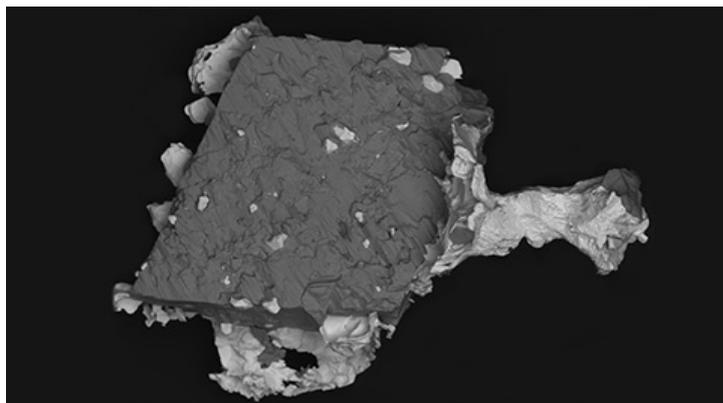


# Учёные СФУ изучили золотоносный минерал арсенопирит

Исследователи из Красноярска и Томска изучили микроструктуру минерала арсенопирита ( $\text{FeAsS}$ ), отобранного из руд месторождений Енисейского кряжа (Красноярский край). Выяснилось, что повышенные концентрации золота (в том числе «невидимого») ассоциированы с «нешаблонными» арсенопиритами, имеющими различные погрешности химического состава и кристаллической структуры. Основные результаты работы [опубликованы](#) в журнале *Minerals*.



Арсенопирит широко распространён в природе. Минерал хрупок и при сильном ударе издаёт резкий запах чеснока — этой особенностью он обязан высокому содержанию мышьяка, который традиционно добывают из арсенопиритового сырья. Арсенопирит интересен ещё и тем, что в значительных количествах встречается на золоторудных месторождениях — это тесное соседство давно натолкнуло геологов на мысль, что золото можно искать там, где встречаются поблёскивающие игольчатые или ромбические кристаллы оловянно-белого цвета.

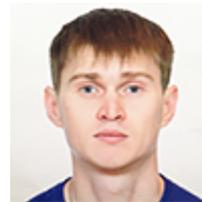
*«Связь золота с арсенопиритом может проявляться по-разному. Видимое золото (различимое невооружённым глазом или в микроскоп) может находиться в кристаллах арсенопирита в виде включений, в сростаниях с ним, заполнять трещины в минерале. Но существует ещё и так называемое „невидимое“ (или упорное) золото. Его не видно даже в микроскоп. Это золото „прячется“ в минерале под видом нановключений самородного металла, или же в виде отдельных атомов. Вот как раз в последнем случае возможны разные варианты. Атом золота может занимать место другого атома в структуре арсенопирита — например, замещать атом железа, или мышьяка, или серы. В другом случае атомы золота могут встраиваться в пустоты кристаллической решётки минерала (нам кажется, что твёрдое тело плотное и не имеет свободного пространства, однако на атомарном уровне существует много пустот). И, наконец, атомы золота могут занимать „дефекты“ кристаллической решётки минерала (разного рода вакансии, дислокации)», — сообщил инженер R&D-центра ГМК «Норильский Никель» СФУ, ведущий инженер кафедры геологии, минералогии и петрографии **Сергей Сильянов**.*



Авторы статьи рассказали, что изучение арсенопирита методом мёссбауэровской спектроскопии позволило уточнить положение атомов железа и их ближайшее окружение в структуре минерала. Оказалось, что в отличие от идеального арсенопирита, где каждый атом железа по октаэдру окружен тремя атомами серы и тремя мышьяка, в природном варианте атомы железа могут иметь иное окружение с различным соотношением серы и мышьяка. Например, железо в окружении шести атомов серы, или в любых других комбинациях. Наличие подобных «ошибок» в структуре связано с физико-химическими условиями образования минерала.

Учёные обнаружили ещё один интересный факт: даже при большой доле атомов железа с иным, не идеальным окружением, арсенопирит остаётся... арсенопиритом! То есть полностью сохраняет свою кристаллическую структуру, что подтвердили дополнительные рентгеноструктурные исследования.

*«Нам удалось продвинуться в понимании механизма формирования связанного золота в арсенопиритах с помощью изучения лигандного окружения атомов железа. Ранее такие детальные исследования в арсенопиритах не выполнялись. В нашем случае лигандное окружение железа было изучено на большой выборке образцов природных арсенопиритов, что и позволило в итоге выделить ряд интересных закономерностей»,* — сообщил соавтор исследования, сотрудник Института физики им. Л. В. Киренского ФИЦ КНЦ СО РАН **Юрий Князев**.



*«Вопрос „невидимого“ золота очень актуален в последнее время, не только для фундаментальной науки, но и с прикладной точки зрения. Большое его количество в рудах, усложняет процесс извлечение металла — вот почему „невидимое“ золото и содержащие его руды называют ещё „упорными“. Такого золота на различных месторождениях может быть очень много. Крупное видимое золото легко обогащается традиционными гравитационными методами, основанными на высокой плотности металла. В случае с „невидимым“ золотом такие схемы обогащения не работают. Приходится применять более изощрённые методы»,* — продолжил **Сергей Сильянов**.



На сегодняшний день коллективу сибирских учёных удалось косвенно показать, что доля золота в арсенопирите увеличивается при снижении его структурной и химической стехиометрии (то есть, чем менее «идеален» минерал, тем больше у него шансов «приютить» внутри себя золото). Что дальше? Исследователи утверждают, что арсенопирит не так прост, как кажется на первый взгляд. Особенности его химического состава и структуры требуют тщательного изучения и объяснения.

*«В начале декабря мы изучили арсенопириты на Курчатовском источнике синхротронного излучения. В дальнейшем планируем исследовать состояние золота в наших образцах — такие исследования возможны на синхротроне в Гренобле. Надеемся, что эта работа позволит понять, как извлекать „упорное“ золото с наименьшими потерями для отечественной и мировой промышленности»,* — резюмировали **красноярские учёные**.

Сообщается, что работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-35-90017\19) и Правительства Российской Федерации (проект № 14.Y26.31.0012).

[Пресс-служба СФУ](#), 27 декабря 2019 г.

© Сибирский федеральный университет. Редакция сайта: +7 (391) 246-98-60, [info@sfu-kras.ru](mailto:info@sfu-kras.ru).

Адрес страницы: <https://news.sfu-kras.ru/node/22626>