

## Ученые установили, что более половины CO<sub>2</sub> в виде карбонатов сохраняется в ходе погружения в мантию Земли

Специалисты Института геохимии и аналитической химии (ГЕОХИ) им. В.И. Вернадского РАН выяснили, что более половины CO<sub>2</sub> в виде карбонатов сохраняется при погружении в мантию Земли на глубины, превышающие 250 км, и как при этом меняется их состав. Для этого они провели эксперименты при давлениях 6-7 ГПа и температурах от 1000 до 1500 °С. Результаты опубликованы в *Geoscience Frontiers*<sup>1</sup>

Кругооборот углекислого газа между атмосферой и недрами Земли включает его растворение в морской воде, осаждение в виде карбоната в океанической коре и погружение в мантию в процессе субдукции. В зависимости от скорости реакции карбоната с металлическим железом в окружающей мантии, карбонат может восстанавливаться до алмаза, либо возвращаться обратно в атмосферу в составе магматических газов. Изменение потока CO<sub>2</sub> на любой из стадий сопровождается изменением его концентрации в атмосфере, что является причиной глобальных изменений климата в истории Земли.

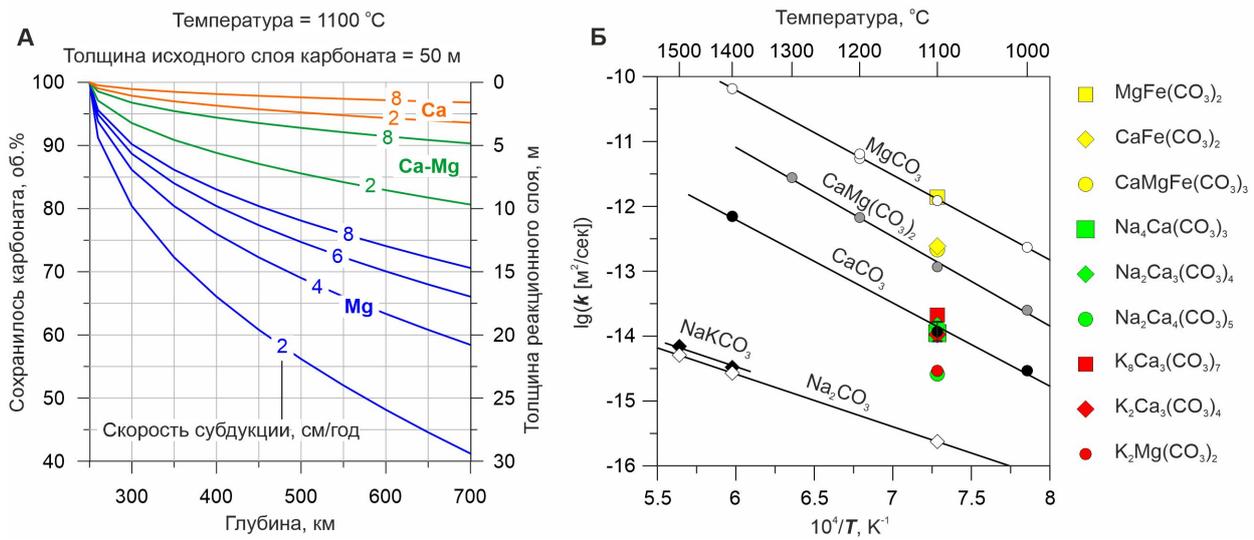
Были проведены эксперименты по изучению кинетики реакции восстановления карбонатов металлическим железом при давлениях 6-7 ГПа и температурах до 1500 °С. Согласно полученным результатам более 50 объемных процентов карбонатов сохраняются в ходе погружения (субдукции) океанических плит в мантию Земли на глубину 660 км. Стагнация и разогрев плит до температур окружающей мантии сопровождается плавлением карбонатов и просачиванием их расплавов в мантийные породы, содержащие металлическое железо.

«Мы установили, что скорость реакции карбонатов с металлическим железом убывает с изменением состава карбонатов в следующей последовательности: FeCO<sub>3</sub> ≥ MgCO<sub>3</sub> > CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> > CaCO<sub>3</sub> >> Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. При этом карбонат калия, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, совсем не реагирует с металлическим железом. Полученная последовательность подразумевает, что в процессе реакции восстановления карбонатов до свободного углерода (алмаза), концентрация щелочных металлов, особенно калия, в расплаве возрастает», - сказал сотрудник лаборатории геохимии мантии Земли ГЕОХИ РАН, профессор РАН Антон Шацкий.

Ранее ученые установили, что карбонатные расплавы, обогащенные калием, являются наиболее распространенными включениями минералообразующей среды в природных алмазах из кимберлитов и россыпей по всему миру. В этой работе, отметил Шацкий, ученые экспериментально показали, что данная особенность состава может быть обусловлена различной способностью карбонатов восстанавливаться металлическим железом. Согласно проведенным экспериментам, обогащение калием могло происходить в процессе кристаллизации алмаза.

---

<sup>1</sup> Shatskiy A., Arefiev A.V., Litasov K.D. (2023) Change in carbonate budget and composition during subduction below metal saturation boundary, *Geoscience Frontiers*, **14** (1), 101463, <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2022.101463>.



**Рис. 1.** Графики, иллюстрирующие способность карбонатов восстанавливаться металлическим железом при давлении 6-7 ГПа. (А) Сколько карбонатов кальция, кальция-магния и магния сохраняется в ходе субдукции на глубину, превышающую 250 км. (Б) Температурная зависимость логарифма константы скорости реакции карбоната с железом.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда.