

**Уран-свинцовая систематика
урановых руд и геохронология
рудобразующих процессов**

Голубев В.Н.

Изотопно-геохронологическое изучение урановых месторождений, благодаря возможности прямого U-Pb датирования основных рудообразующих минералов — настурана и уранинита (UO_{2+x}), открывает уникальные возможности для получения информации:

- о возрасте и длительности процессов рудообразования;
- о времени проявления процессов преобразования руд;
- о процессах предварительного концентрирования рудных КОМПОНЕНТОВ.

В природных урановорудных образованиях, как правило, отмечается тонкая фазовая неоднородность

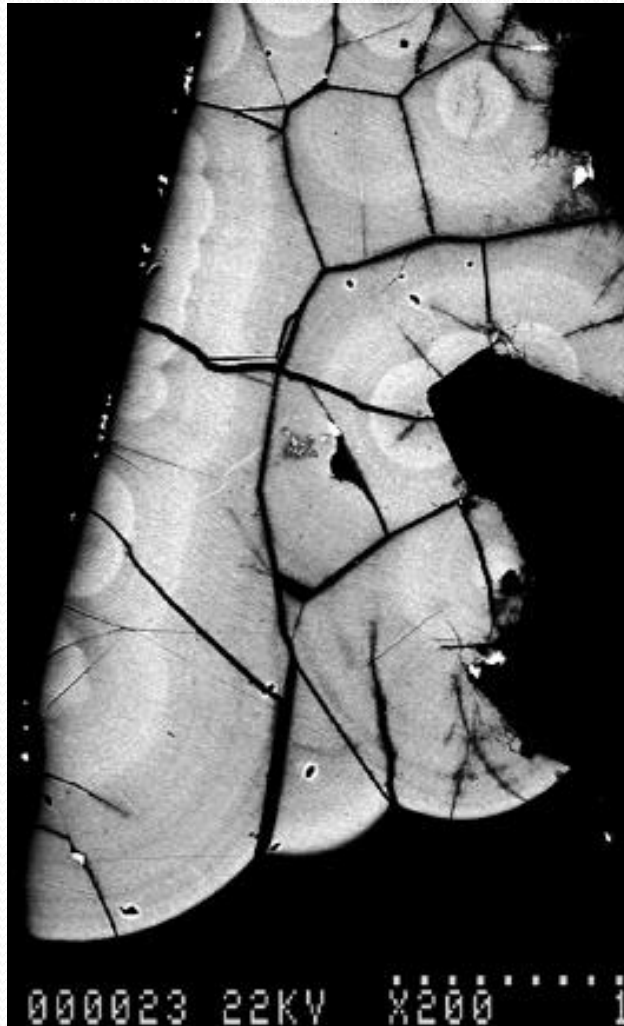
Это:

- неоднородность собственно урановой минеральной составляющей урановых руд;
- неоднородность, обусловленная наличием включений неурановых фаз (сульфиды и др.) в урановой матрице.

Неоднородность может возникать:

- при первичном формировании урановых руд;
- в результате проявления наложенных процессов.

Неоднородность при формировании руд



Неоднородность как результат эпигенетического преобразования руд



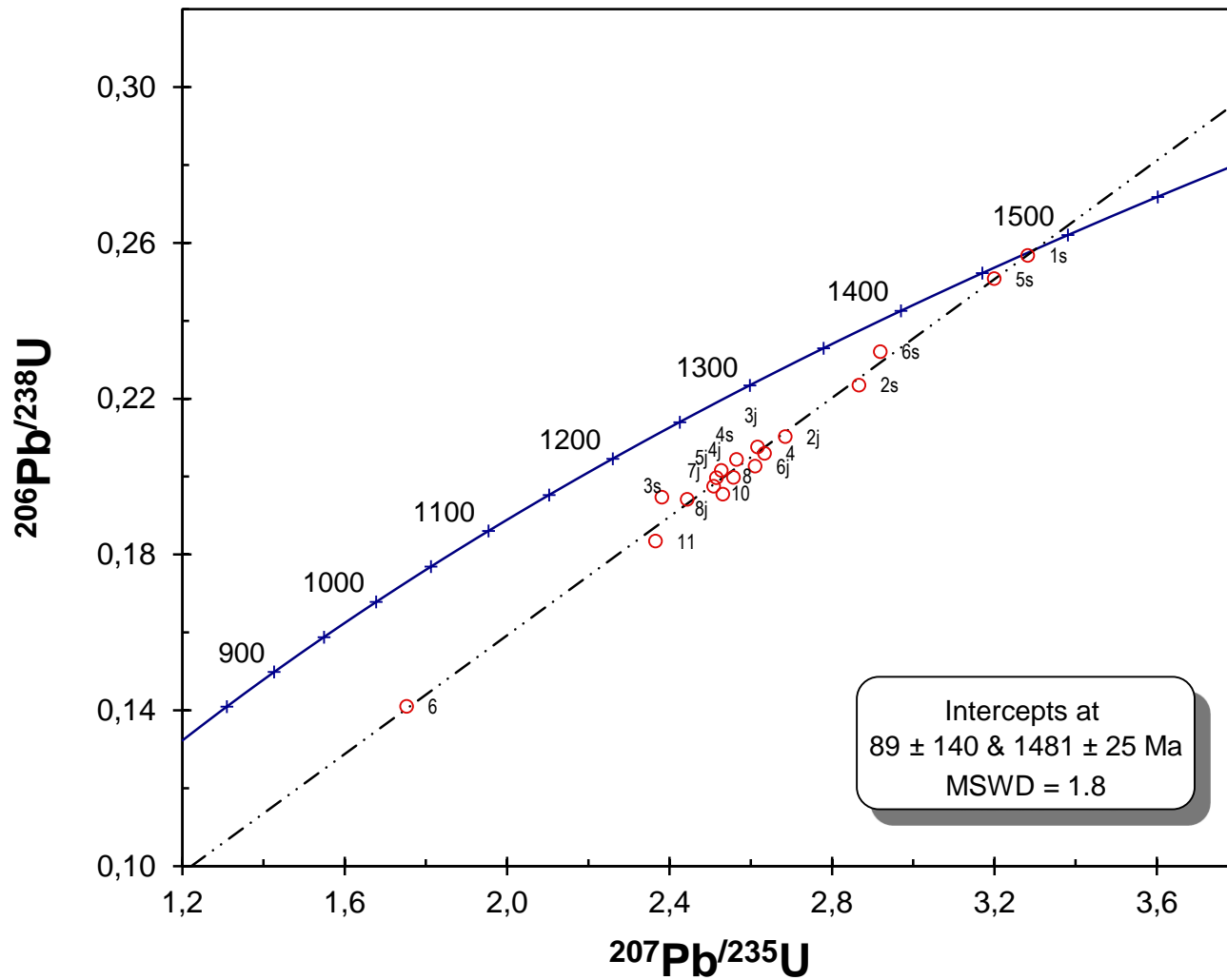
Изменения вдоль трещинок и по контакту с жильным минералом

Тонкая неоднородность урановых руд стимулировала применение локального подхода при их геохронологическом изучении.

Он предполагает:

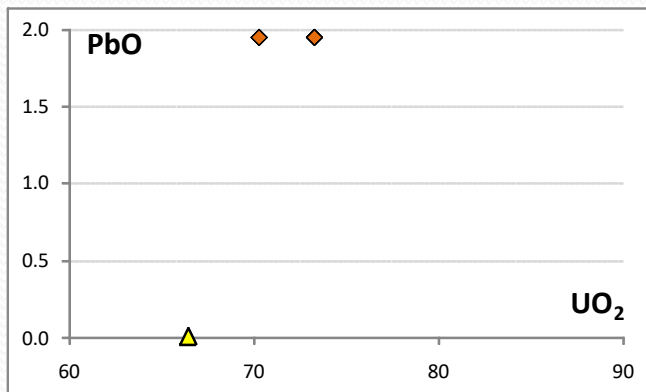
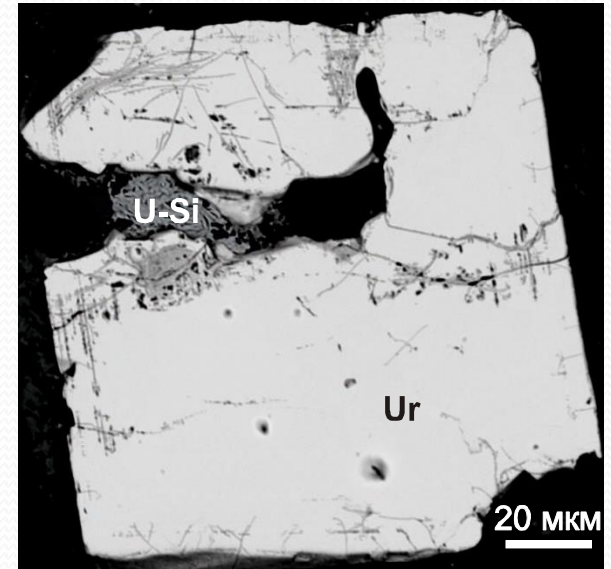
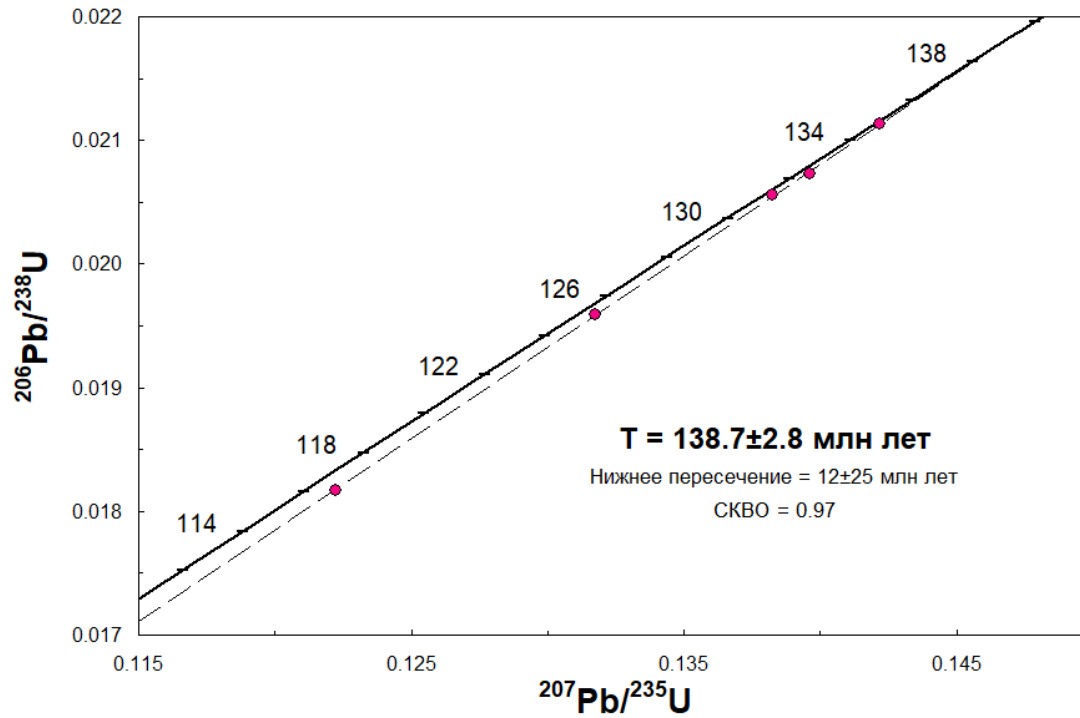
- ▣ детальное предварительное изучение образцов,
- ▣ целенаправленный поиск участков с вполне определёнными минералогическими характеристиками,
- ▣ выделение соответствующих проб.

При таком отборе создаются предпосылки для выполнения условий, обязательных при графической обработке изотопных данных.



Фазовая неоднородность урановой матрицы

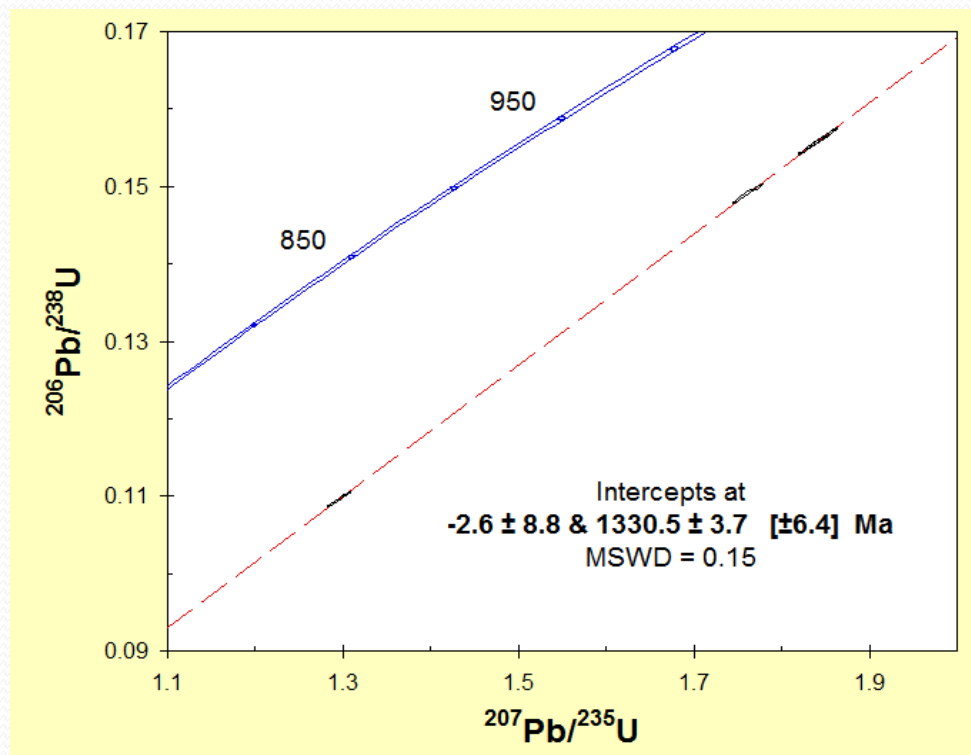
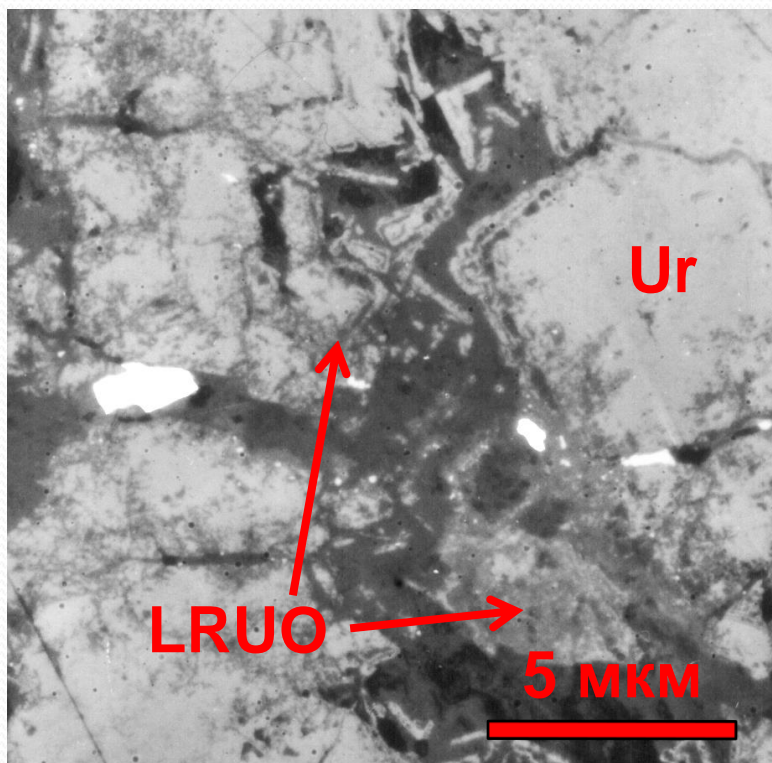
Ямский участок, Восточное Забайкалье



◆ Ur

▲ U-Si (SiO₂ - 12.9%)

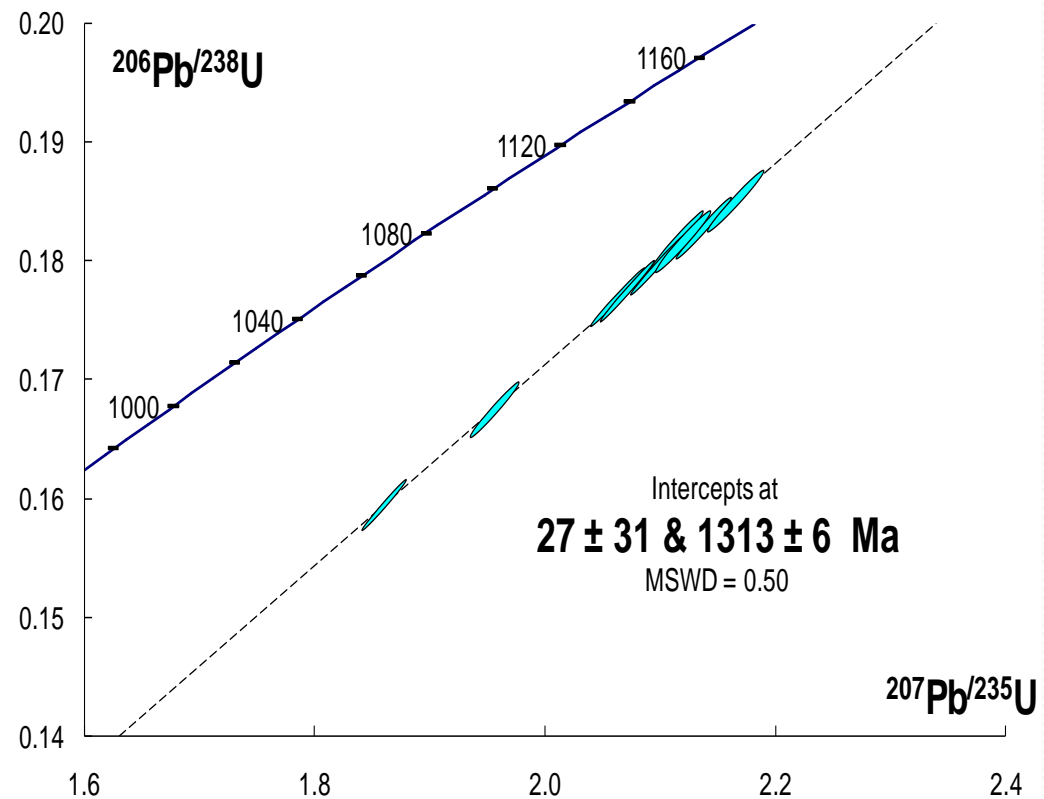
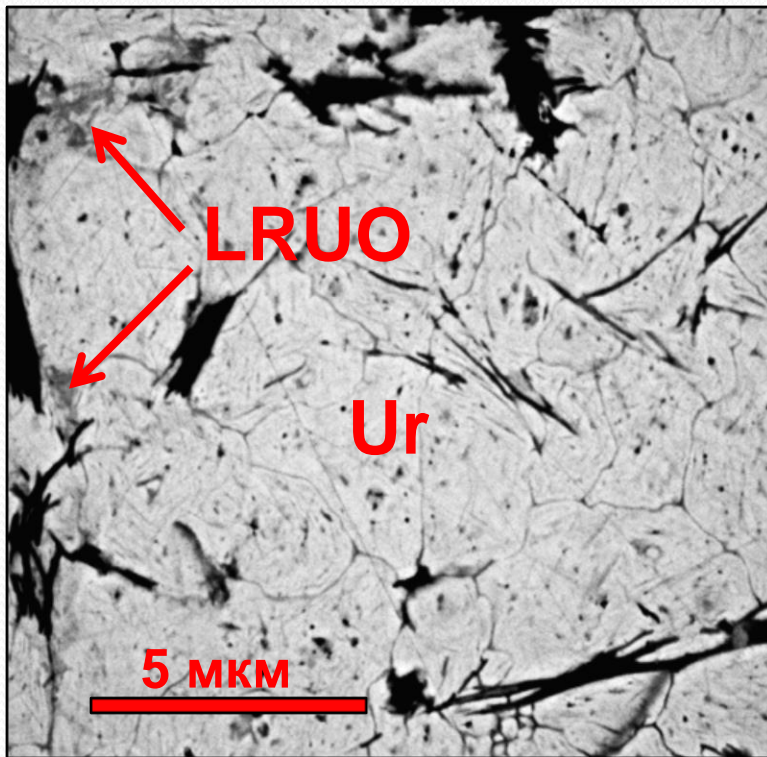
Месторождение Мак Артур (Бассейн Атабаска, Канада)



$T(\text{Ur}) = 1330.5 \pm 3.7$ млн. лет

Фазовая неоднородность урановой матрицы

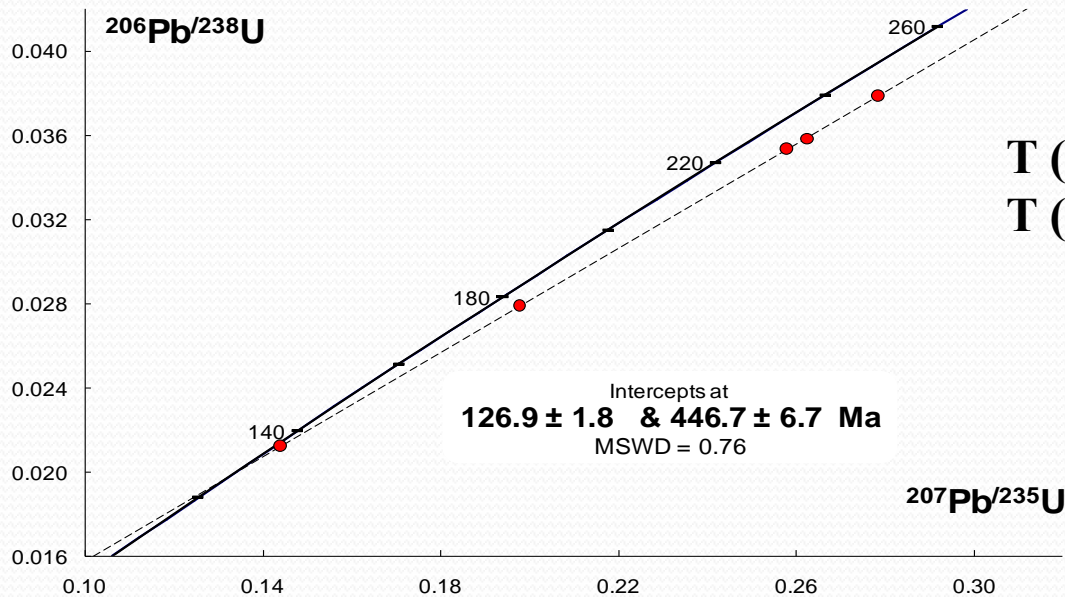
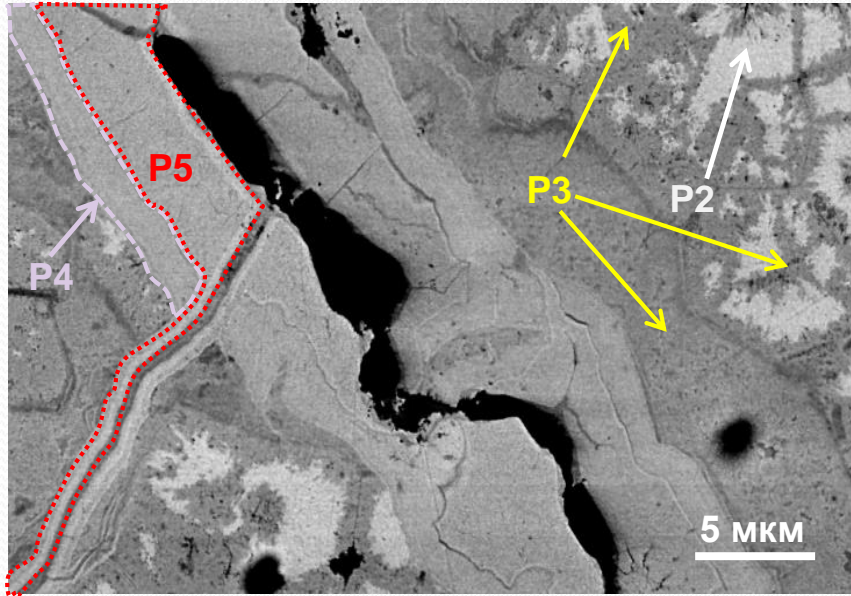
Месторождение Ши Крик (Бассейн Атабаска, Канада)



T (Ur) = 1313 ± 6 млн лет

Фазовая неоднородность урановой матрицы

Месторождение Ши Крик (Бассейн Атабаска, Канада)



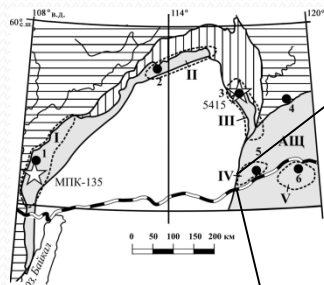
T (P2) = 447 ± 7 млн лет

T (P3) = 127 ± 2 млн лет

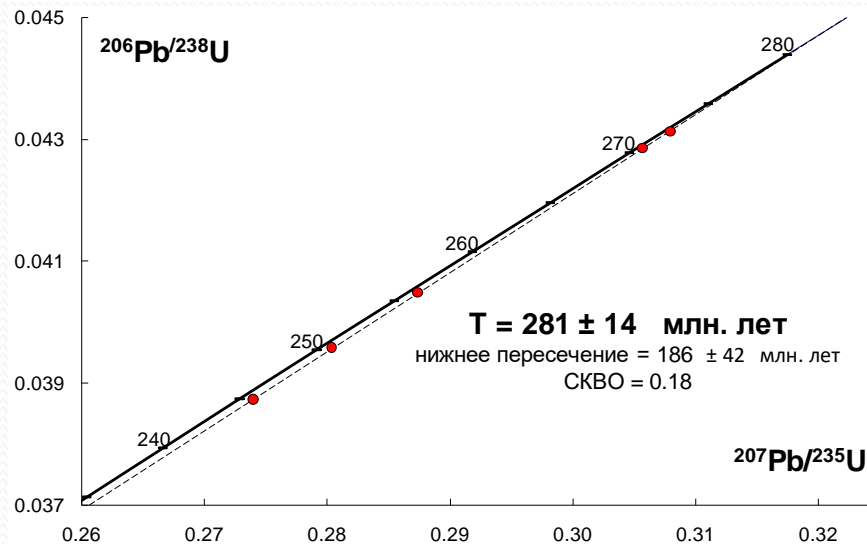
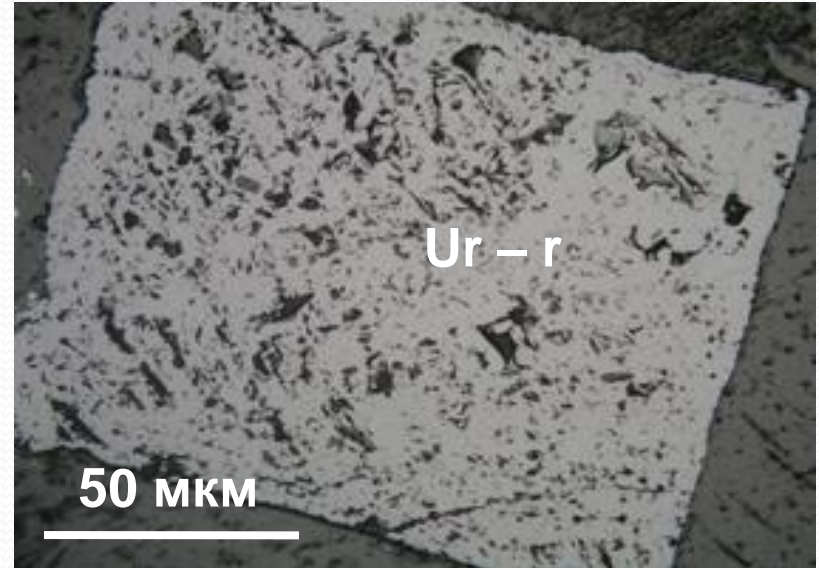
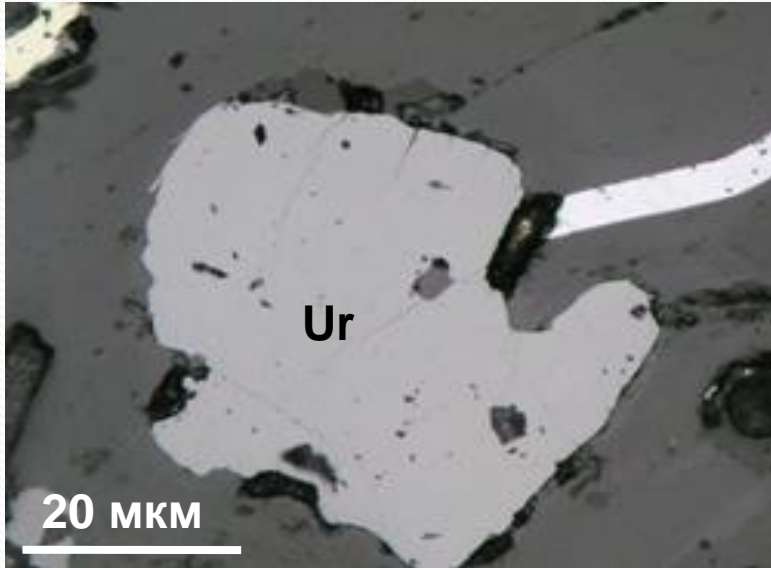


**ПРИМЕРЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
ДАННЫХ ДЛЯ УРАНОВЫХ РУД С
ВКЛЮЧЕНИЯМИ НЕУРАНОВЫХ
МИНЕРАЛОВ**

Сюльбанский район (Забайкалье, БАМ)



Месторождение Грозное, Сьюльбан (Забайкалье, БАМ)



$T(\text{Ur}) = 281 \pm 14$ млн. лет
 $T(\text{Ur-r}) = 186 \pm 42$ млн. лет

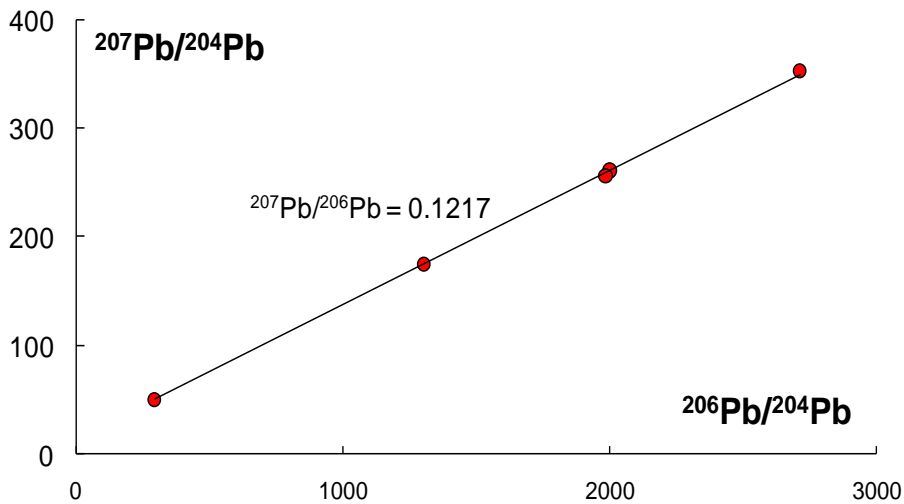
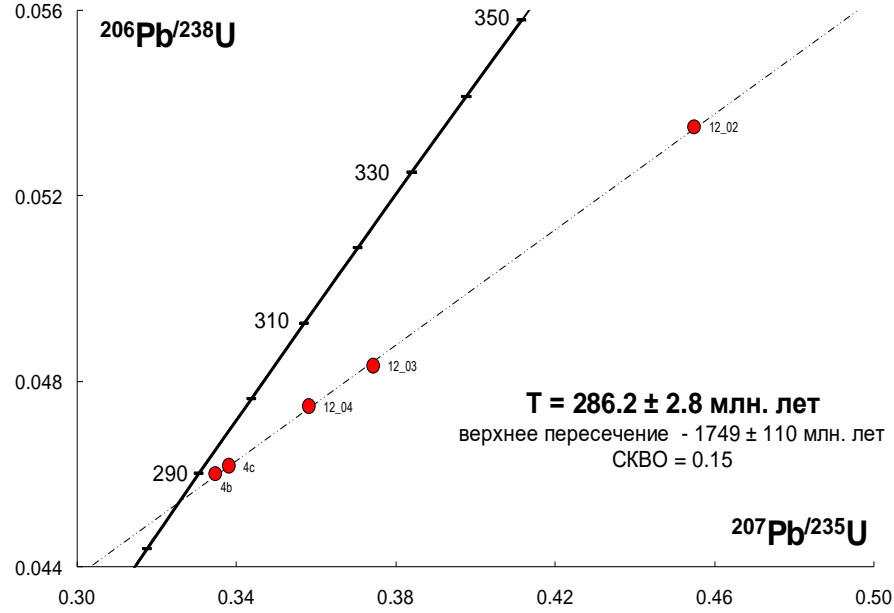
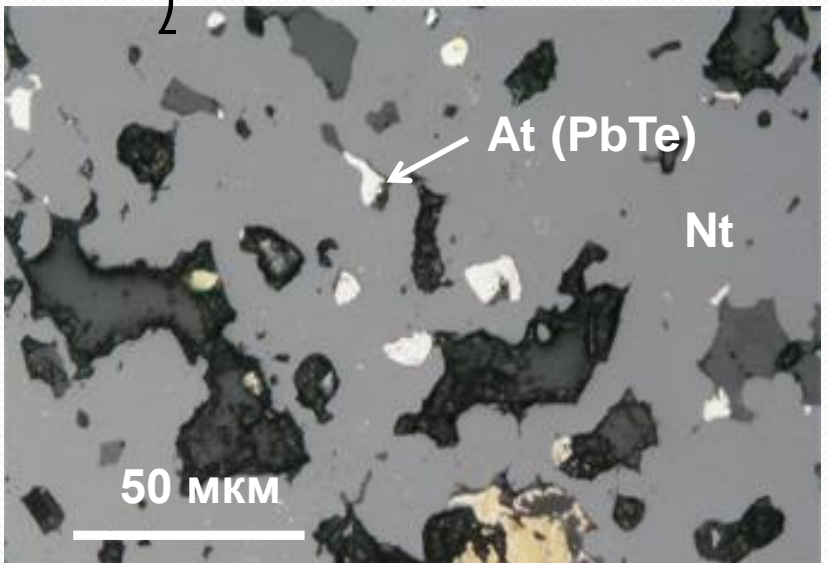
В ряде случаев разброс изотопных дат связан с присутствием в исследуемых образцах мелких включений свинецсодержащих минералов (сульфидов, селенидов, теллуридов, и др.), обогащённых радиогенными изотопами ^{206}Pb и ^{207}Pb .

Источник этого свинца:

- 1) эндогенный, участвовавший в формировании урановой минерализации;
- 2) собственно урановые минералы; при этом экстракция радиогенного свинца могла проходить в течение последующих стадий гидротермального процесса или же в результате проявления нового этапа гидротермальной деятельности спустя значительный промежуток времени.

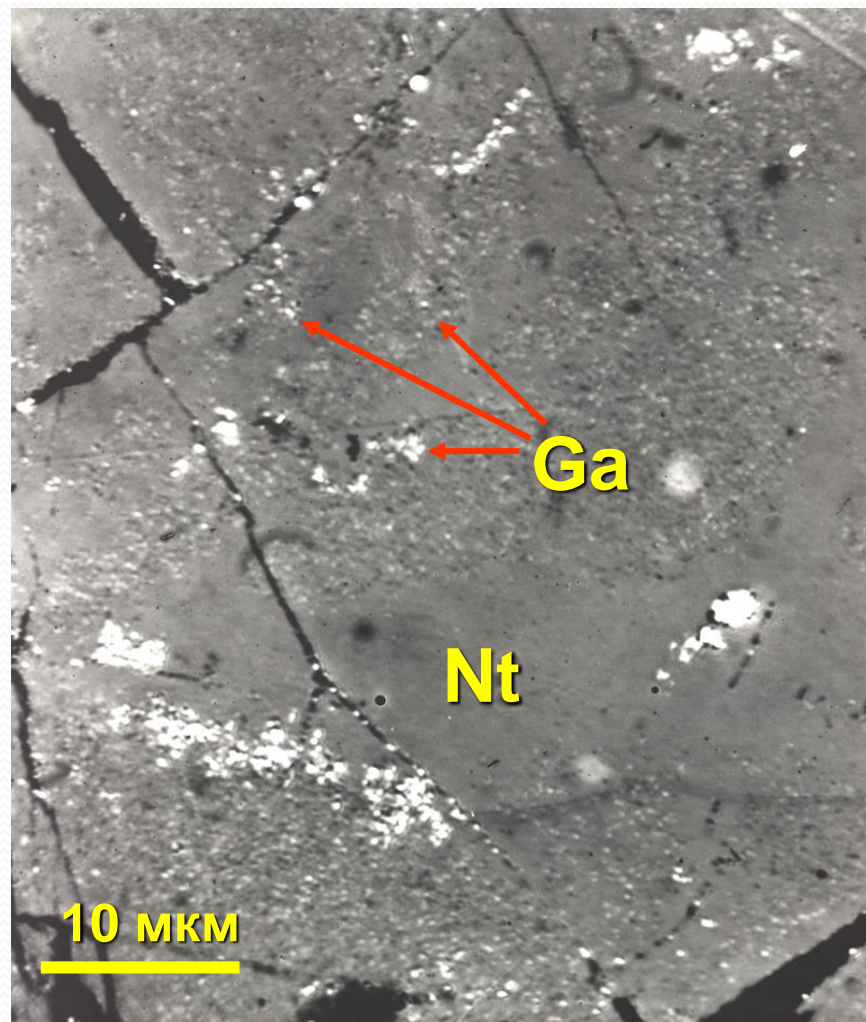
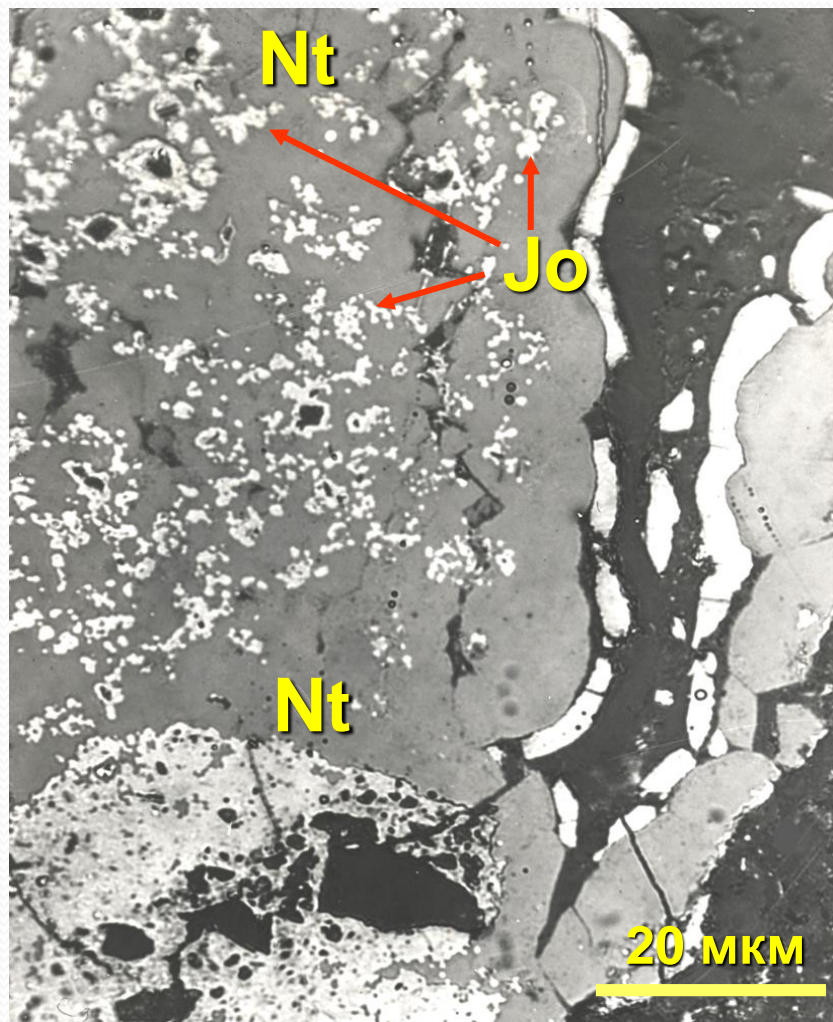
Включения свинецсодержащих минералов в урановой матрице

Месторождение Хадатканда, Сюльбан (Забайкалье, БАМ)



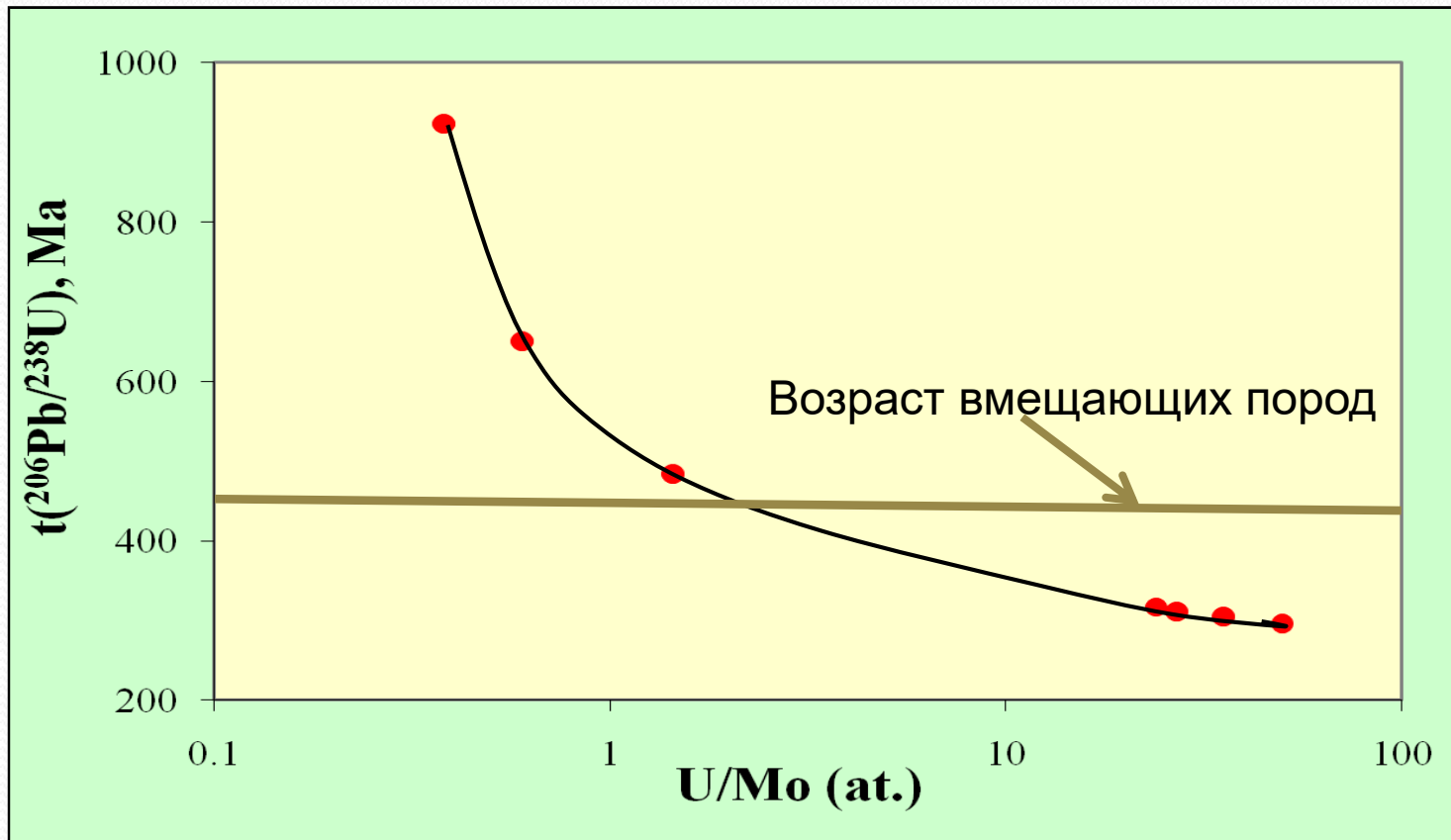
T(Nt) = 286 ± 3 млн лет
 Возраст источника избыточного радиогенного Pb = 1749 ± 110 млн лет

Месторождение Восток, Северный Казахстан

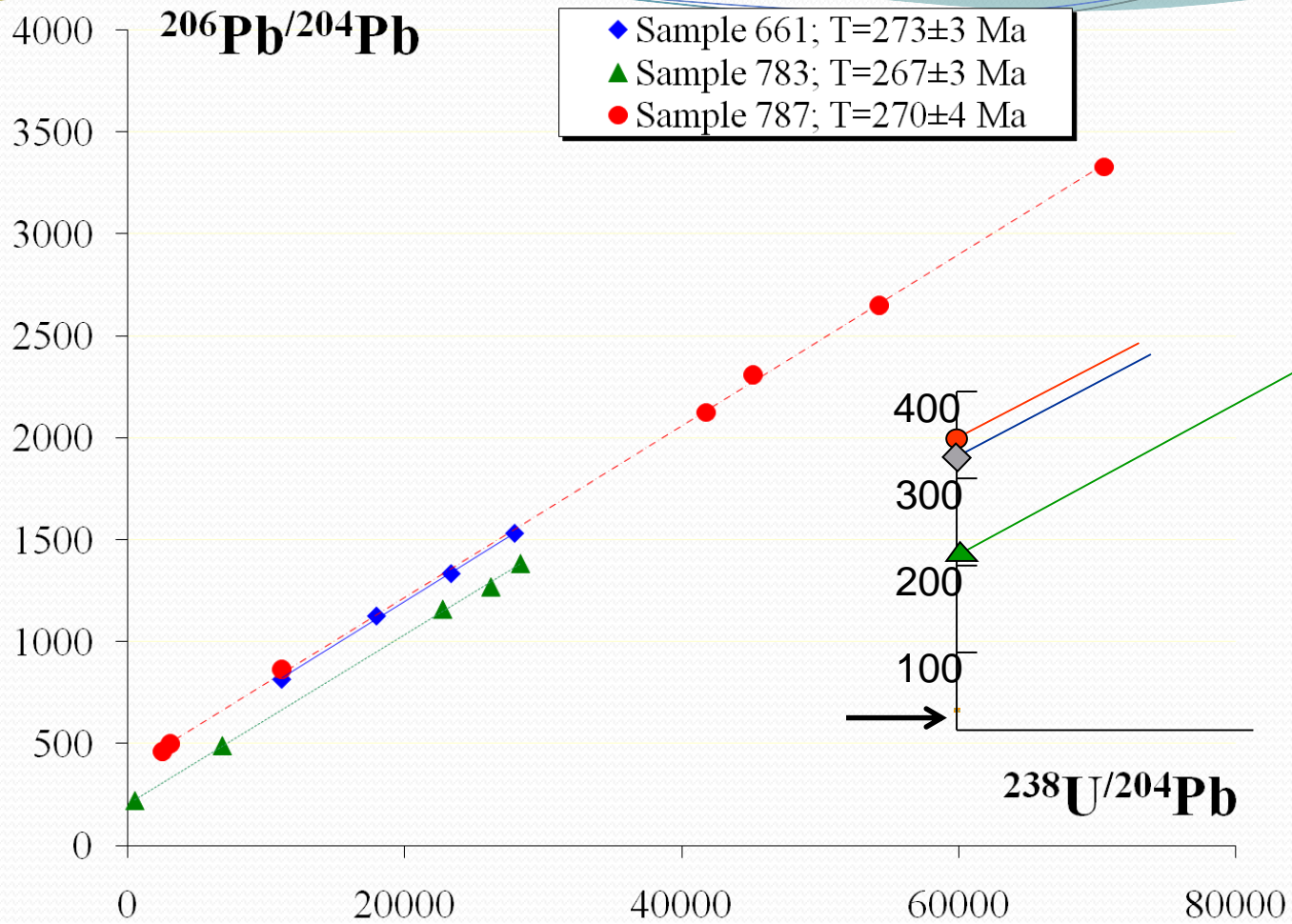


Тонкие включения иордизита ($\text{Jo} - \text{Mo}_{1-x}(\text{Fe,Pb})_x\text{S}_2$) и галенита (Ga) в настуране (Nt)

Зависимость U-Pb возраста проб настурана от примеси в них иордизита



Чем больше содержание сульфида в пробе, тем выше ее изотопный возраст. Из этого следует, что сульфиды из гидротермальных образований месторождения содержат аномальный по составу (обогащенный радиогенными изотопами ^{206}Pb и ^{207}Pb) свинец.



T_2 (среднее по 6-ти изохронам) = 267 млн лет

Интерпретация датировки 267 ± 7 млн. лет



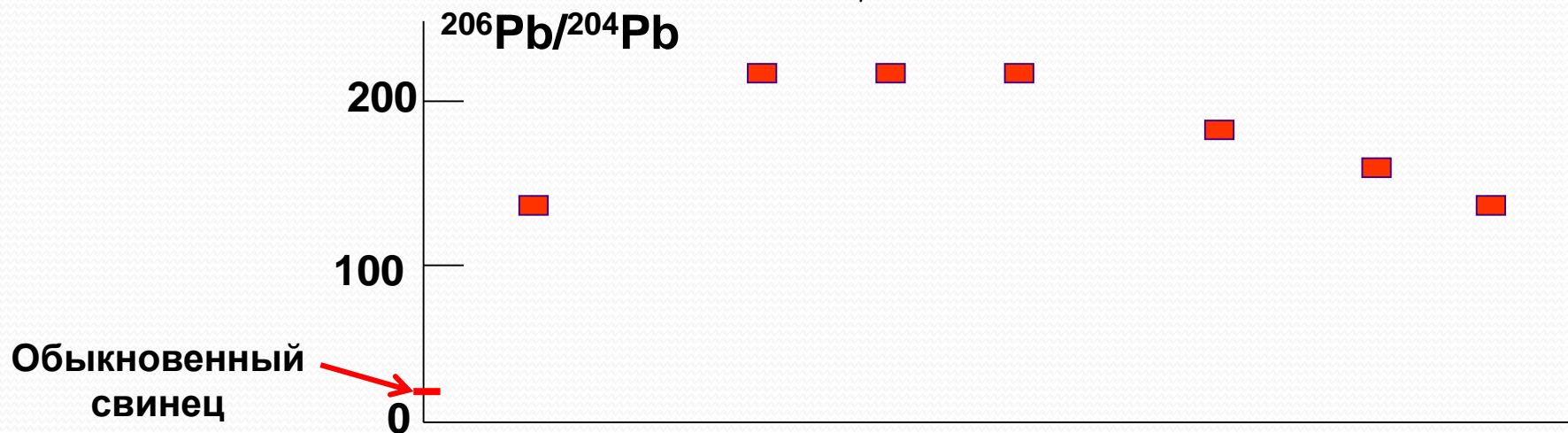
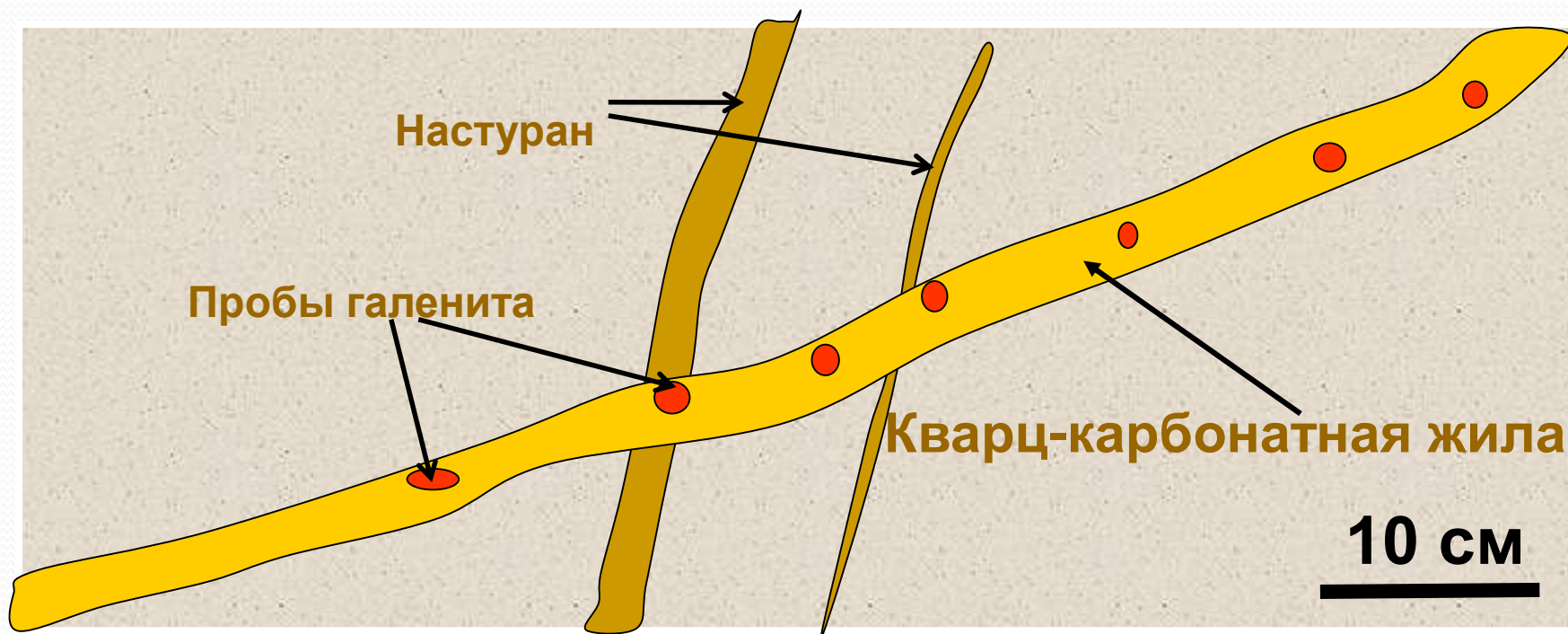
Время формирования настурана. Сильно аномальный по изотопному составу свинец привнесен гидротермальными растворами вместе с ураном. Высокая степень аномальности свинца указывает, что он извлекался из источника с концентрациями урана, сопоставимыми с теми, которые отмечаются в урановых рудах.

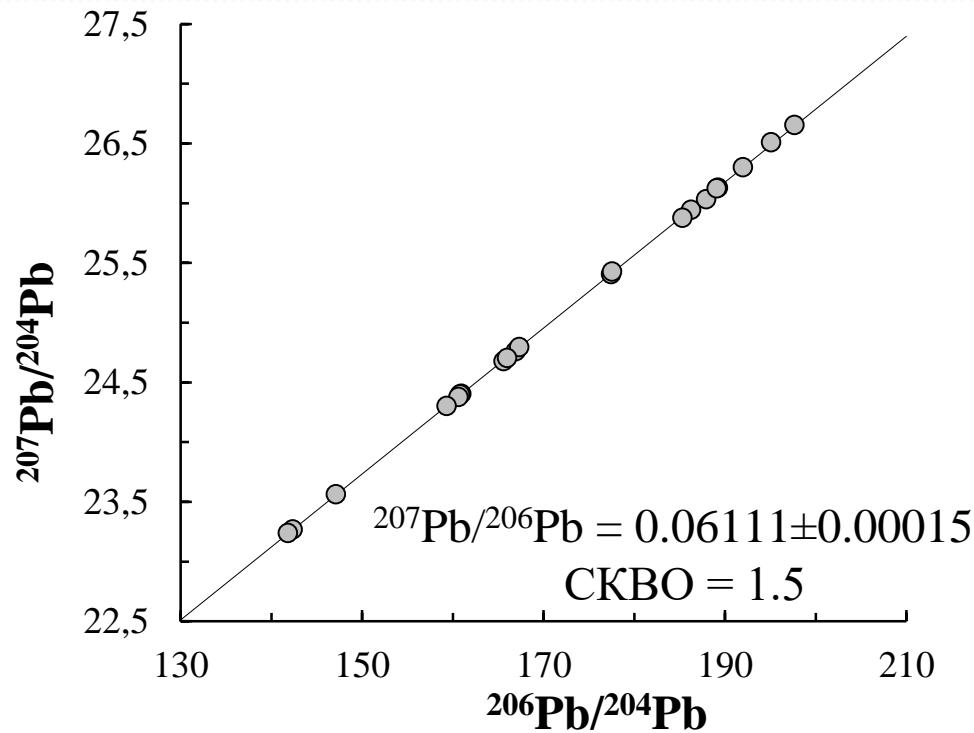


Время преобразования ранее сформированных рудных прожилков, гомогенизации в них изотопного состава свинца с частичным отложением его в сульфидах.

Оба варианта предполагают участие первичных, более древних скоплений урана, которые служили источником радиогенного свинца, отложенного в пермское время. Следовательно, наряду с пермским событием, в истории формирования месторождения имело место событие, с которым связано отложение первичных скоплений урана.

Схема отборки проб галенита





$$\left(\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}} \right)_R = \frac{(^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_w - (^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_o}{(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_w - (^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_o} = \frac{1}{137.88} * \frac{e^{\lambda_5 t_1} - e^{\lambda_5 t_2}}{e^{\lambda_8 t_1} - e^{\lambda_8 t_2}}$$

$T_1 = 413 \pm 7$ млн лет

$T_2 = 267 \pm 7$ млн лет

На основании результатов U-Pb изучения локальных микрообъемов настурана и настурана с включениями сульфидов Mo и Pb, а также Pb-Pb изучения галенита оценен возраст начального этапа уранового рудообразования (413 ± 7 млн лет) и возраст проявленного на месторождении Восток пермского гидротермального события (267 ± 7 млн лет), вызвавшего переотложение урана и обособление в сульфидах ранее накопленного радиогенного свинца. Информация о возрасте первичных руд сохранилась в виде «замороженных» изотопных отношений $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ и $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ в переотложенном галените.



Спасибо за внимание