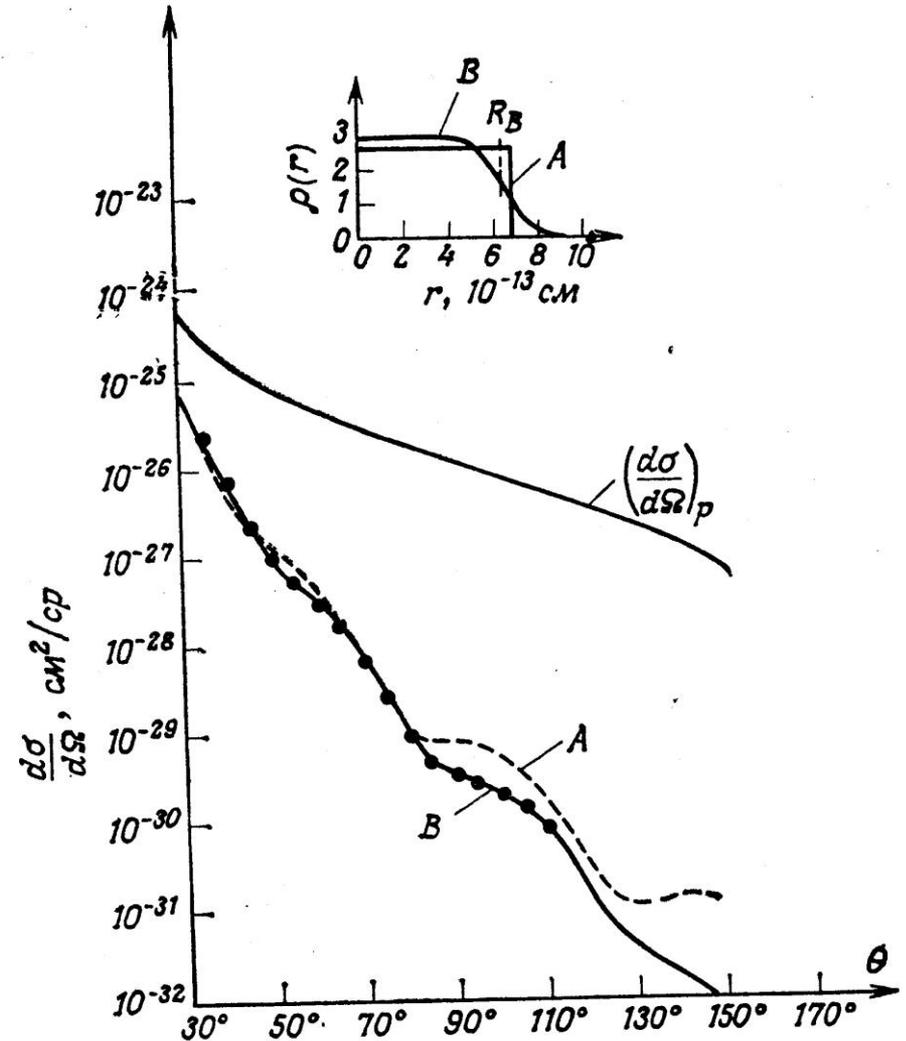
Упругое рассеяние электронов на ядрах

$$E_e \approx 200 \text{ МэВ}$$

$$\hat{\lambda}_e = \frac{\hbar c}{E_e} \approx 1 \text{ фМ}$$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_R |F(q)|^2$$

$$F(q) = \frac{1}{Ze} \int \rho(r) e^{i\vec{q} \cdot \vec{r}} d\vec{r}$$



Параметры фермиевского распределения заряда

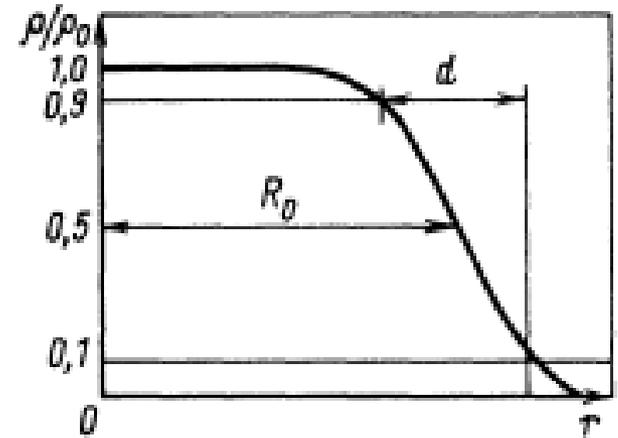
$$\rho(r) = \rho_0 \left\{ 1 + \exp \left[\frac{r - R_0}{a} \right] \right\}^{-1}$$

Для ядер с $A > 16$:

$$\rho_0 = 0.17 \text{ фм}^{-3}, \quad a = 0.54 \text{ фм}$$

$$R_0 \approx \left(1.12A^{1/3} - 0.86A^{-1/3} + \dots \right) \text{ фм}$$

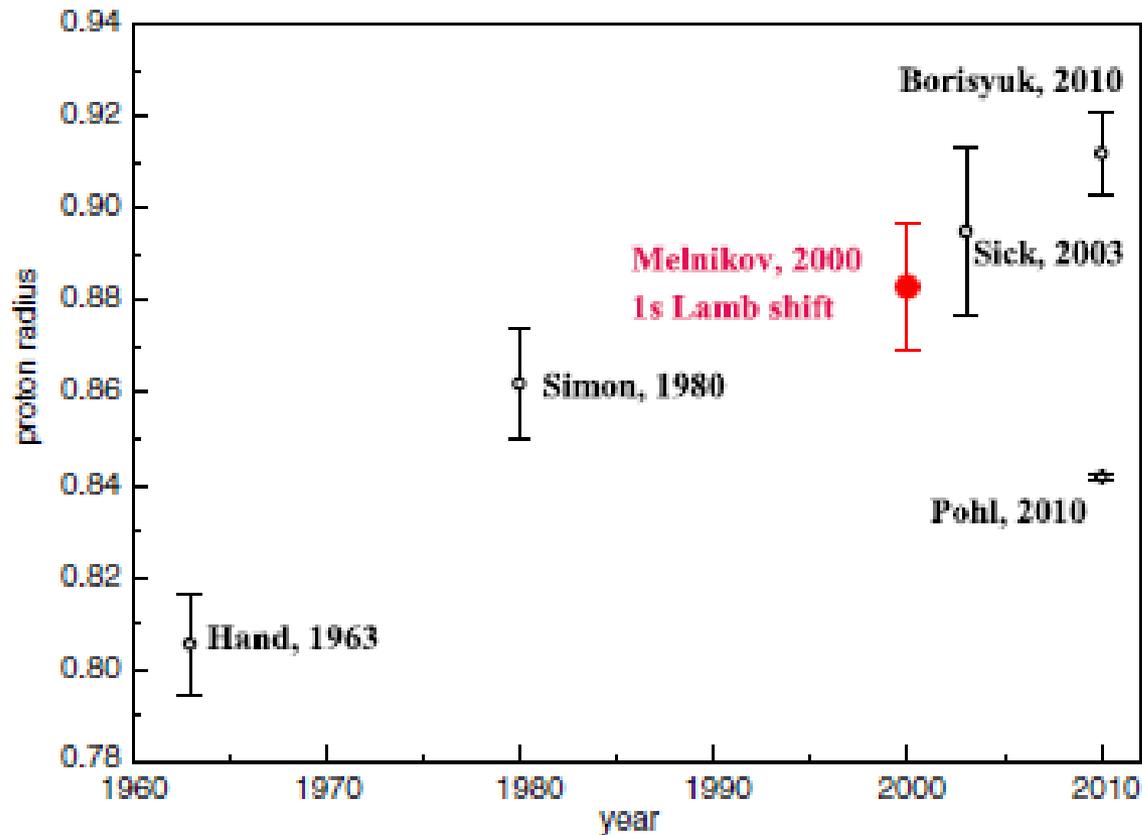
$$\langle r^2 \rangle \approx \frac{3}{5} \left(1.2A^{1/3} \right)^2 \text{ фм}^2$$



$$d = (4 \ln 3)a$$

Таблицы ядерных радиусов: <https://www-nds.iaea.org/radii>

Радиус протона



$$R_p = \sqrt{\langle r^2 \rangle} = 1.2 \sqrt{\frac{3}{5}} = 0.92 \text{ фМ}$$

База данных NuRa

NuRa(NUclear RADii) v.2.2 15.06.2018

File Help

Radii Tables Graphics CalcModelParameter

Nuclide

A = 100

Z = 50

Select Radii

A = 100

Open List of Nuclides

100SR
100Y
100ZR
100MO
100RU

Radii for selected Nuclide

Z = 50

Open List of Nuclides

108SN 116SN
109SN 117SN
110SN 118SN
111SN 119SN
112SN 120SN
113SN 121SN
114SN 122SN
115SN 123SN

Radii for selected Nuclide

Radii

100ZR

r1 4.4602 ± 0.006

r2 4.518 ± 0.018

r3

r4

ROOT MEAN SQUARE NUCLEAR CHARGE RADIUS

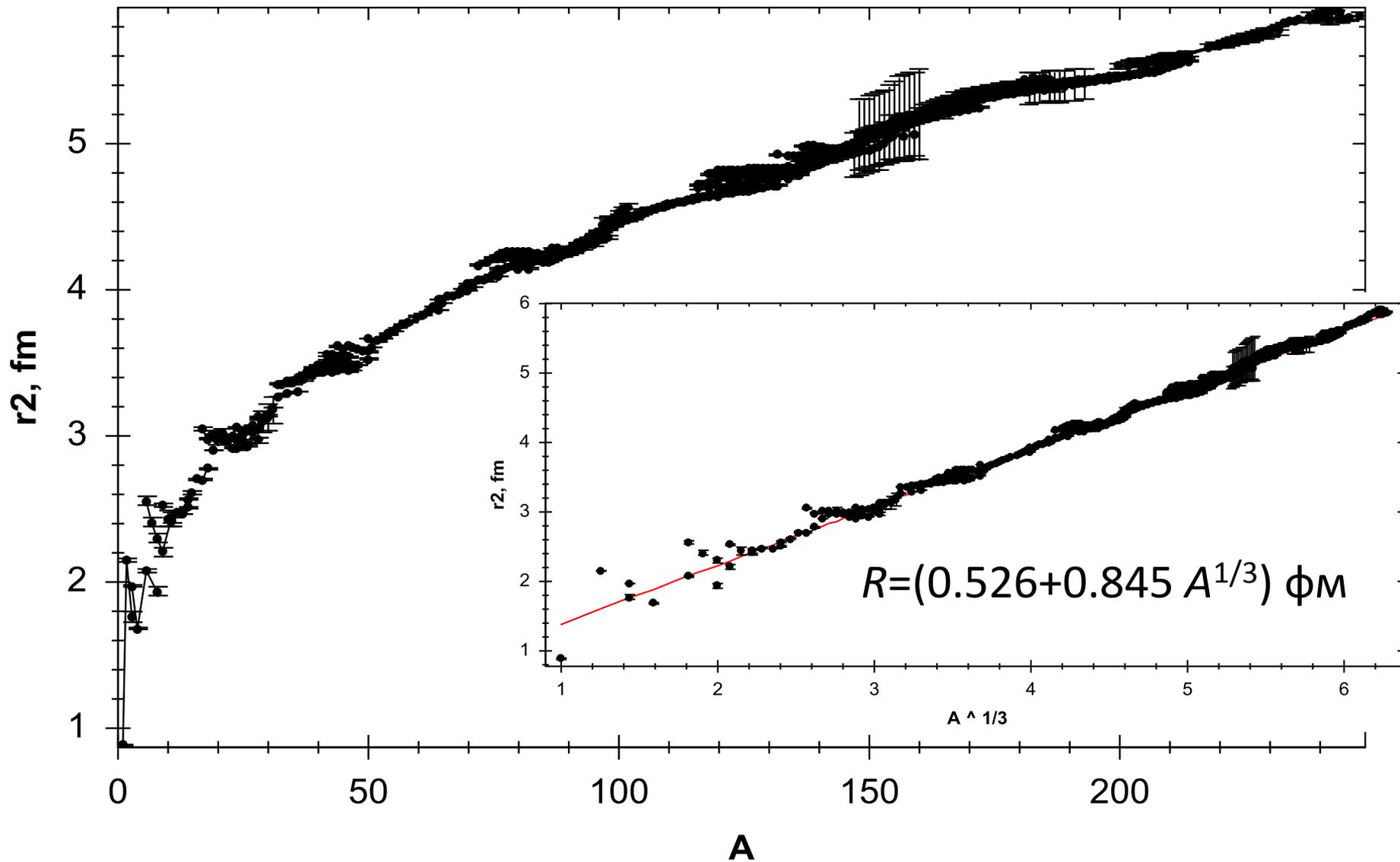
r1 - from E.G.Nadjakov, K.P.Marinova, Yu.P.Gangrsky Atomic Data and Nuclear Data Tables 56, 133-157(1994)

r2 - from I.Angeli Atomic Data and Nuclear Data Tables 87 (2004) 185-206

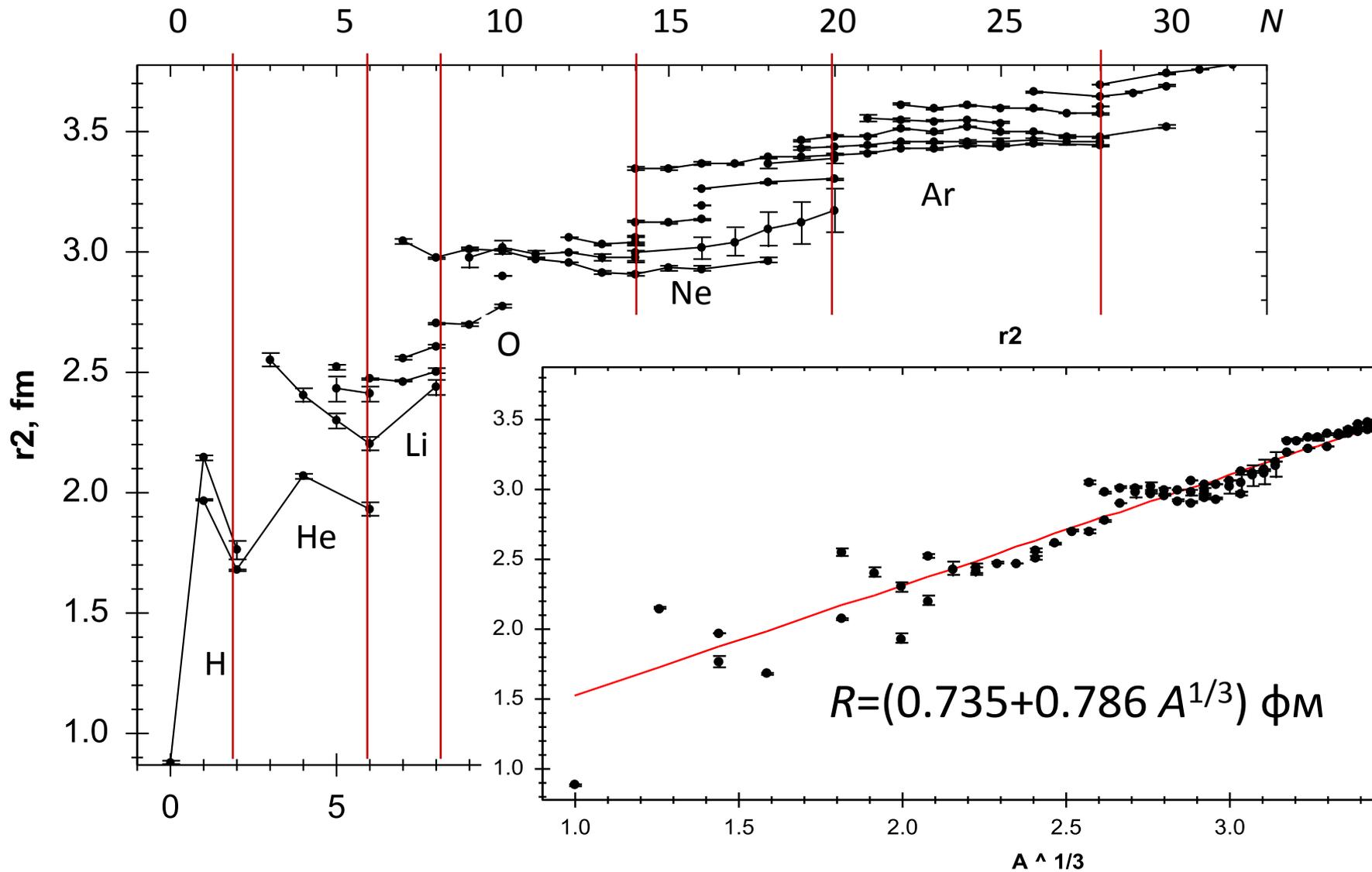
r3,r4 - from G. Fricke, K. Heilig, Landolt-Bornstein: Num. Data and Funct. Relat. in Science and Tech..New Series, Group I: Elem. Part., Nuclei and Atoms, Volume 20 (2004)

I.Angeli & K.P.Marinova, ADNDT, 2013 :
оцененные радиусы 909 нуклидов для 92 элементов

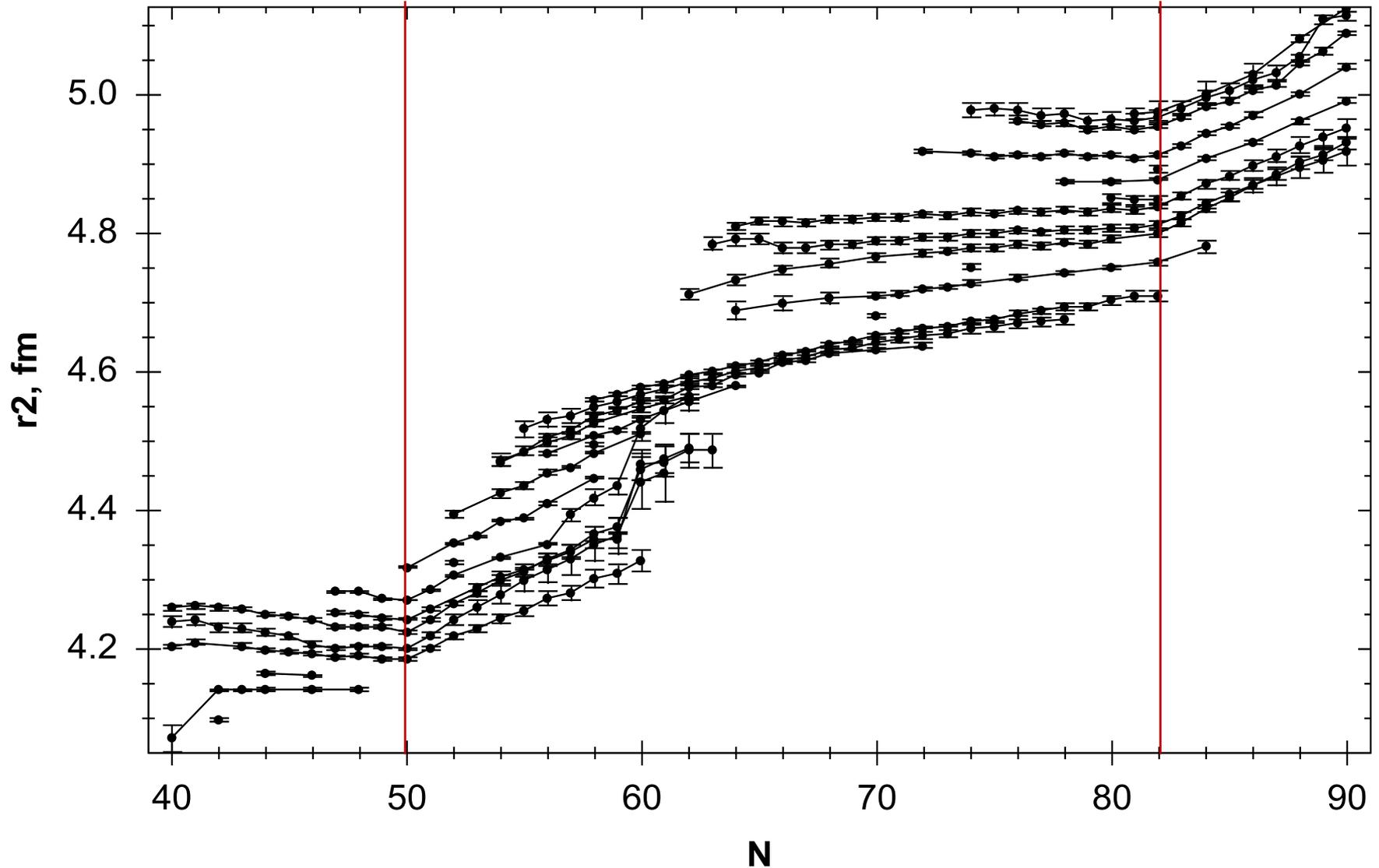
Систематика ядерных радиусов



Лёгкие ядра



Изотопный кинк в ядерных радиусах



Изотопы не демонстрируют столь явного изменения производной

Искусственные нейронные сети

$$Q_{\beta^-} = M(A, Z) - M(A, Z + 1) \quad Q_{2\beta^-} = M(A, Z) - M(A, Z + 2)$$

$$Q_{\alpha} = M(A, Z) - M(A - 4, Z - 2) - M(^4\text{He})$$

$$S_n = -M(A, Z) + M(A - 1, Z) + m_n$$

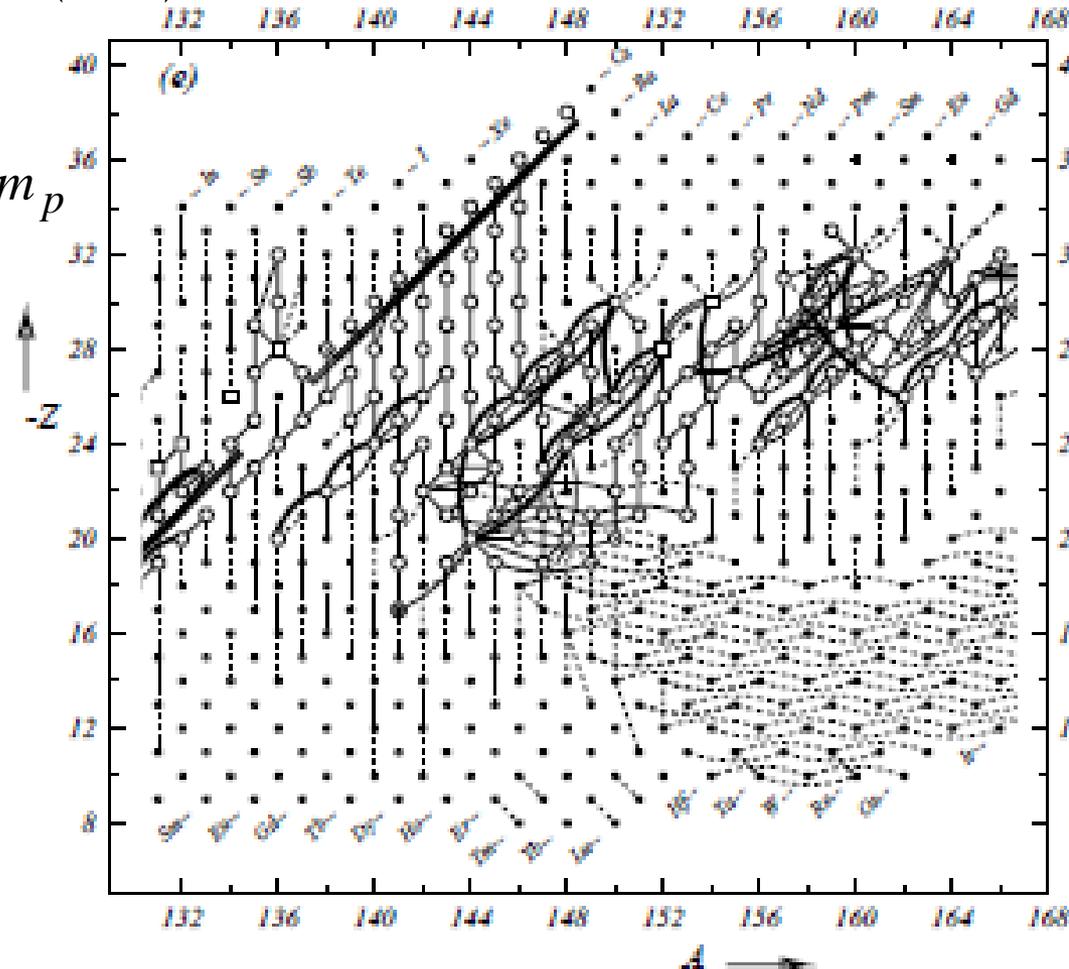
$$S_p = -M(A, Z) + M(A - 1, Z - 1) + m_p$$

$$Q(\gamma, p) = -S_p$$

$$Q(\gamma, n) = -S_n$$

$$Q(p, n) = Q_{\beta^-} - (m_n - m_p)$$

$$Q(p, d) = -S_n + E_B(d)$$



Все данные связаны!

Нечёткая (fuzzy) логика

Нечёткая логика более естественно описывает характер человеческого мышления и ход его рассуждений, чем традиционные формально-логические системы.

Принципиальное отличие нечёткого и вероятностного подходов:



$$\mu(A)=0.91 \quad p(B)=0.91$$

Нечёткие модели обобщают традиционные, и иногда они работают лучше!

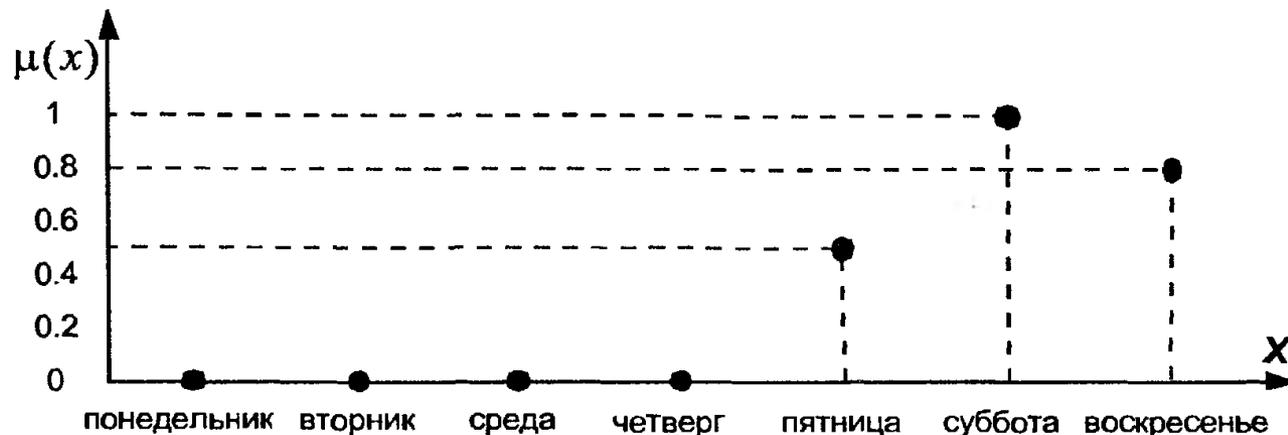
2/3 и 3/5

Нечёткие множества

1965 г. Нечёткое множество представляет собой совокупность элементов, относительно которых нельзя утверждать, принадлежит ли тот или иной элемент данному множеству. Функция принадлежности ставит каждому элементу действительное число из интервала $[0,1]$.

Пример. Нечёткое множество, содержательно описывающее выходные (нерабочие) дни недели.

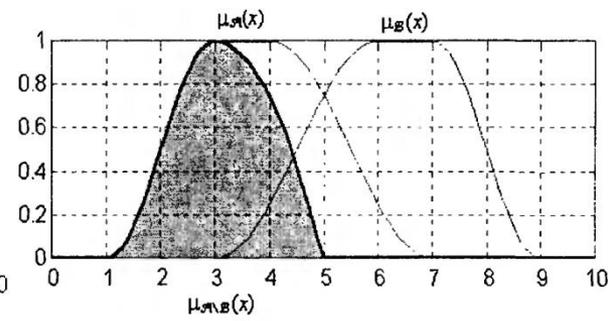
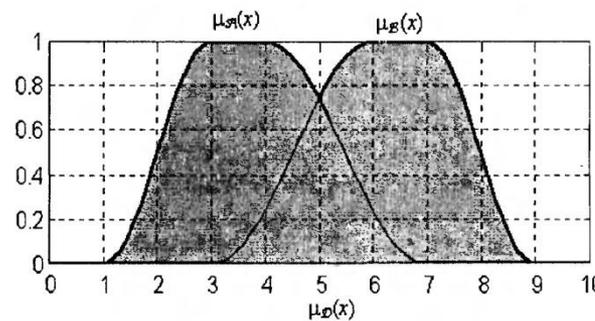
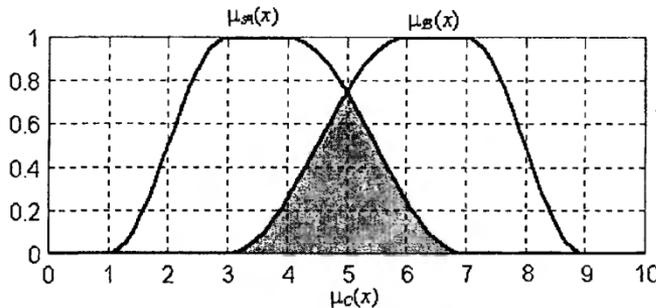
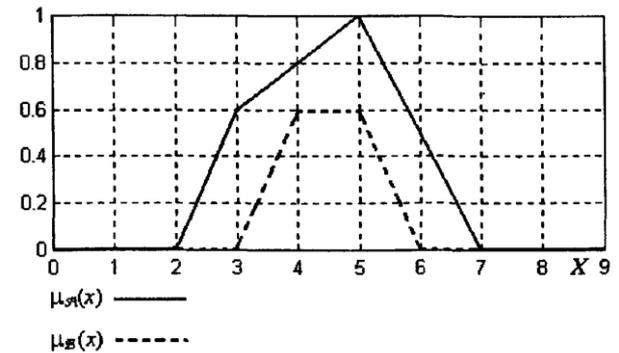
В основу положим эмоциональное отношение к дням недели:



Нечёткая логика и системы нечёткого вывода

Нельзя пользоваться диаграммами Венна, но работают основные логические операции:

- равенство - все функции принадлежности совпадают,
- подмножество (доминирование) – функции принадлежности не превышают исходные,
- пересечения, объединения и разности

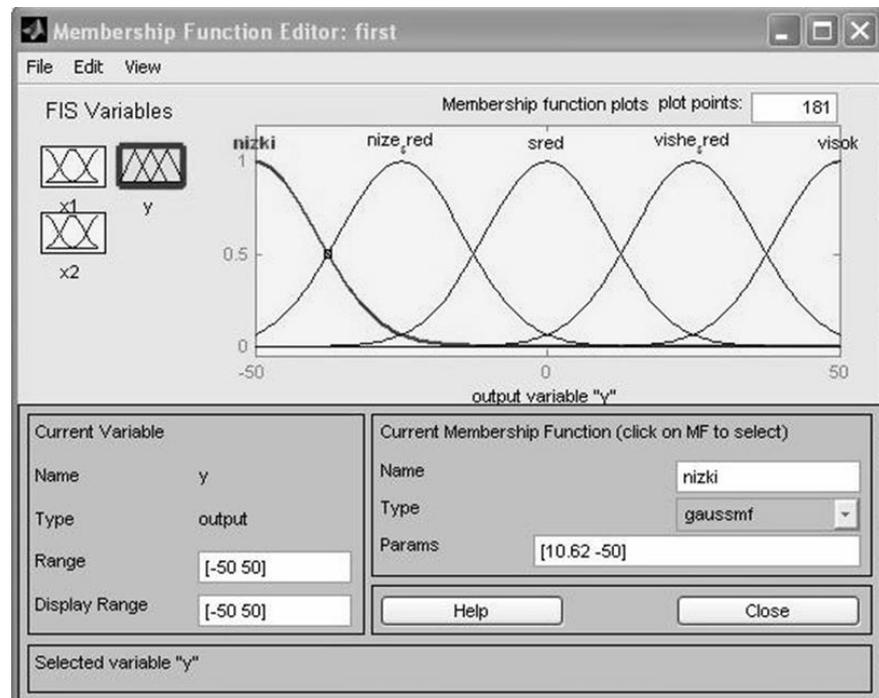
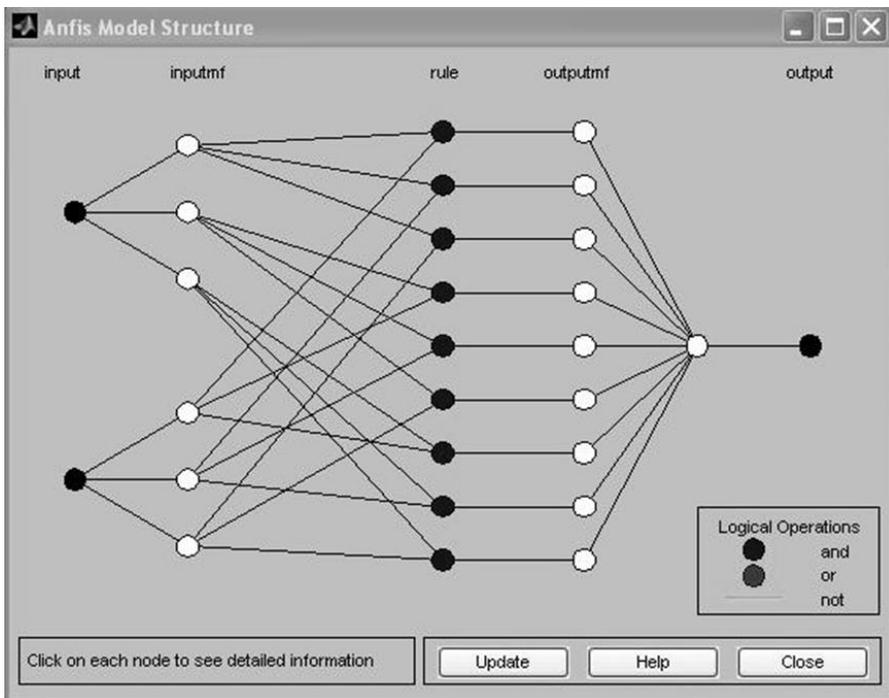


А.В.Леоненков.

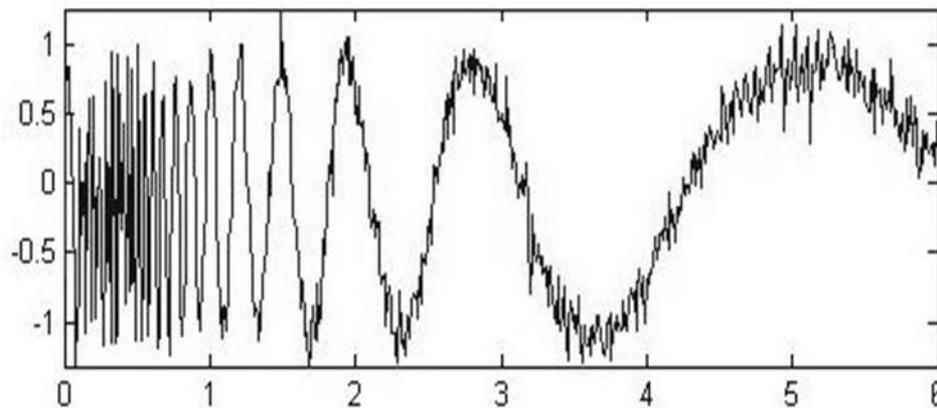
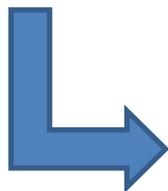
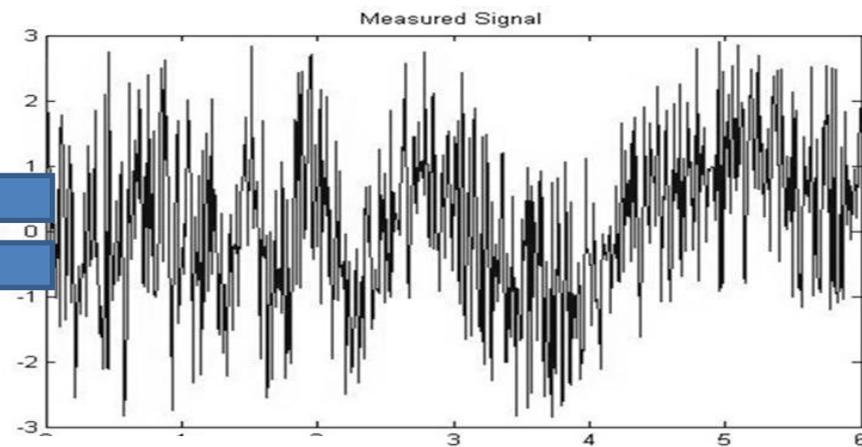
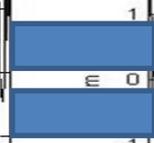
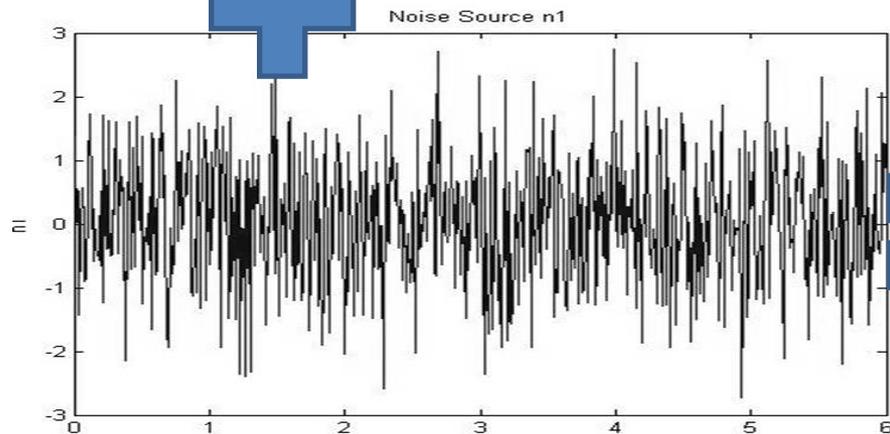
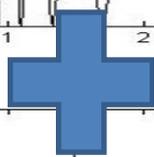
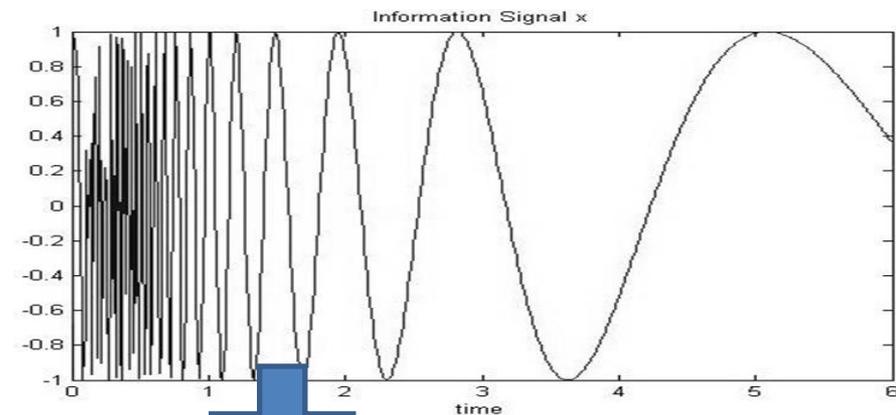
Нечёткое моделирование в среде MATLAB и FuzzyTECH, 2005.

Пакет Fuzzy Logic Toolbox в Matlab

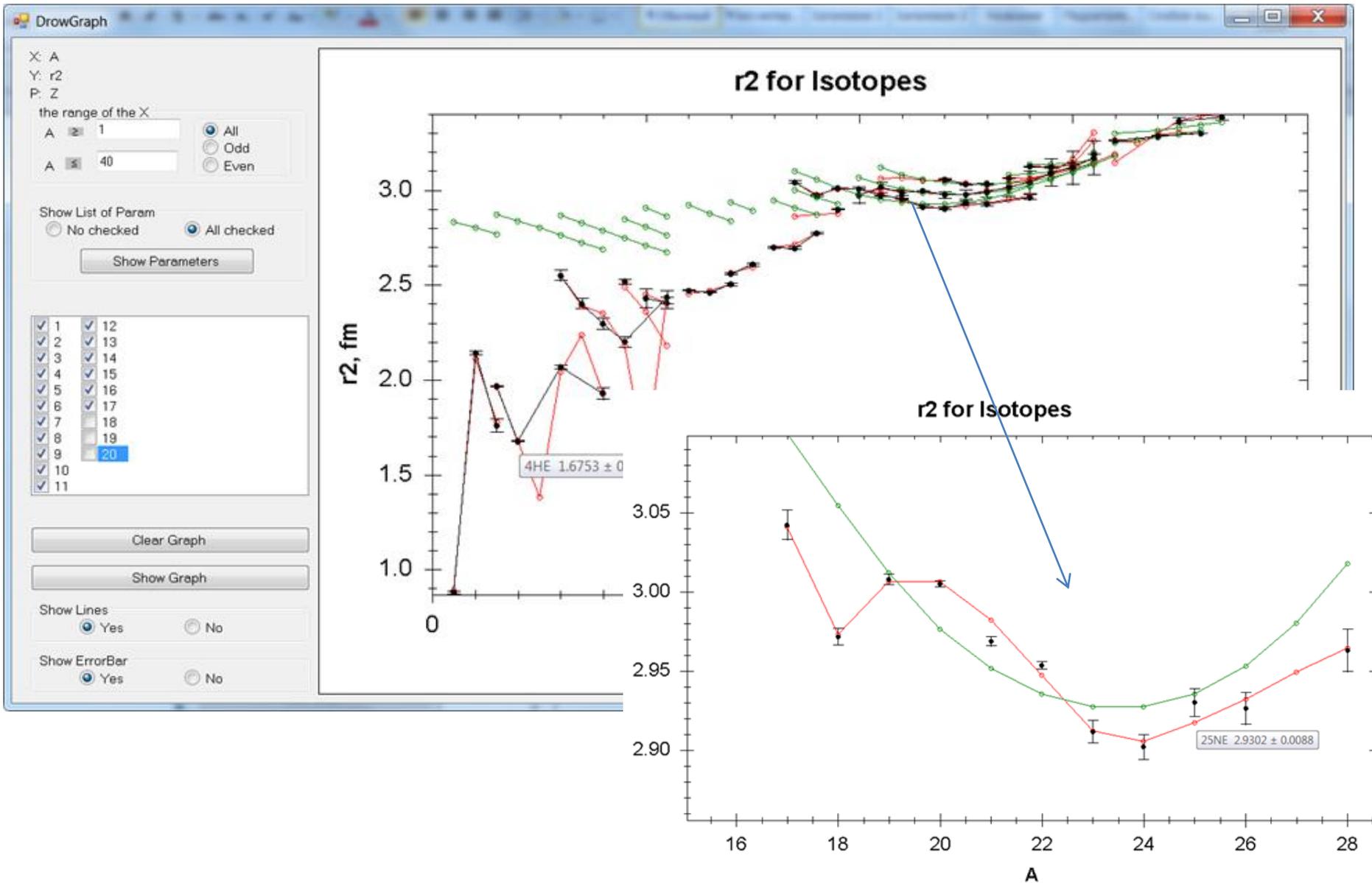
В 1994 г. доказана теорема о нечёткой аппроксимации, согласно которой любая математическая система может быть аппроксимирована системой на нечёткой логике. С помощью простых лингвистических правил «Если..., То...» и их последующей формализацией нечёткими множествами можно сколько угодно точно отразить любую взаимосвязь входы – выход без использования аппарата дифференциального и интегрального исчисления или иного традиционного аппарата.

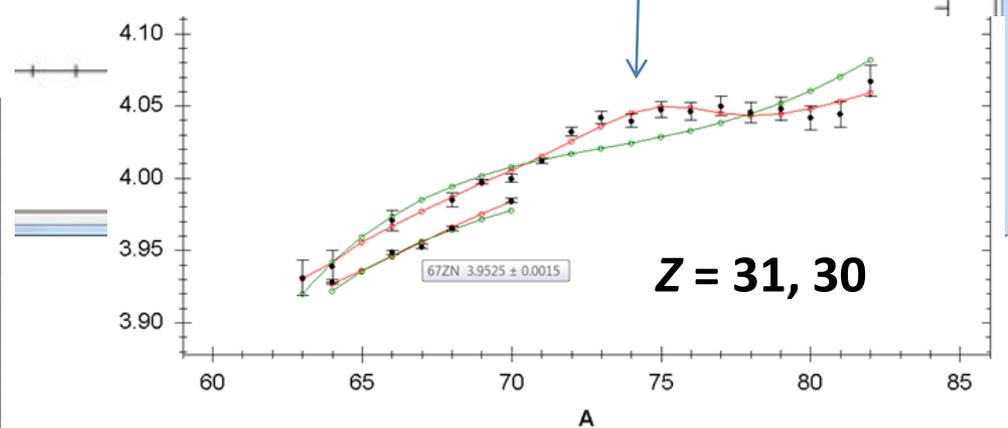
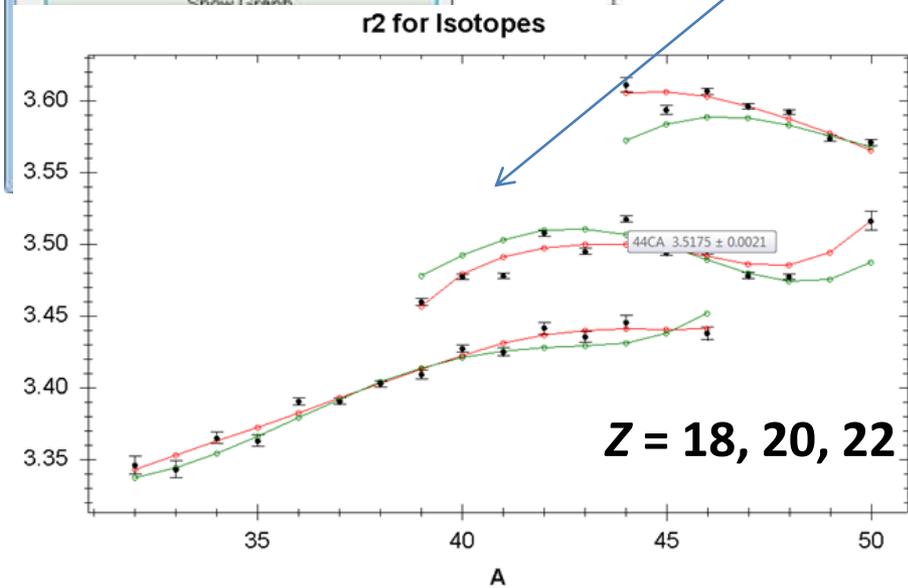
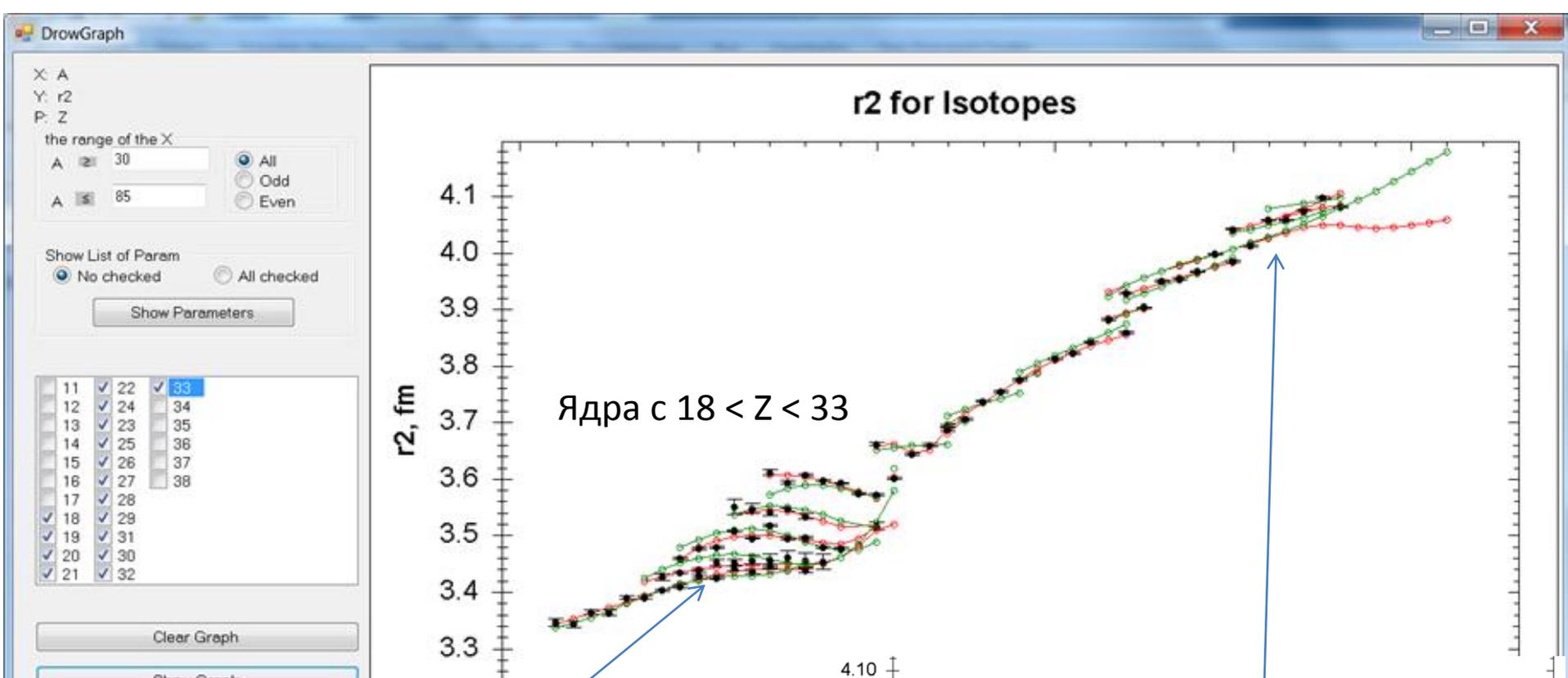


Пример. Нелинейное шумоподавление

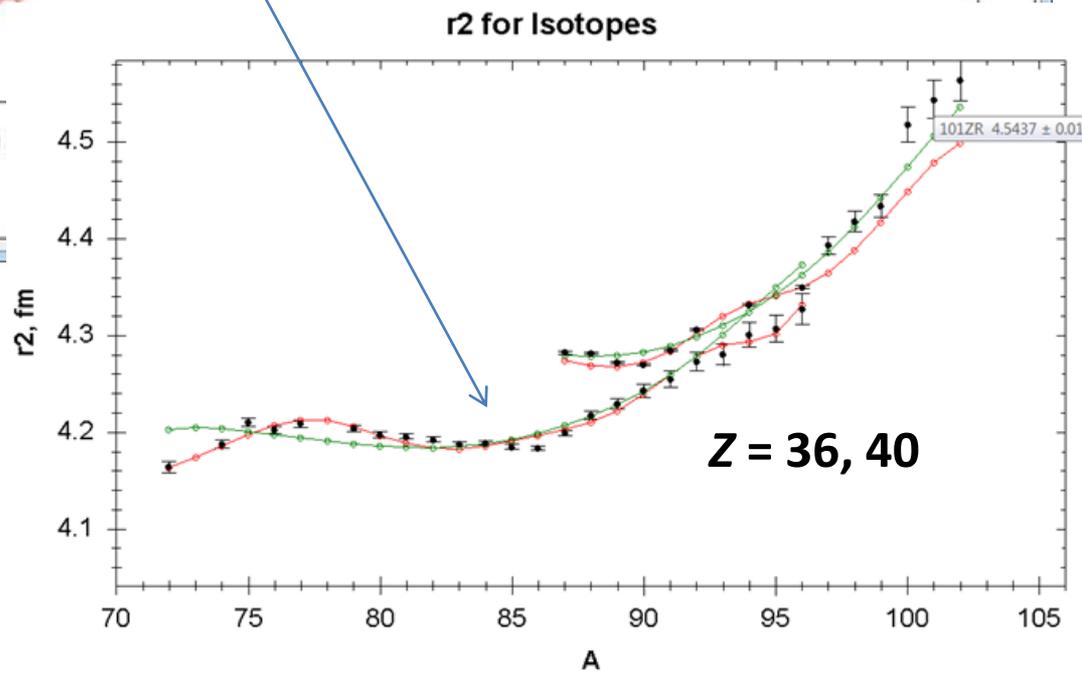
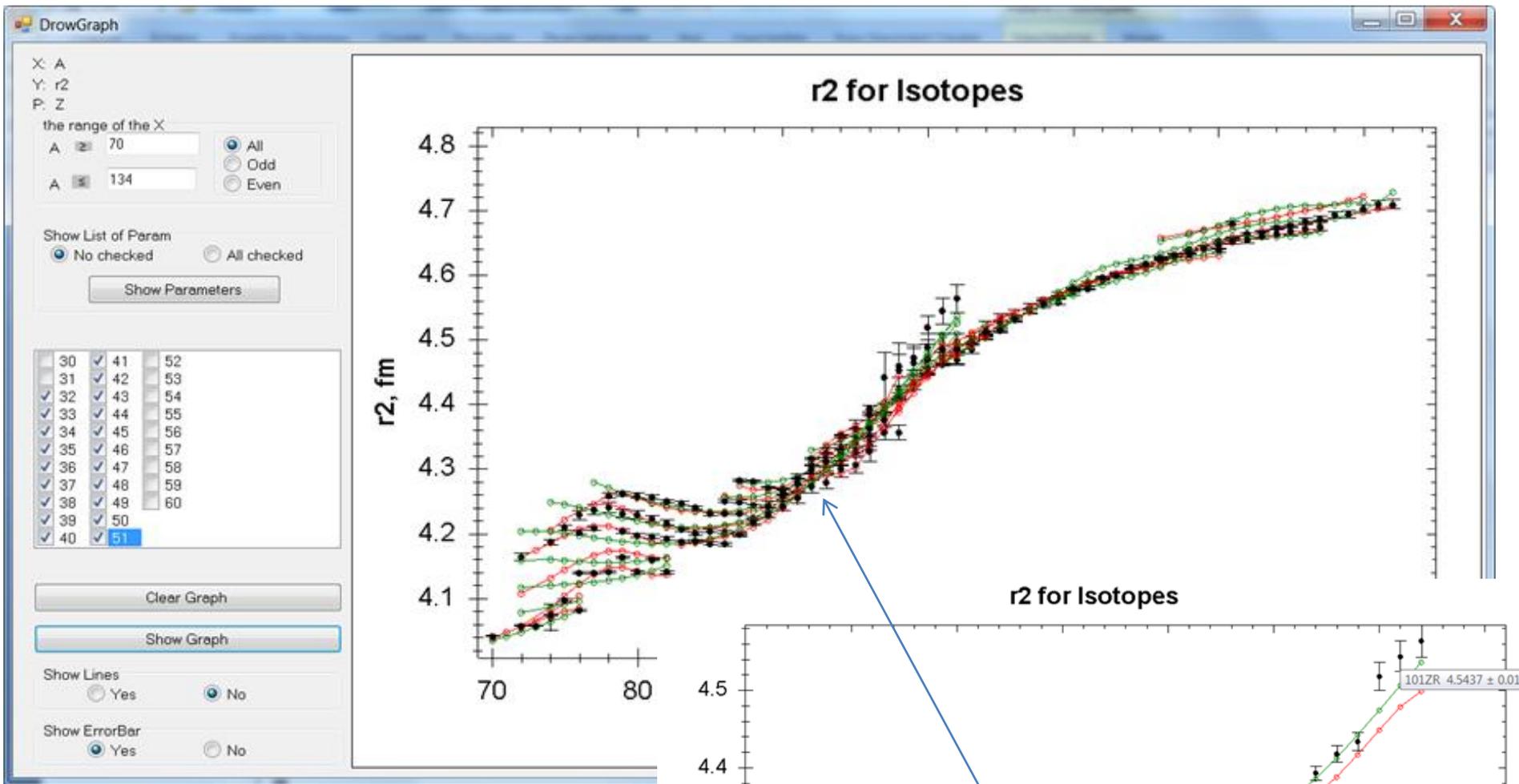


Результаты. Лёгкие ядра с $1 < Z < 17$

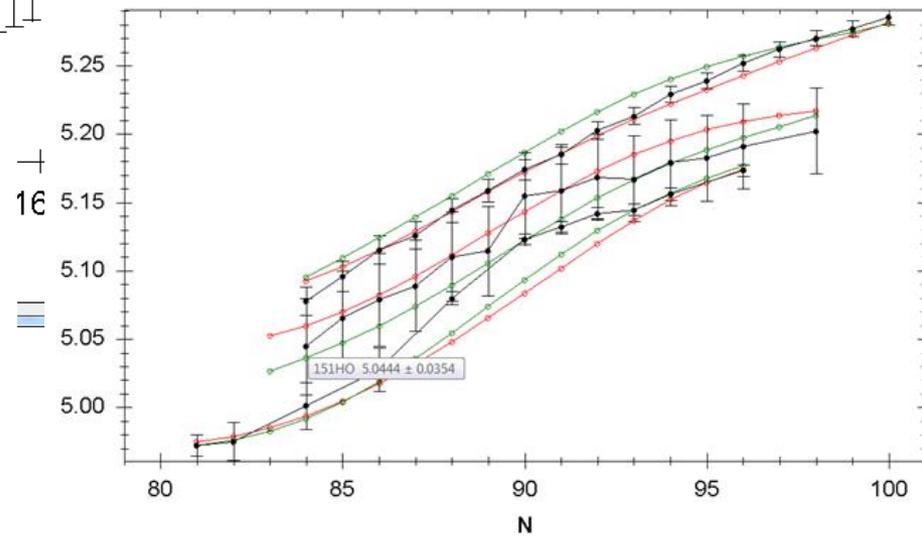
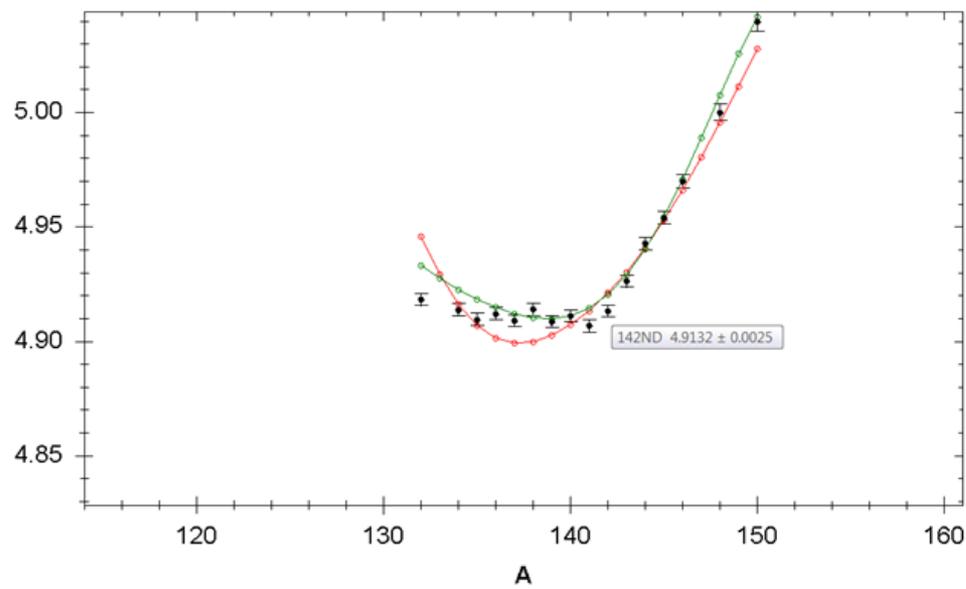
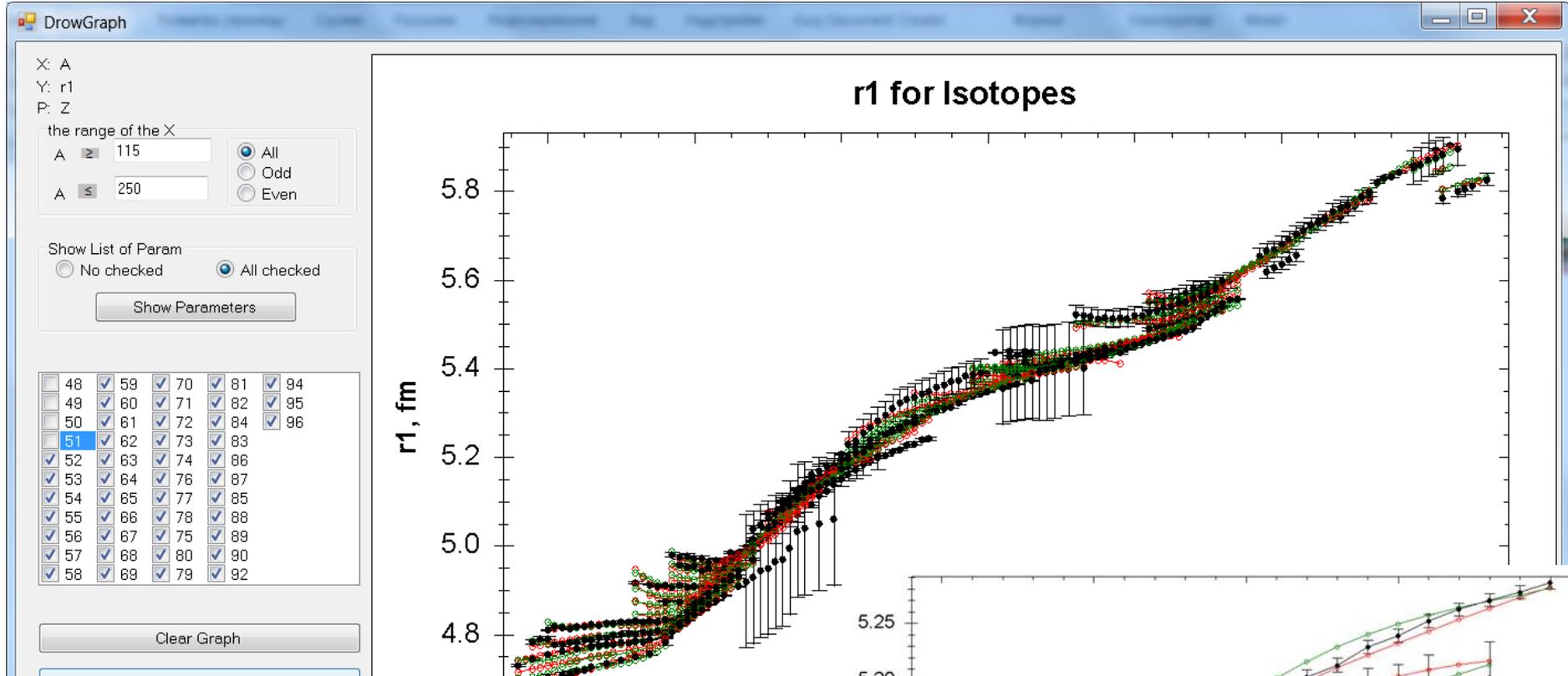




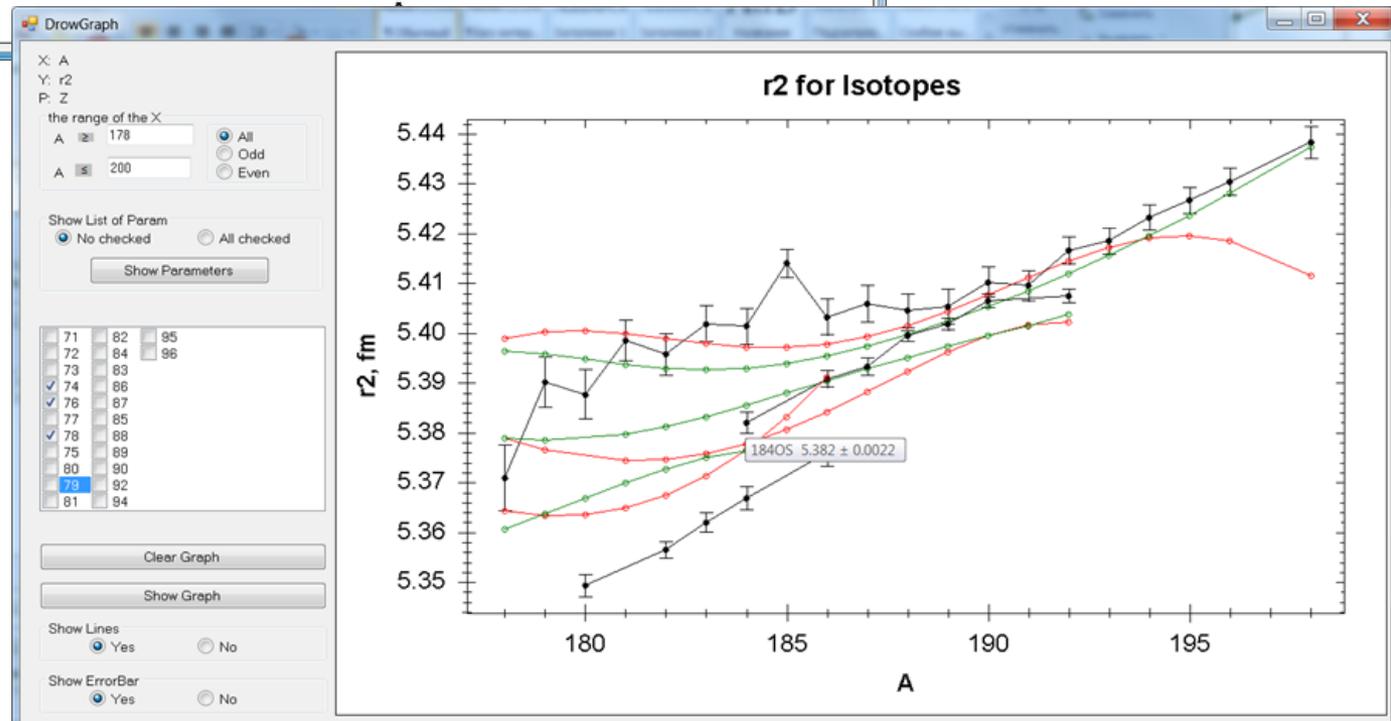
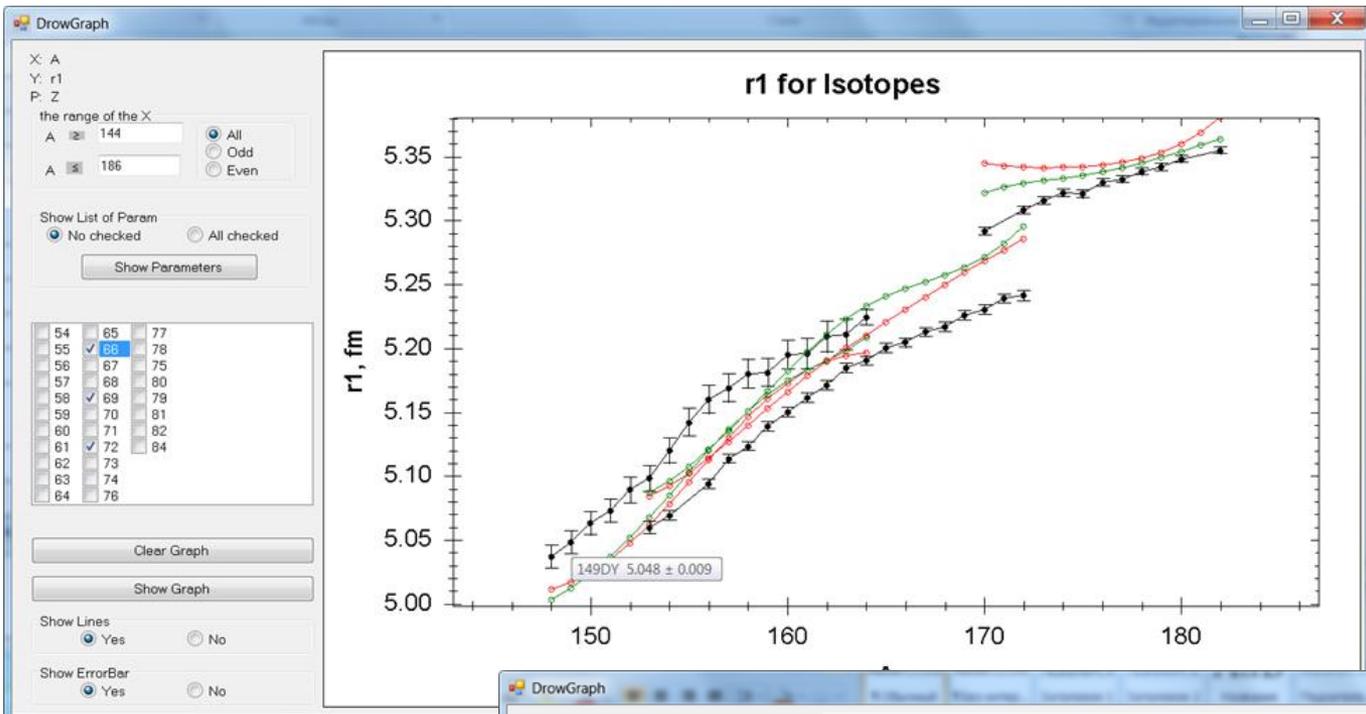
Ядра с $18 < Z < 33$

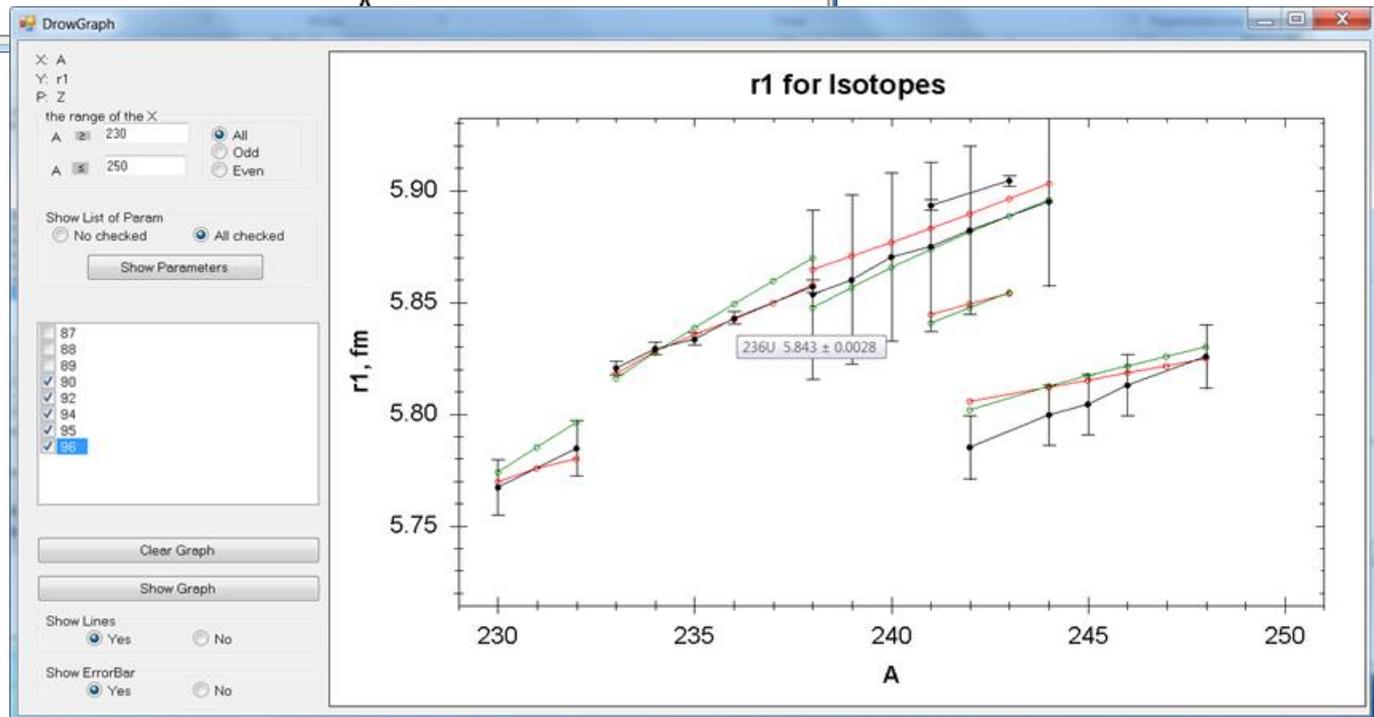
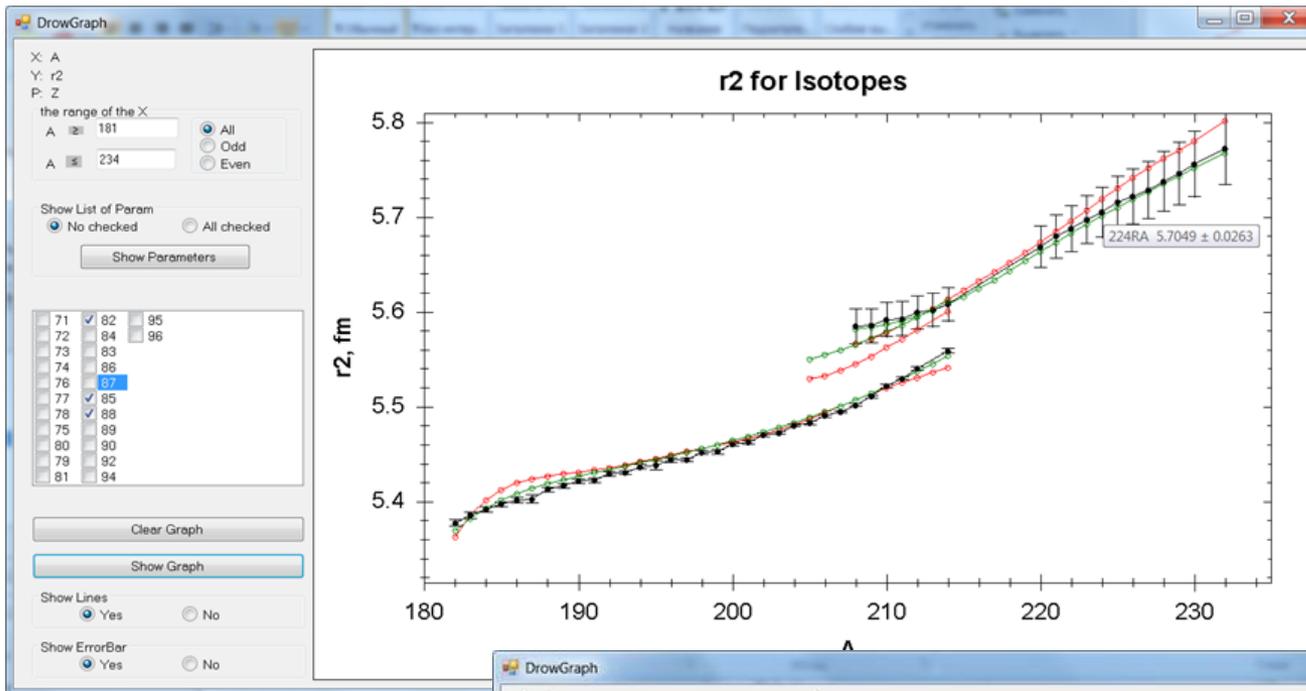


Ядра с $32 < Z < 51$



Ядра с $52 < Z < 96$





Rèsumè

Систематика:

- Оценка имеющегося числового материала, анализ трендов и аномалий
- Отбор достоверных данных
- Предсказание «пропущенных» значений
- Привлечение дополнительной информации – энергия связи, деформация.

Спасибо за внимание!

Mitropolsky_IA@pnpi.nrcki.ru