

Комплементарные нейтронно-синхротронные исследования палеонтологических объектов (визуализационные методы)

*Е.С. Коваленко¹, А.А. Калоян¹, А.В. Пахневич², К.М. Подурец¹,
В.А. Соменков¹*

¹ НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

² ПИН РАН, г. Москва, Россия

2014 г.

Использование проникающего излучения для изучения минеральных объектов

ИНТРОСКОПИЯ И ТОМОГРАФИЯ

рентгеновская

На данный момент – ведущий метод неразрушающего исследования в палеонтологии и геологии.

Особенности:

- широкий диапазон разрешений от 0,5 мкм до 1 мм
- достаточно мобилен и быстр, НО есть некоторые

Ограничения:

- недостаточный контраст
- по размерам объектов (толщине)

синхротронная

Особенности:

- высокая яркость (позволяет уменьшить время съемки)
- коллимация (позволяет повысить разрешение, применять нестандартные виды контраста)
- широкий энергетический спектр и возможность монохроматизации (дополнительные возможности контрастирования)

нейтронная

Особенности:

- нерегулярная зависимость величины взаимодействия от атомного номера (контраст отличен от рентгеновского)
- высокая проникающая способность (возможно исследовать крупные объекты)
- сильное взаимодействие с некоторыми элементами (H, B, Li, Cl)

Основные ограничения:

не мобильны, требуют сложных источников излучения, выделенного экспериментального времени

Цель работы: исследование возможностей неразрушающих методов визуализации внутреннего строения минеральных объектов с помощью синхротронного излучения и нейтронов.

Курчатовские источники проникающего излучения

реактор ИР-8



КИСИ



Характеристики методов визуализации

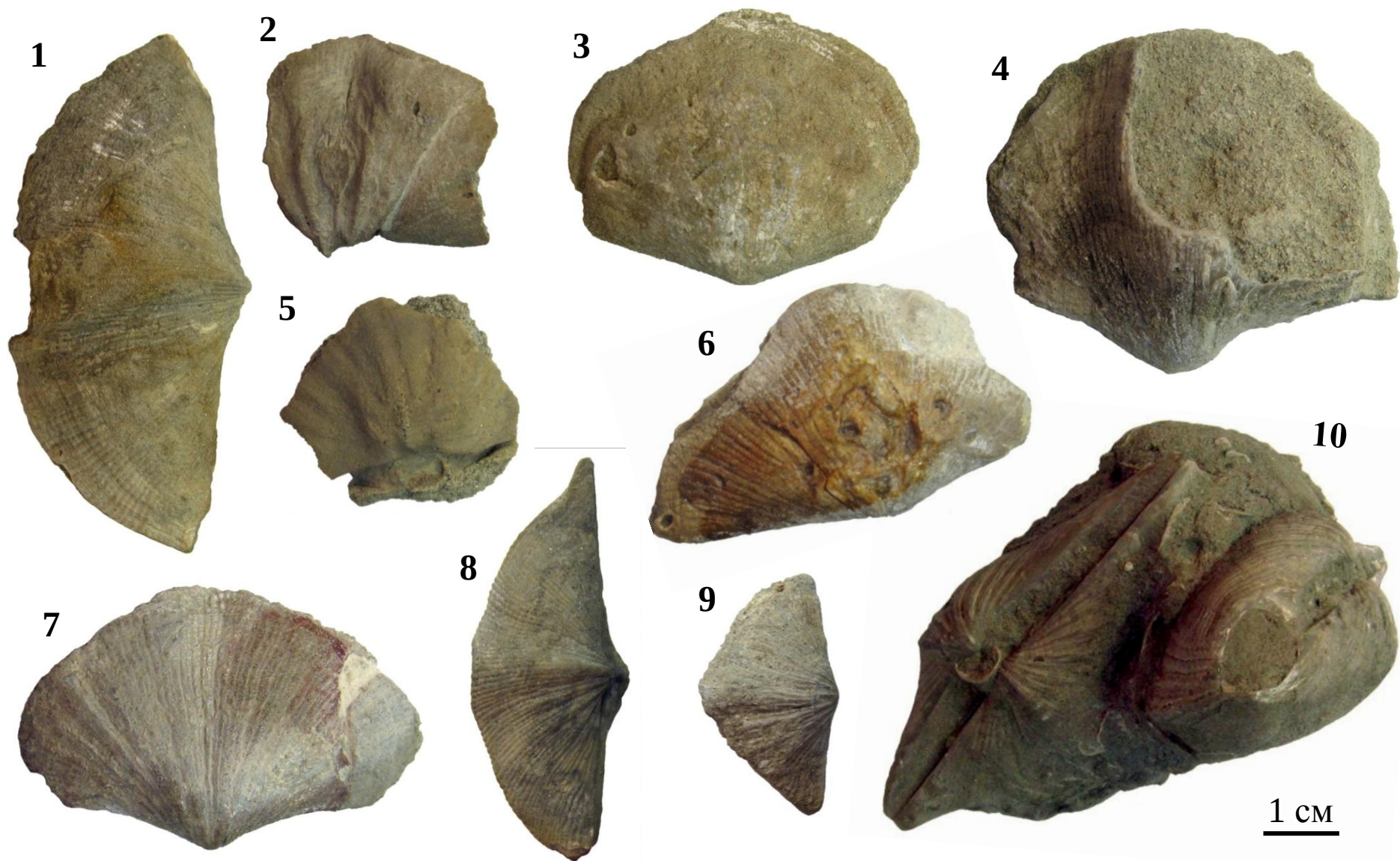
		Нейтроны ($\lambda = 1.5 \text{ \AA}$)	Синхротронное излучение	
			Монохроматическое излучение ($\lambda = 0.5 \text{ \AA}$)	Фильтрованное полихроматическое излучение
Длина объекта		30 см	5 см	10 см
Толщина объекта		30 см	0.5 см	15 см
Время измерения	Интроскопия	10 – 120 с	20 – 120 с	50 – 300 мс
	Томография	6 – 12 часов	3 – 12 часов	1.5 – 10 часов
Разрешение		200 – 400 мкм	2 – 50 мкм	200 мкм

Толщины объектов приведены относительно кальцита.

Времена измерения для тока накопителя 100 мА и
мощности реактора 6-7 МВт.

**Исследование коллекций
Палеонтологического музея
им. Ю.А. Орлова (г. Москва)**

Коллекция пермских брахиопод рода *Kaninospirifer* из Палеонтологического музея им. Ю.А. Орлова. Образцы различной сохранности: отдельные створки (3, 4, 6, 7, 9), внутренние ядра (2, 5), цельные раковины (1, 8, 10).



Исследование пермских брахиопод

Методы:

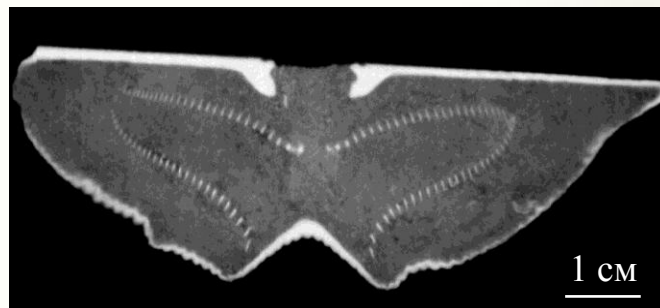
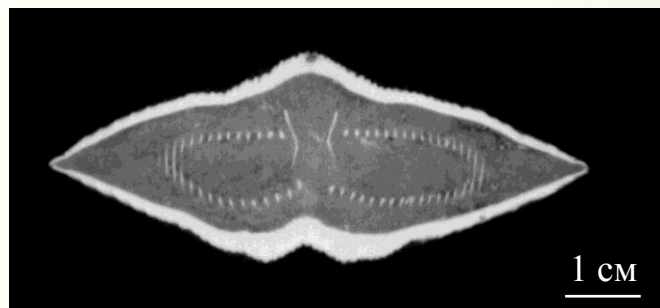
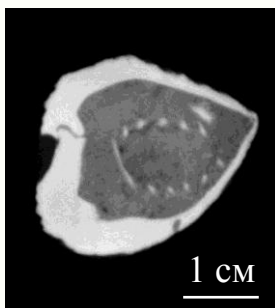
1. синхротронная томография на фильтрованном излучении (ЛИГА, КИСИ, НИЦ КИ)
2. нейтронная томография на монохроматическом излучении (ГЭК№5, ИР-8, НИЦ КИ)
3. нейтронная дифракция (ФДВР, ИБР-2М, ОИЯИ)

Томография раковины ископаемой брахиоподы *Kaninospirifer kaninensis*

(Licharew, 1943, верхняя пермь, ? уржумский ярус, п-ов Канин, экз. ПИН РАН 7a/120 № 4900/137)



Фото



Восстановленные взаимно перпендикулярные сечения.
Внутри каждого сечения отчетливо виден ручной аппарат.

3D-представление



1 см

1 см

Трехмерная модель ископаемой брахиоподы. Цветом помечены различные структуры объекта: красным – створки раковины, зеленым – ручной аппарат.

Исследование пермских брахиопод

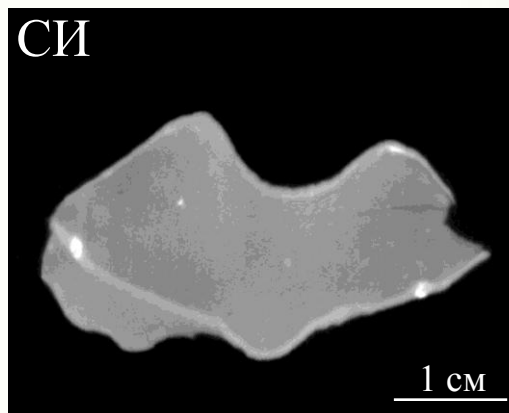
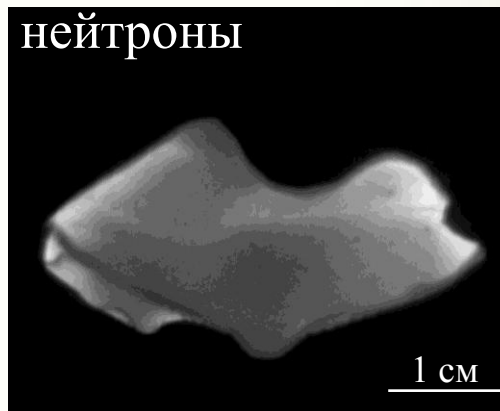
Род *Kaninospirifer* важен для стратиграфии отложений пермской системы и палеобиогеографических реконструкций. В результате с помощью синхротронной и нейтронной томографии удалось получить дополнительную информацию о внутреннем строении раковин. Ее можно использовать для ревизии (переизучения) типового вида рода *K. kaninensis*, который исследован на материале из топотипической местности (где найдены типовые образцы вида). Род *Kaninospirifer* входит в группу близких по внешнему и внутреннему строению родов, поэтому его переизучение на современном уровне даст возможность лучше дифференцировать этих брахиопод. Если ранее, ввиду сложности шлифования крупных экземпляров, строение ручного аппарата брахиопод рода *Kaninospirifer* было не описано, то теперь этот пробел восполнен с помощью томографии. Этому способствует хорошая сохранность материала и сочетание минералов замещающих раковину и породу внутри нее: по данным нейтронной дифракции раковина состоит из карбоната кальция, а порода из кварца.

Сравнительная томография на нейтронах и синхротронном излучении

на примере брахиоподы *Cyrtospirifer rudkinensis* Ljaschenko, 1959 (верхний девон, средний франский подъярус Воронежской области, из окрестностей д. Рудкино)



Фото



Восстановленные сечения, полученные с помощью нейтронов и синхротронного излучения (СИ)

Выводы

Использование источников излучения Курчатовского института для интроскопии и томографии палеонтологических объектов дает возможность:

1. Улучшить проникающую способность.
2. Различить компоненты объекта, близкие по плотности.
3. Различить границы раздела и другие неоднородности.
4. Таким образом, повысить информативность томографического исследования и обеспечить комплексный подход за счет применения различных методик.

Авторский коллектив



*Виктор Александрович
Соменков*



*Константин Михайлович
Подурец*



*Алексей Валентинович
Пахневич*



*Александр Альбертович
Калоян*



*Екатерина Сергеевна
Коваленко*

A close-up photograph of a layered rock formation, possibly a cave entrance or a geological outcrop. The rock is light brown/tan with visible horizontal strata and some darker, more textured areas. The word 'СПАСИБО!' is overlaid in large, white, serif capital letters with a black outline, centered horizontally across the middle of the image.

СПАСИБО!