

Золото в углеродистых породах бассейна Витватерсранд

Новая выставка в зале № 12
Музея землеведения МГУ
(27-й этаж)

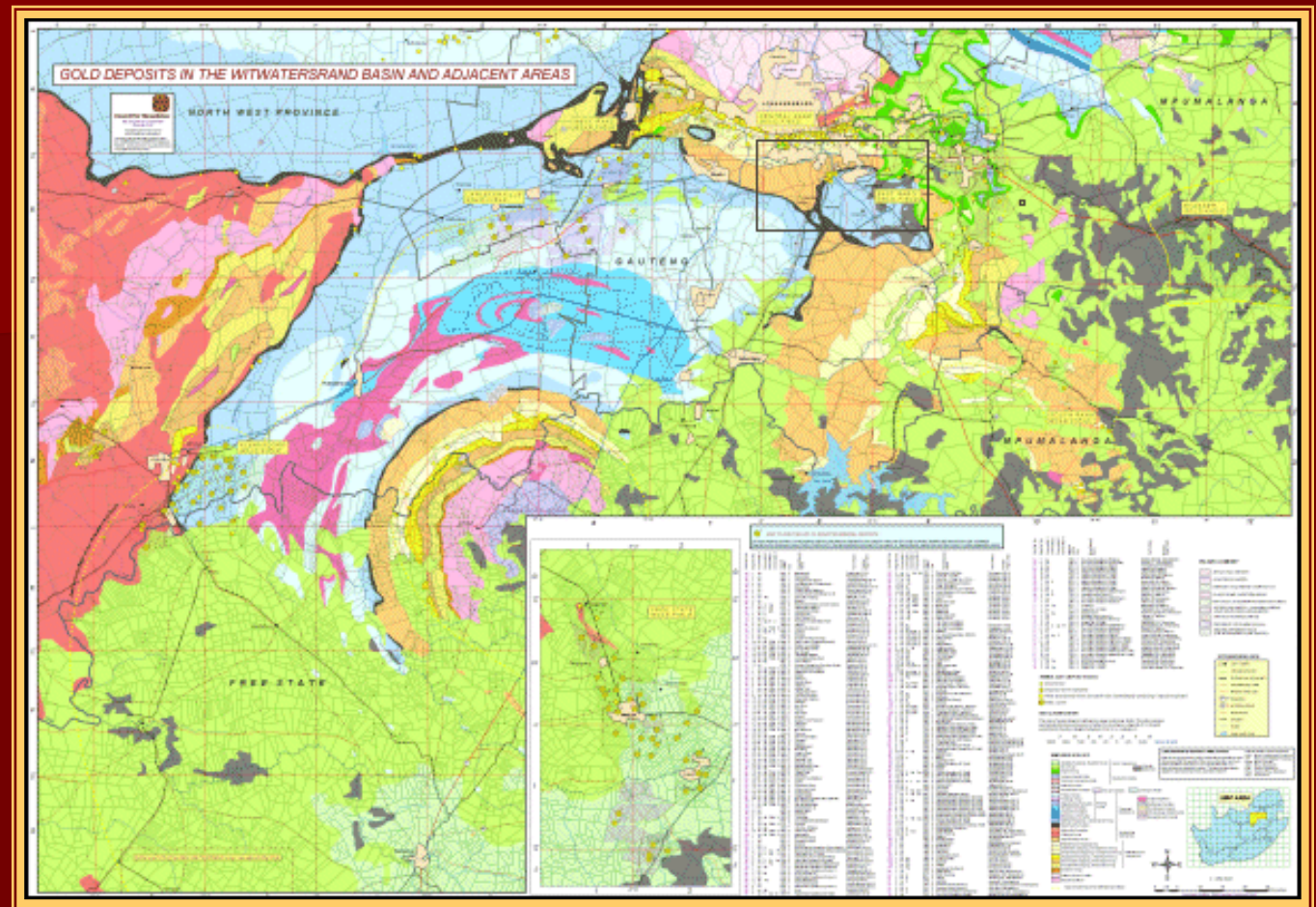
Выставка посвящена результатам исследований углеродистого вещества из золотоносных руд бассейна Витватерсранд (ЮАР), проводившихся с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ).

Исполнители: **Э.Л. Школьник, Е.А. Жегалло, Л.М. Герасименко, Ю.В. Шувалова** (Дальневосточный геологический институт РАН, Палеонтологический институт РАН, Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН).

Натурные экспонаты — из коллекции члена-корреспондента РАН **Ю.Г. Сафонова** (Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН).

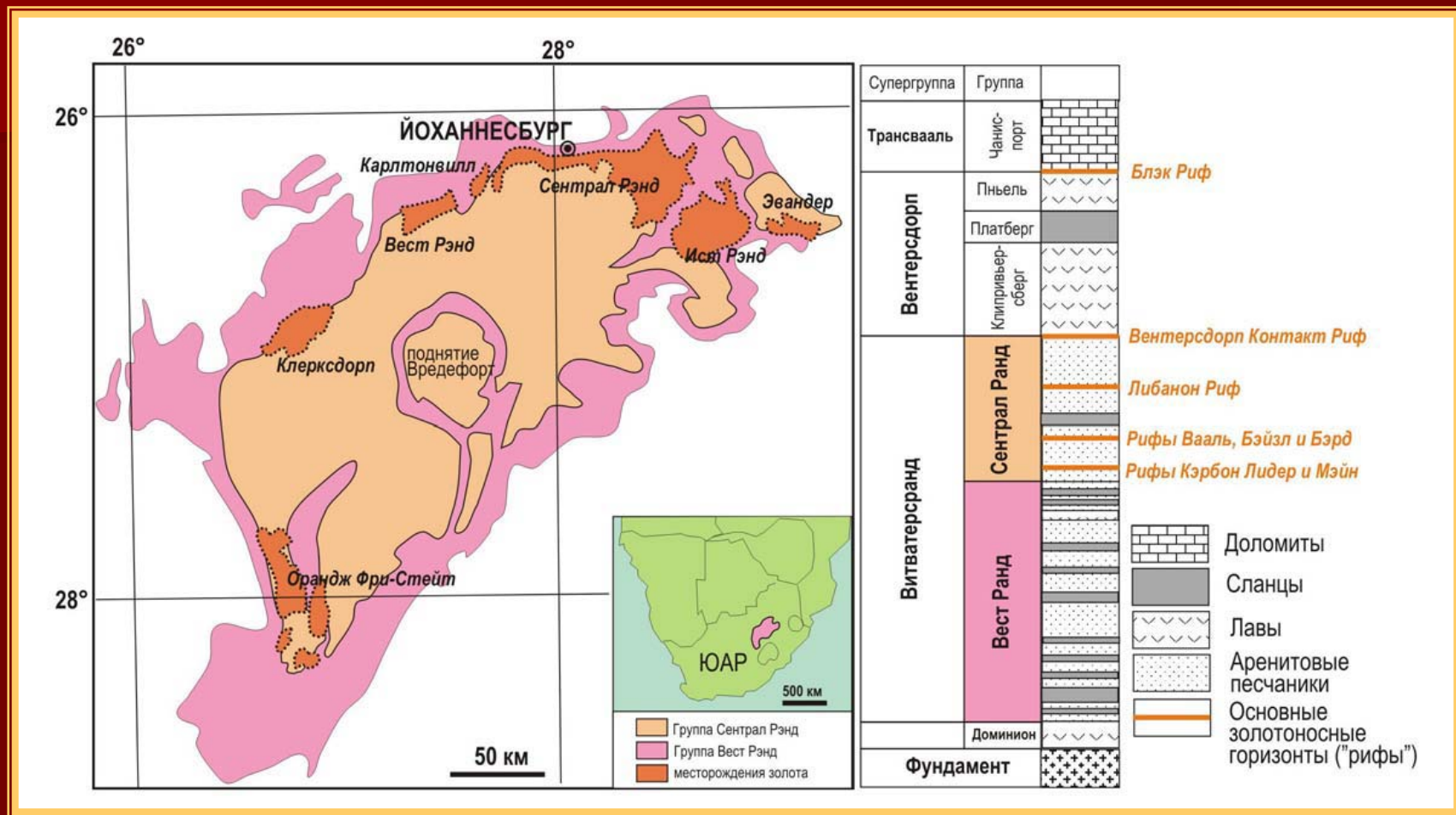
Исследования выполнялись в рамках Программы 25 Президиума РАН «Происхождение и эволюция биосферы» (подпрограмма II) и при финансовой поддержке РФФИ по гранту № 03–05–64499 и НШ 974.2003.5





Позднеархейский бассейн Витватерсранд известен феноменальными содержаниями золота в рудах, достигающими десятков процентов. За всю историю эксплуатации месторождений Витватерсранда здесь добыто свыше 50 тысяч тонн желтого металла. В настоящее время не менее 30% ежегодной мировой добычи золота приходится на этот регион. Наиболее высокие концентрации золота приурочены к углеродистым слойкам со столбчатой микроструктурой (так называемым «тухолитам»), непосредственно подстилающих пласты конгломератов.

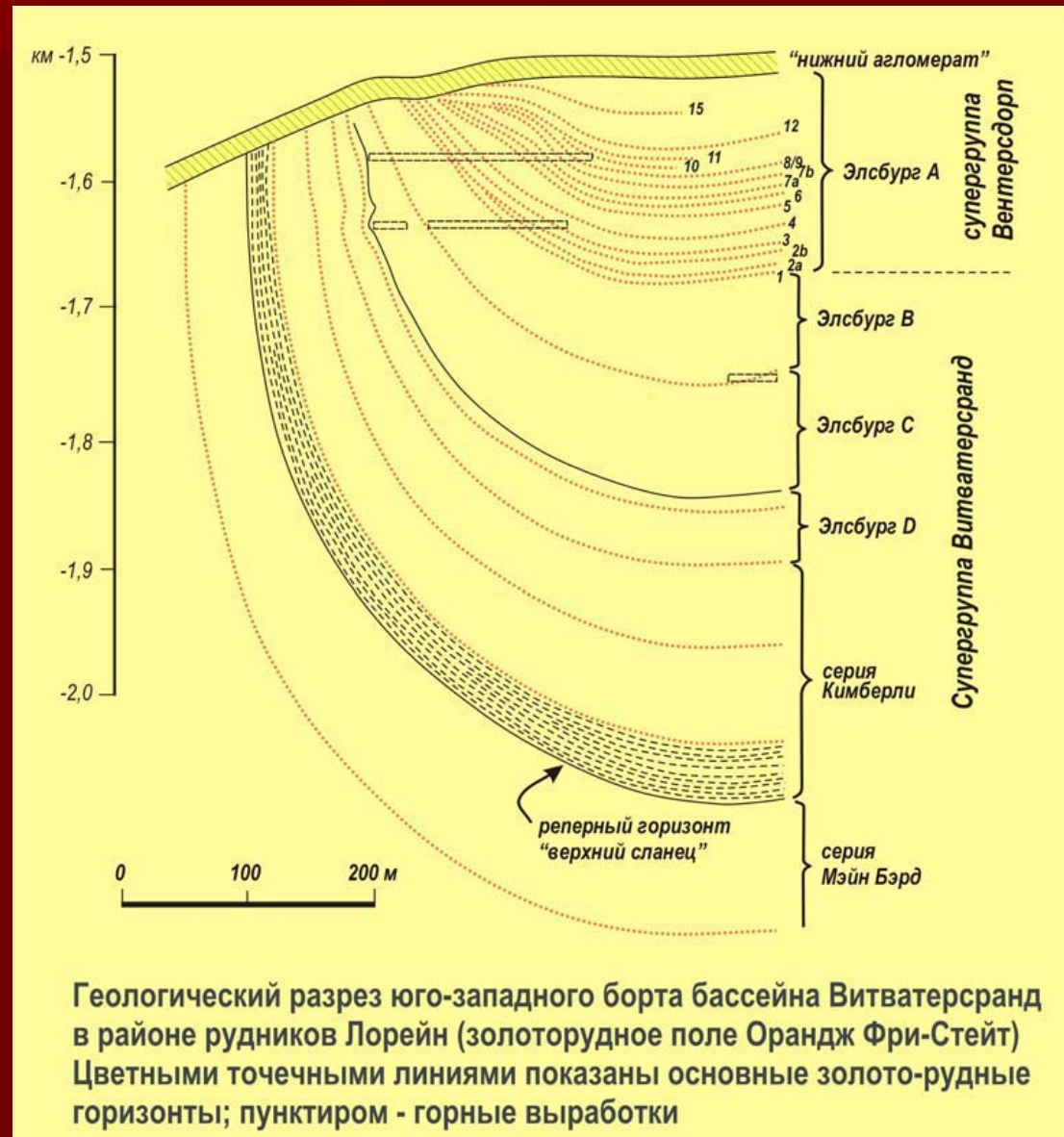
ГЕОЛОГИЯ БАСЕЙНА ВИТВАТЕРСРАНД [Barnicoat et al., 1997]



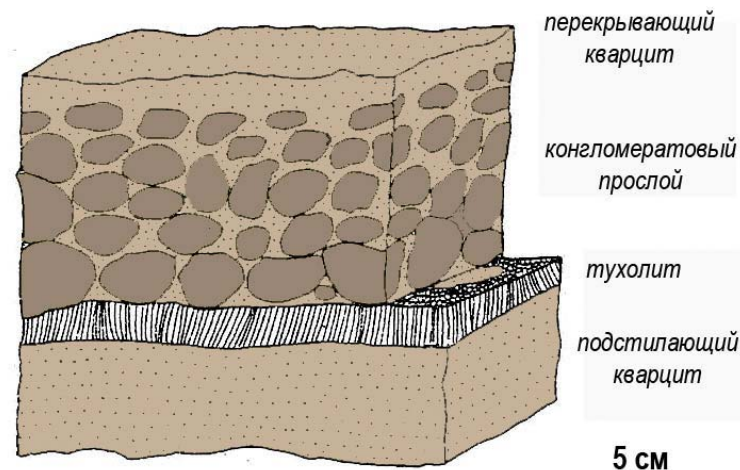
Золотоносный бассейн Витватерсранд приурочен к эпиплатформенной впадине Каапвальского кратона — жесткой плите гранит-зеленокаменного пояса (радиометрический возраст 3,5–3,6 млрд. лет). Размеры бассейна 460 × 60–150 км. Это крупное понижение (синклиорий) выполнено многокилометровой (более 4 км) толщей обломочных отложений — кварцитами, гравелитами, глинистыми сланцами, песчаниками, конгломератами. В разрезе бассейна выделяются две супергруппы — нижняя (Витватерсранд, 2,8–2,7 млрд. лет) и верхняя (Вентерсдорп, 2,7–2,63 млрд. лет).

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ В РАЙОНЕ РУДНИКОВ «ЛОРЕЙН» (РУДНОЕ ПОЛЕ ОРАНДЖ ФРИ-СТЕЙТ)

Отложения верхней супергруппы по золотоносности богаче нижней. Они включают основные золотоносные «риффы» олигомиктовых конгломератов мощностью до 50 м. В наиболее богатом рудоносном интервале присутствует до 15–18 горизонтов продуктивных конгломератов, мощность которых колеблется от 0,5 до 2,4 м. Будучи исключительно плотными, вместе с кварцитами они образуют выступающие на дневной поверхности останцы, получившие укоренившееся за ними название «риффы», а их промышленно рудоносные части называют «банкетами». На рисунке показан поперечный разрез через такой «рифф». В конгломератах золото обычно содержится в цементе, карбоне (углеродистых обособлениях), в сульфидах. В цементе оно обычно тонкозернистое. Отмечено, что с увеличением размера галек возрастает содержание золота.



Обращает на себя внимание наличие в основании пластов конгломератов тонких слоев углеродистой породы мощностью до 3–6 см. Они сложены высокоуглеродистым (до 30–40% Сорг.) веществом и имеют столбчатую внутреннюю структуру, ориентированную перпендикулярно к слоистости. Углеродистые породы, часто содержащие уранинит, давно обозначались местными геологами термином «тухолит». Мощности этого столбчатого слоя широко варьируют по простиранию вплоть до полного выклинивания, но через десятки – сотни метров он обычно вновь появляется.



Углеродистый слой со столбчатой микроструктурой («тухолит»), залегающий между конгломератами и кварцитами



**МЕТАМОРФИЗОВАННАЯ
УГЛЕРОДИСТАЯ ПОРОДА
СО СТОЛБЧАТОЙ МИКРОСТРУКТУРОЙ
— «ТУХОЛИТ»**

Поздний архей,
супергруппа
Витватерсранд,
риф Карбон Лидер

МЗ МГУ
Из коллекции
Ю.Г. Сафонова
(ИГЕМ РАН)

Проведенными исследованиями подтвердилась высказанная еще в 80-х годах прошлого столетия точка зрения о микробильной природе тухолитов. Они представляли собой микробильные маты, сравнимые с современными галофильными цианобактериальными матами, формирующимися на дне засоленных лагун и отшнурованных водоемов.



в районе рудников Горей (золото-рудные)
Цветными точечными линиями показаны основные золото-рудные
горизонты; пунктиром - горные выработки

10 мкм
фрагмент столбчатого углеродистого микрослойка -
возможный остаток цианобактериального мата
Содержание золота - до 10%
графия образца, протравленного в слабой кислоте, сделана
с помощью сканирующего электронного микроскопа

фрагмент столбчатого углеродистого микрослойка -
возможный остаток цианобактериального мата

**КОНГЛОМЕРАТ
С СУЛЬФИДАМИ**
Поздний архей,
супергрупа
Витватерранд,
риф Вентерсдорп-Контакт
МЗ МГУ 37/98
Из коллекции
Ю.Г. Сафонова
(ИГЕМ РАН)

**ЗОЛОТОНОСНЫЙ КВАРЦИТ
ОБОГАЩЕННЫЙ ОРГАНИЧЕСКИМ
ВЕЩЕСТВОМ**
Поздний архей,
супергрупа
Витватерранд,
риф Карбон-Лизер
МЗ МГУ 43/98
Из коллекции
Ю.Г. Сафонова
(ИГЕМ РАН)

РУДОНОСНЫЙ КВАРЦИТ

**КОНТАКТ ПРОСЛОЯ
ТУХОЛИТА С
КОНГЛОМЕРАТОМ**
Поздний архей,
супергрупа
Вентерсдорп,
Блок Риф, карьер в восточной
части Центрального Раида,
глубина 100 м
МЗ МГУ 17/02
Из коллекции
Ю.Г. Сафонова
(ИГЕМ РАН)

В столбчатых углеродистых слоях содержания золота феноменальные — достигают 20%. В этих образованиях присутствует не только обломочное, детритное, по сути россыпное золото, но и так называемое биохемогенное золото. В результате кропотливых исследований группы российских ученых под руководством Э.Л. Школьника было установлено, что отложение золота происходило в массе цианобактериального мата, находящегося в стадии отмирания. Предполагается, что похожая ситуация имеет место на завершающих стадиях развития вертикальных нитчатых матов в лагунах озера Сиваш на Азовском побережье Крыма (см. фото). В плотных покровах вертикально растущего цианобактериального мата протекает процесс отложения тончайших пластинок, нитей, скоплений золота между нитями, пучками мата, который находится на стадии отмирания — высыхания (см. фото).



Современный цианобактериальный мат
Microcoleus chthonoplastes в начальной стадии роста
Озеро Сиваш



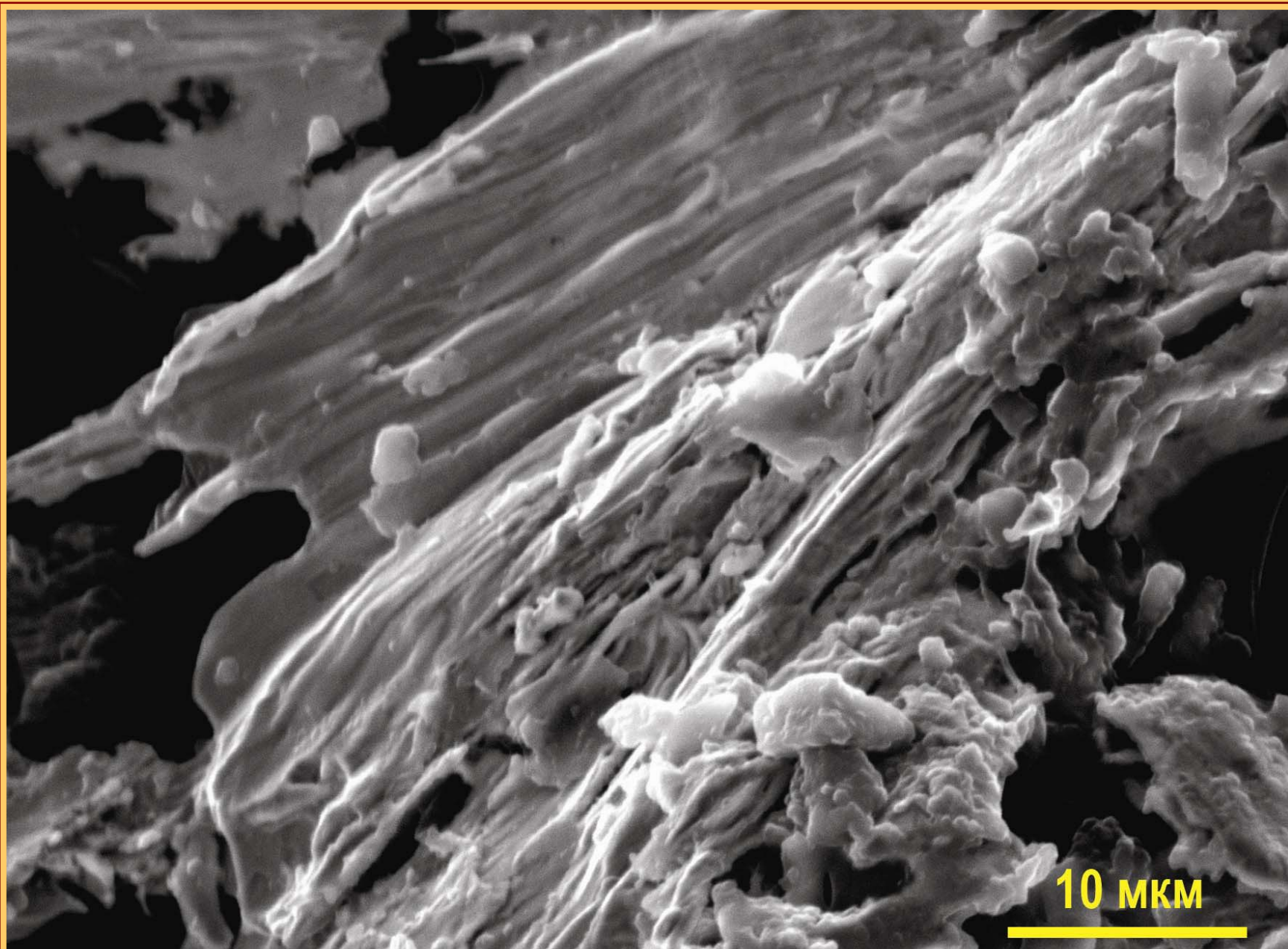
Цианобактериальный мат *Microcoleus chthonoplastes*
в продвинутой стадии роста. Озеро Сиваш

Хорошим примером таких обстановок является озеро Сиваш. Вертикально ориентированные столбчатые образования цианобактериальных матов формировались в периоды опреснения мелководного водоема за счет периодически увеличивавшегося речного стока, который обеспечивал привнос тонкодисперсного золота. Обмеления бассейна приводили к высыханию матов, накоплению золота в массе органического ила, фоссилизации. При повышении уровня моря происходил частичный размыв золотоносных образований и их переотложение в пластах конгломератов. Чередование повышений и понижений относительного уровня моря запечатлелось в слоистом строении верхнеархейской толщи, а сами золотоносные горизонты получили здесь наименование «рифы».

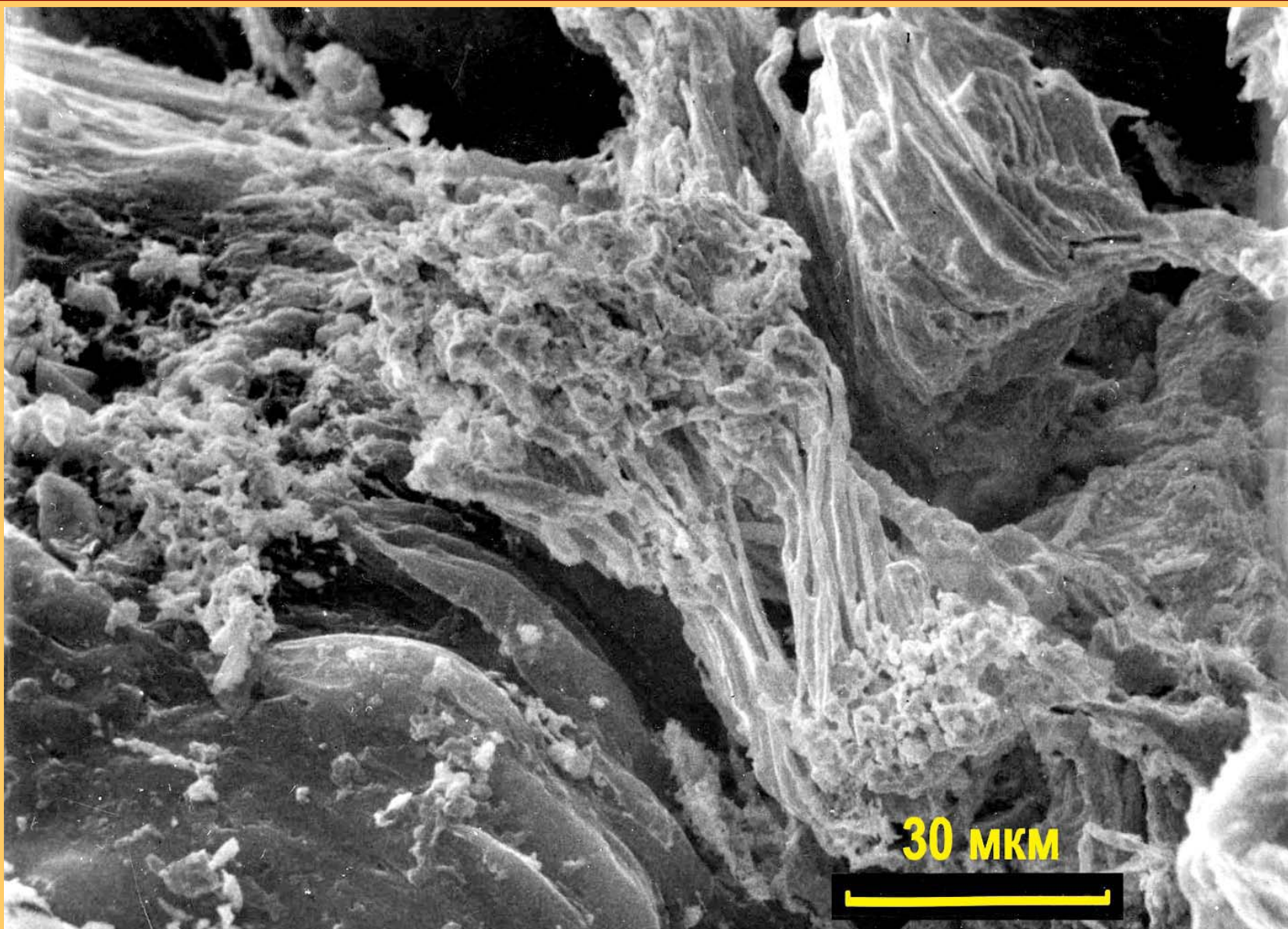


Заключительная стадия роста цианобактериального мата
Microcoleus chthonoplastes. Озеро Сиваш
Фотография в сканирующем электронном микроскопе

- Сам процесс отложения золота более адекватно описывается как репликация по биологической матрице, т.е. идет процесс не просто отложения золота биологической субстанцией, а определенные реакционные взаимодействия с ней, но не в результате биологического роста, а наоборот — отмирания.
- Подобный процесс замещения мог происходить, скорее всего, в виде ионного раствора при высочайшей концентрации в нем золота, обеспечиваемой мощным потоком речных вод. Вероятно, такие потоки предшествовали поступлению галечного материала, давшего конгломератовые слои. Золото, содержащееся в столбчатых слойках тухолита мощностью всего в 4 см, при отработке пласта мощностью 90 см обеспечивает среднее содержание металла в руде до 10 г/т.
- Проведенные Э.Л. Школьниковом, Е.А. Жегалло, Л.М. Герасименко и Ю.В. Шуваловой исследования во многом будут способствовать изучению проявлений золотоносности конгломератов в древних толщах на территории России, в частности, в пределах Анабаро-Алданского кратона (см. Избеков и др., 2005).



Участок сплошного развития нитей золота
Фотография в сканирующем электронном микроскопе



Изгибающиеся пучки нитчатых форм золота
Фотография в сканирующем электронном микроскопе

ЛИТЕРАТУРА

- Школьник Э.Л., Жегалло Е.А., Герасименко Л.М., Шувалова Ю.В. Углеродистые породы и золото в них бассейна Витватерсранд, ЮАР — исследования с помощью электронного микроскопа. М., Эслан, 2005, 120 с.
- Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н., Солодов Н.А. Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов. М., НИА Природа, 1999, 299 с.
- Избеков Э.А., Подъячев Б.П., Разин Л.В. Проблема выявления в пределах Анабаро-Алданского кратона Сибирской платформы аналогов золотых гигантов с попутной платиновой металлоносностью — месторождения типа Витватерсранда. Изв. Секции наук о Земле РАЕН, вып. 14, 2005, с. 19–28.
- A. C. Barnicoat, S. J. Jolley, G.M. Phillips, S. R. Freeman. Structural controls on gold mineralisation in the Ventersdorp Contact Reef, Witwatersrand Basin, South Africa
- J. A. Ward, G. F. Slater, D. P. Moser et al. Microbial hydrocarbon gases in the Witwatersrand Basin, South Africa: Implications for the deep biosphere // *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2004. Vol. 68, No. 15, pp. 3239–3250.