

## Автоматический поиск тонкодисперсных золотых фаз в слабо минерализованных горных породах с помощью СЭМ TESCAN с системой микроанализа AZtec Automated

При исследовании слабо минерализованных горных пород и выявлении особенностей топографии распределения в них тонких золотых фаз (а также их состава и морфологии) геологи и обогащители минерального сырья вынуждены чаще применять высоко локальные методы анализа, чем при изучении типичных золотых руд.

Сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) в комплекте с системой микроанализа (обычно ЭДС) позволяет получать *одновременно* как изображение, так и локальный элементный состав каждой фазы, что дает возможность оператору однозначно установить, является ли найденное в образце породы яркое включение золотым. Так, исследовав всю доступную площадь поверхности образца и собрав ЭДС-спектры с каждой фазы, которая потенциально (по яркости на электронном изображении) может быть искомой, оператор СЭМ в итоге делает вывод о количестве золотосодержащих включений в данном образце. Очевидно, подобного рода исследования очень трудоёмки, в особенности при исследовании тонкодисперсных золотых образований, а также, если в образце, помимо золотых включений, встречаются другие минералы, яркость которых на электронных изображениях близка к яркости золота (например, галенит). Также, при поиске вручную никогда нельзя быть уверенным, что оператор обнаружил в образце действительно *все* золотые фазы крупнее некоторого порогового значения. Покажем, как можно вывести задачу поиска труднообнаружимых минералов на качественно новый уровень с помощью СЭМ, оснащенного системой автоматического поиска и анализа частиц AZtecEnergy Automated.

Целенаправленный поиск тонкодисперсных золотосодержащих фаз проводился в порошковой пробе, полученной от измельчения седиментолитов (на рис. 1 общий вид пробы). Проба была предоставлена В.В. Ивановым (Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток) для апробации оборудования и программного обеспечения. Работа выполнялась на сканирующем электронном микроскопе MIRA 3 LMN производства TESCAN (Чехия), оснащенный системой энергодисперсионного микроанализа AZtecEnergy Automated производства Oxford Instruments (Великобритания). Использовался программный модуль для автоматического поиска и анализа частиц AZtecFeature. Настройки автоматического поиска:

- регистрировались все частицы, в которых концентрация золота выше предела обнаружения EDS-спектрометра;
- минимальный размер искоемых частиц 450 нм, частички золота меньше этого порогового значения игнорировались;
- шаг сканирования электронным зондом составлял 200 нм;
- сканировалась вся доступная площадь поверхности образца (в данном случае 55 мм<sup>2</sup>, рис. 1). Чтобы покрыть всю площадь, столик образцов автоматически перемещается от участка к участку.

На **автоматический сбор данных** потребовалось **2 часа**, в результате система обнаружила **10 штук** золотосодержащих частиц размером от 1 до 5 мкм. Поскольку автоматическое сканирование не требует присутствия оператора, было использовано ночное время. Примечательно, что эта же проба предварительно была исследована оператором в **«ручном» режиме**, и за **12 рабочих смен** оператор обнаружил **только 6 золотых частиц**.

Обычная практика пробоподготовки для минералогического анализа на СЭМ — это изготовление аншлифа, но в данном случае образец не полировался из-за риска утери золотосодержащих частиц, а также потому, что требовалось получить нативные изображения золотых микровключений. Чтобы ярко выраженный рельеф поверхности образца не помешал бы автоматическому поиску Au-частиц, работа проводилась в режиме сканирования Depth с расширенной глубиной фокуса (запатентованная технология TESCAN), благодаря чему при перемещении столика образцов от участка к участку все поля обзора остаются в фокусе.

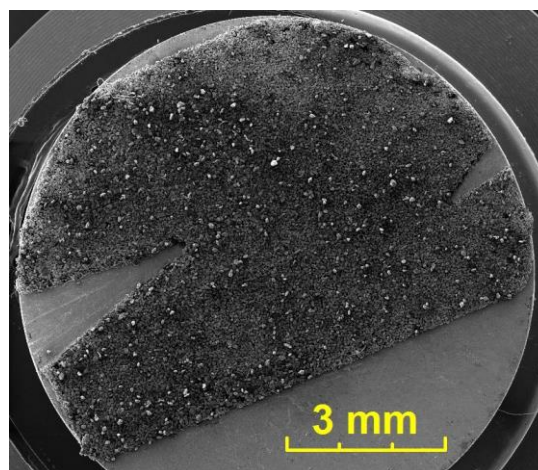


Рис. 1 – Общий вид порошковой пробы

Изображения некоторых обнаруженных золотых частиц представлены на рис. 2. Как видно, это весьма тонкое морфологически причудливое золото.

Отметим, что для того, чтобы подобный автоматический поиск частиц с заранее заданными параметрами стал возможен, требуется СЭМ с прецизионным столиком образцов, который моторизован по всем координатным осям.

Все модели микроскопов TESCAN, кроме самой бюджетной VEGA SB, имеют столик образцов, моторизованный по всем осям; и точность воспроизведения координат столика более чем достаточна для успешной реализации данного метода.

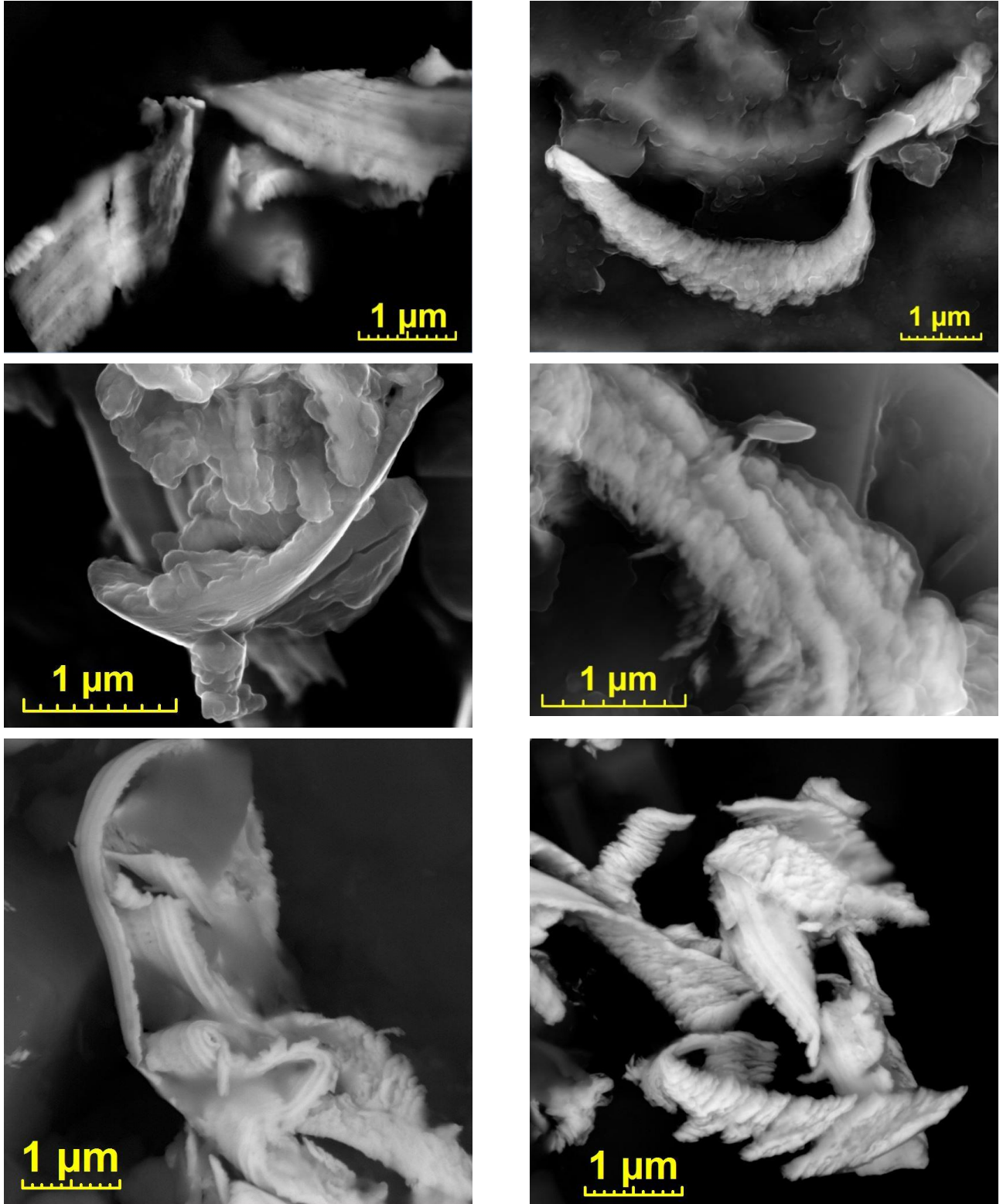


Рис. 2 – Частички золота, обнаруженные в порошковой пробе.

Поиск выполнялся с помощью системы автоматического поиска и анализа частиц AZtecFeature