

**Микровключения в образцах гипсового керна из Камско-Устьинского месторождения: происхождение и геологическое значение. Волков Артем Иванович, Раиль Кадыров, Михаил Глухов, Евгений Стаценко, Казанский федеральный университет, Казань, Россия**

**Научный руководитель – Кадыров Раиль Ильгизарович**

*Волков Артём Иванович*

*Студент (магистр)*

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Казань, Россия

*E-mail: artem.volkov.2012@inbox.ru*

В данном исследовании изучаются микровключения в образцах керна Камско-Устьинского месторождения гипса. В исследовании рассматриваются два аспекта анализа микровключений: их значение в фундаментальных научных исследованиях и их применение для определения загрязнения продуктивных гипсовых коллекторов. Цели исследования включают обзор литературы, отбор образцов, анализ горных пород, идентификацию микровключений с помощью рентгеновской томографии, анализ морфологии и состава магнитных микровключений, определение их природы, сравнение с результатами предыдущих исследований, совершенствование методологии определения чистоты гипса и выявление маркерных горизонтов для корреляции осадочных пород. Восемь образцов керна (около 6×4 см) были извлечены из Камско-Устьинского месторождения гипса, расположенного на правом берегу реки Волга. Предыдущие исследования (Сунгатуллин и др., 2015, 2017; Глухов и др., 2020; Глухова, 2022) предполагали потенциал космических магнитных микросфер (диаметром менее 1 мм) в качестве инструментов для стратификации осадочных пород и корреляции. Это исследование способствовало выявлению корреляции, основанной на магнитных микрочастицах. Рентгеновская микрокомпьютерная томография (micro-CT) была использована для обнаружения микровключений с высоким поглощением рентгеновского излучения. Различные минералы (гипс, доломит, пирит, магнетит) демонстрировали различное поглощение во время рентгеновской томографии. На трехмерных томографических изображениях четко визуализированы микрочастицы размером от десятков до сотен микрометров и их пространственное распределение внутри породы (рис.1). Эти результаты подтвердили естественное происхождение рентгеноплотных микрочастиц и опровергли любое загрязнение во время лабораторной подготовки образцов (Горюнова, Екб). Были выявлены две взаимосвязанные закономерности: зональное и периодическое распределение микрочастиц в породе и скопления более крупных частиц, связанные со слоями доломита. Образцы были дополнительно проанализированы с использованием магнитной сепарации. Неодимовый магнит, обладающий значительно большей магнитной силой, чем обычный магнит, использовался для извлечения объектов с низкой магнитной проницаемостью и парамагнитных веществ. Впоследствии неметаллические частицы были отобраны под бинокулярным микроскопом. В более ранних исследованиях (Кадыров и др., 2019) отмечался металлический блеск и разнообразная текстура поверхности микросфер в гипсе. В восьми образцах гипса из нижнего слоя Камско-Устьинского месторождения было обнаружено более 50 микрочастиц (таблица 1). Морфологический анализ был проведен с использованием оптической микроскопии (рис. 2). Сканирующая электронная микроскопия и энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия были использованы для детального морфологического и композиционного анализа магнитных микрочастиц из-за их небольшого размера

(обычно менее 1 мм). Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия позволила определить элементный состав в определенных точках или областях. Изученные микросферы являются хорошо сохранившимися и узнаваемыми объектами. Количественное распределение магнитных микросфер может служить показателем интенсивности космических событий, происходивших одновременно с образованием эвапоритовых бассейнов. Эта методология предоставляет дополнительный инструмент для корреляции осадочной стратификации и получения информации об интенсивности космических событий в геологической истории.

Признание Данная статья была подготовлена при поддержке Программы стратегического академического лидерства Казанского федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030).

### Источники и литература

- 1) Сунгатуллин Р. Х. и др., (2015). Возможность использования пространственной корреляции микросфер с нефтяными месторождениями Нефтяная промышленность 2, с. 16-19
- 2) Sungatullin, R. Kh et al., (2017). Cosmic microspheres in the Carboniferous deposits of the Usolka section Russian Geology and Geophysics 58, pp. 59-69.
- 3) Kadyrov R., Glukhov M., Statsenko E., Galiullin B. (2019). Enigma of Ferruginous Inclusions in Evaporites. // Proceedings of the 1st Springer Conference of the Arabian Journal of Geosciences (CAJG), Tunisia (2018). Petrogenesis and Exploration of the Earth's Interior. Advances In Science, Technology Innovation, pp. 97-99.

### Иллюстрации

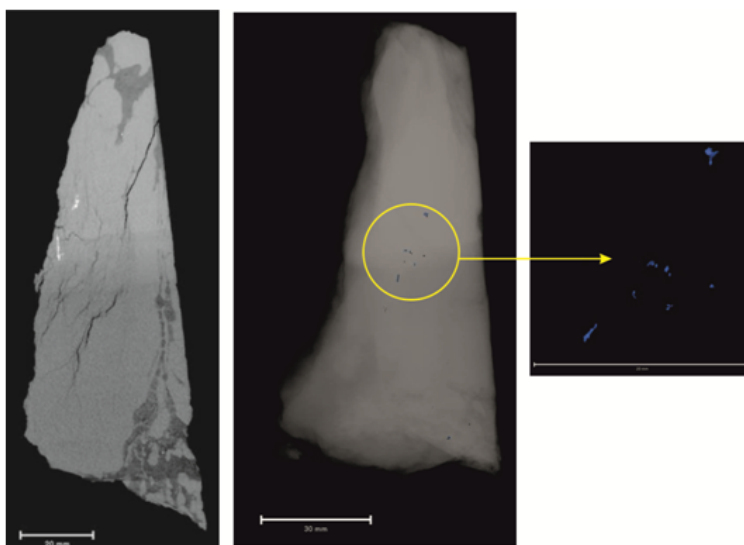


Рис. : Рис. 1. Томографические изображения горных пород с минеральными включениями с высоким поглощением рентгеновского излучения (А.А. Глухова, 2022): а - 2D томографическое изображение, б, в - 3D модель образца, выделяющая рентгеноплотные микровключения

Таблица 1. Количество и характеристики извлеченных частиц

Номер пробы	Глубина, м	Количество микровключений	Магнитные	Немагнитные
76	77,3	> 10	> 10	—
77-1	77,5	8	7	1
77-2	77,5	7	6	1
78	77,6	—	—	—
79-1	78,4	17	12	5
80-1	78,6	10	8	2
80-2	79	—	—	—

Рис. : Таблица 1. Количество и характеристики извлеченных частиц