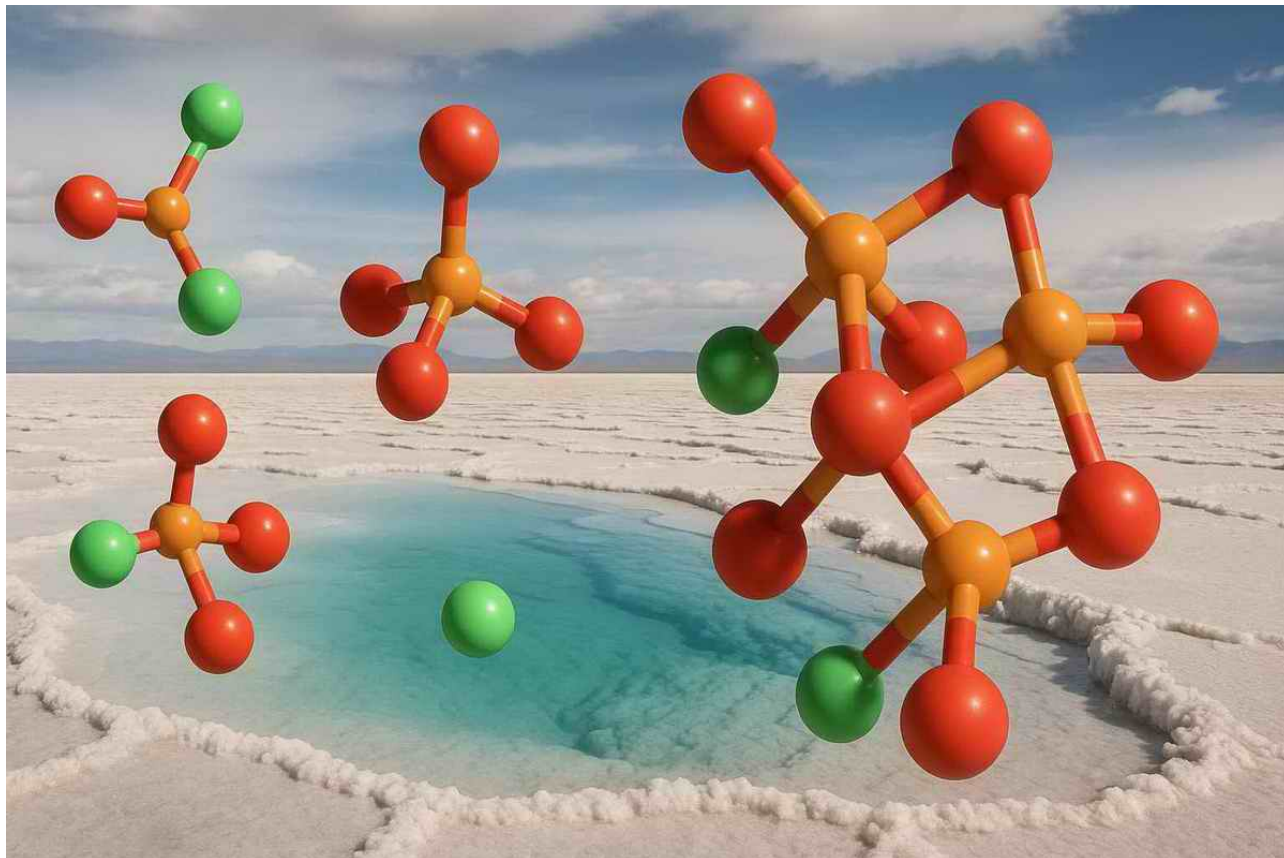


Литий и тайна бора: как «инопланетная» химия рассолов меняет понимание добычи ключевого металла будущего



Дата публикации: 06.06.2025

Скрытые под слепящими белыми корками солончаков высокогорных регионов Южной Америки и Азии, литиевые рассолы веками находились вне поля зрения науки. Однако сейчас, когда литий стал фундаментом для аккумуляторов, электромобилей и перехода к чистой энергии, внимание к этим подземным соляным резервуарам достигло нового уровня. В недавно опубликованном исследовании в журнале *Science Advances* учёные обнаружили неожиданный химический механизм, управляющий поведением этих рассолов: ключевую роль в формировании их состава и кислотности играет не карбонат, как предполагалось ранее, а бор — элемент, нередко ассоциируемый с вулканизмом и даже космическими телами.

Исследование было сосредоточено на крупнейшем в мире месторождении лития — солончаке Салар-де-Уюни в Боливии. Вместо добычи руды, здесь литий извлекается из подземных резервуаров сверхсолёной воды. По мере того как вода испаряется в прудах под жарким андйским солнцем, концентрация солей

— включая литий, бор и магний — резко возрастает. Исследователи анализировали химический состав рассолов и солей на разных этапах испарения, а также использовали компьютерные модели, чтобы выяснить, какие вещества и реакции управляют уровнем pH и структурой минералов.

Оказалось, что традиционные представления о щелочности и кислотности, основанные на участии карбонатных и бикарбонатных **ионов**, не применимы к этим системам. В богатых литием рассолах, как показал анализ, доминирующую роль играет бор в виде борной кислоты и боратов, которые в зависимости от концентрации и pH изменяют химическое равновесие. При испарении борная кислота распадается, высвобождая ионы водорода, что делает раствор более кислым. Таким образом, именно бор — а не карбонат — задаёт уровень кислотности, влияет на химические превращения и может существенно менять эффективность процессов извлечения лития.

Особую важность открытия придаёт тот факт, что результаты были подтверждены на глобальном уровне. Учёные проанализировали более 300 образцов рассолов из ключевых районов добычи лития: Чили, Аргентины, Боливии и Тибетского нагорья. В большинстве случаев бор выступал в роли основного регулятора pH, что делает это открытие универсальным для литиевой геохимии.

Эти данные не только расширяют представления о формировании солончаковых систем, но и имеют непосредственные прикладные последствия. Понимание роли бора позволяет точнее управлять химическими процессами в испарительных бассейнах, минимизировать потери лития, избегать накопления нежелательных примесей и разрабатывать более экологически устойчивые способы обращения со сточными водами.

Кроме того, новая геохимическая модель рассолов имеет значение для будущего литиевой промышленности: появляется возможность разрабатывать более точные методы разведки и оценки качества ресурсов, особенно в условиях изменяющегося климата и дефицита пресной воды. Оптимизация процессов может позволить снизить нагрузку на водные экосистемы, которые особенно уязвимы в высокогорных регионах.

С научной точки зрения находка также даёт основание переосмыслить химическую эволюцию засушливых палеоозёрных систем на Земле — и, возможно, даже аналогов на Марсе или других планетах, где бор также присутствует в геологической записи.

Таким образом, геохимия литиевых рассолов оказывается гораздо более сложной и «инопланетной», чем представлялось ранее. Внимание к таким

элементам, как бор, открывает новые горизонты для научного и технологического прогресса в эпоху энергетического перехода.

Ссылка: «Роль бора в регулировании pH литиевых рассолов» DOI: [10.1126/sciadv.adw3268](https://doi.org/10.1126/sciadv.adw3268).