

## О ГЕНЕЗИСЕ ДОКЕМБРИЙСКИХ ЗОЛОТОНОСНЫХ КОНГЛОМЕРАТОВ

Ю. П. ИВЕНСЕН, В. И. ЛЕВИН (ЯФ СО АН СССР)

Происхождение золота в конгломератах Витватерсранда считается дискуссионным. Некоторые исследователи (преимущественно американцы) считают золото, уранинит и пирит, весьма обильный в цементе конгломератов, гидротермальными минералами [13, 14, 15]. Африканские геологи рассматривают месторождения Витватерсранда как осадочные, в своей основе кластогенные, слегка измененные последующим метаморфизмом [1, 9]. Отдельные геологи, принимая осадочный генезис золота, считают его не кластогенным, а диагенетическим минералом [18]. Существуют также компремиссы между этими крайними точками зрения концепции, на которых можно не останавливаться.

Гидротермалисты, как правило, игнорируют общие геологические особенности распределения золота и концентрируют внимание на его минералогических особенностях: своеобразной морфологии золотинок (проволочки, дендриты, кристаллики, редкие окатанные зерна), наличии сростков золота с пиритом, уранинитом и другими минералами. Они полагают, что широкое распространение пирита в цементе (местами до 40% объема породы) и отсутствие магнетита, а также титаноциркониевых минералов не может определяться седиментацией и эпигенезом и объяснимо лишь гидротермальным метаморфизмом с привнесом серы. По существу, все доводы в пользу гидротермального происхождения золота ограничиваются этими соображениями [13, 14, 15, 16].

Осадочное происхождение золота может быть обосновано рядом фактов, главным образом геологических: а) в мощной толще отложений систем доминион, витватерсранд, вентерсдорп, трансвааль (свыше 10 000 м) золотоносны только немногочисленные пласты конгломерата, при общем пологом залегании толщи; б) золото распределено главным образом в подошве конгломератовых пластов, причем обогащенные золотом участки образуют струи, совпадающие с направлениями палеопотоков; в) в верхней половине толщи (системы вентерсдорп, трансвааль) золотоносны только базальные конгломераты, трансгрессивно лежащиеся на породы систем доминион-витватерсранд, при этом они золотоносны только в тех пунктах, где они налегают непосредственно на золотоносные горизонты подстилающих отложений. Следовательно, кластогенное происхождение золота в конгломератах двух верхних систем (горизонты Вентерсдорп-контакт и Блек-риф) не может вызы-

вать сомнений, между тем морфология золота и его взаимоотношения с сопровождающими минералами здесь такие же, как и в золотоносных конгломератах подстилающих систем; г) статистическая обработка сотен тысяч проб показывает наличие четкой корреляции распределения золота и несомненно обломочных минералов (хромит, осмистый иридий) и отсутствие корреляции в распределении золота, пирита и уранитита; д) осадочная толща, содержащая золотоносные конгломераты, сечется кварцевыми жилами. Эти жилы в целом безрудны, но на ограниченных интервалах по их восстанию, там, где они пересекают пласты золотоносного конгломерата, в жильном кварце появляется золото. Следовательно, раствор, из которого выпадал кварц, не являлся изначально золотоносным, напротив, он заимствовал золото из пластов конгломерата и не переносил его на сколько-нибудь значительное расстояние по восстанию жилы [1, 9, 16, 19, 20, 22, 23].

Химическая инертность золота обусловила его преимущественно механическую миграцию в осадочной оболочке. Крупное золото россыпей составляет весьма незначительную долю от общего количества кластогенного золота, рассеянного в осадочных породах. Постепенно истираясь, оно переходит в тонкодисперсные механические взвеси (суспензии), затем в золи, переносимые поверхностными водами на значительные расстояния, наконец в истинные растворы. Хемогенная концентрация золота в осадках конечных водоемов стока, несомненно, имеет место, но в очень ограниченных фациальных условиях. Уверенно можно говорить только о хемогенном золоте «черных сланцев» фации сероводородного заражения [3].

Можно построить фациальный ряд отложений, содержащих золото различной степени дисперсности. В начале ряда будет делювий и крупногалечный речной аллювий (промышленные россыпи с грубым кластогенным золотом), в конце ряда — «черные сланцы» с хемогенным золотом. Особенности золота в промежуточных звеньях ряда (отложения аллювиальных равнин, речных дельт, прибрежных фаций) почти не изучены, но факты присутствия кластогенного золота в тонкозернистых осадках известны [11].

Наиболее богатые россыпи формируются в русловом аллювии, в условиях плотиковой динамической фазы. Крупное золото находится в гидродинамическом равновесии с наиболее крупной фракцией аллювия. В условиях равновесной и покровной динамических фаз формируются надплотиковые, в том числе косовые россыпи, с более низкими концентрациями более мелкого золота. Соотношение плотиковых и надплотиковых концентраций золота (россыпей) по мере движения вниз по долине изменяется, в условиях аллювиальной равнины надплотиковые концентрации преобладают. В дельтовую и прибрежную область сносится еще более мелкое золото. По гидродинамическим расчетам, в зоне речных дельт частицы золота размером в 0,003 мм уже не могут перемещаться сальтацией по дну и тем более в водном потоке во взвешенном состоянии. Все же и в этих условиях вполне отчетливо проявляется гидродинамическое равновесие, и частицы золота выпадают совместно с наиболее крупными фракциями аллювия [5].

В последнее время были хорошо изучены золотоносные среднепротерозойские конгломераты Карелии. В них наиболее золотоносными оказались конгломераты дельтовой фации [10]. На Витватерсранде выдержанные горизонты конгломератов являются основанием трансгрессивных пачек пород, отложенных после местных или региональных эрозионных перерывов. В тылу трансгрессии эти конгломераты являются прибрежно-морскими, а во фронтальной части — дельтовыми. Максимальная золотоносность приурочена к дельтам четырех палеорек [18].

Конгломераты содержат настолько мелкое золото, что с ними не связаны четвертичные россыпи.

С конгломератами русловых и предгорно-веерных фаций, которые в массе также содержат очень мелкое золото (неоген Юго-Западного Таджикистана, юра Западного Прибайкалья), отчетливо связаны четвертичные россыпи. Этот факт доказывает, что помимо преобладающего мелкого золота в них содержатся также крупные золотишки, сконцентрированные в четвертичной аллювии. В пермских конгломератах Кавказа или в конгломератах мотской свиты Присаянья помимо крупных золотинок также содержится дисперсное золото, на долю которого приходится свыше 50% от общего содержания.

Геологические особенности распределения золота на Витватерсранде доказывают, что мы имеем дело с кластогенным дисперсным золотом. Последующие процессы (эпигенез, ранний метаморфизм) не оказали влияния на общий план его распределения. Но морфология золотинок показывает, что широко проявлялся процесс переотложения золота типа собирательной перекристаллизации. Для него не требуется ни значительного повышения температуры, ни воздействия гидротерм, так как этот процесс осуществляется даже в некоторых молодых россыпях [2, 8]. В конгломератах мотской свиты Присаянья, мукунской свиты Оленекского поднятия можно видеть, что кристаллические или дендритообразные золотишки возникли в результате нарастания золота на окатанную золотишку.

Масштаб местного перемещения золота увеличивается на тех площадях Витватерсранда, где развита послевентерсдорпская мелкая складчатость. Там промышленные содержания золота внутри пласта конгломератов приурочены к сводам антиклиналей, а синклинали почти лишены золота [17]. Уранинит на Витватерсранде долгое время рассматривался как несомненно гидротермальный минерал, однако более детальное изучение позволило основную массу уранинита считать как на Витватерсранде, так и Блайнд-Ривер кластогенной [21, 22].

Ф. П. Кренделев [6] предложил гипотезу о наличии двух генетических типов оруденения в «древних металлоносных конгломератах»: пиритового, гидротермально-метаморфического (Витватерсранд, Жакобиа, Блайнд-Ривер) и магнетитового, кластогенного (Тарква и др.). К магнетитовому типу Ф. П. Кренделев относит практически самые разнообразные по составу и происхождению древние россыпи, за исключением трех названных выше крупнейших месторождений золота и урана. Поэтому границы «магнетитового типа» крайне неопределенны. Вместе с тем Ф. П. Кренделев утверждает, что «магнетитовый тип» не дает крупных месторождений золота и урана, наличие которых специфично для пиритового типа и обусловлено гидротермально-метаморфическим генезисом последнего.

Нашел ли Ф. П. Кренделев какие-либо новые аргументы для обоснования гидротермального генезиса золота и уранинита в конгломератах Витватерсранда и Блайнд-Ривер? Ф. П. Кренделев не пытается логически обосновать их гидротермальный генезис, но он перечисляет ряд геологических особенностей месторождений «пиритового типа». Это — олигомиктовый состав конгломератов (месторождения «магнетитового типа» заключены, по его данным, в полимиктовых конгломератах), наличие в них кварцево-серицитового с пиритом цемента, метаморфизм фации зеленых сланцев, наличие во вмещающей толще джеспилитов и др. Нельзя согласиться с тем, что эти геологические особенности исключают возможность кластогенного генезиса золота и уранинита.

Олигомиктовый состав конгломератов и наличие в разрезе джеспилитов не могут иметь никакого отношения к уровню метаморфизма и к золотому оруденению, если оно гидротермальное. Можно привести примеры присутствия джеспилитов в конгломерато-песчаных толщах полимиктового состава, содержащих тем не менее в цементе конгломератов серицит, пирит и золото. Такова протерозойская «галечная свита» Западного Прибайкалья [4]. В олигомиктовых же конгломератах с каолинитом в цементе (продукты перемыва каолиновой коры выветривания) серицит может возникать не только при раннем метаморфизме, но и при далеко зашедшем эпигенезе.

Напротив, олигомиктовый состав галек и наличие каолинита (серицита) в цементе становится важным генетическим и поисковым признаком на золотое оруденение осадочного происхождения, так как наиболее крупные месторождения золотоносных и урансодержащих конгломератов приурочены к базальным горизонтам толщ, формирующихся после крупного эрозионного перерыва и перекрывающих мощную, размытую кору выветривания. Это непосредственно фиксируется на Таркве и Блайнд-Ривер и должно было иметь место на Витватерсранде, судя по составу кластогенной толщи.

Хотя в месторождениях Витватерсранда, Жакобины и Блайн-Ривер присутствуют золото и уран, наличие этой пары элементов не является обязательным для олигомиктовых конгломератов с серицитово-пиритовым цементом. В них значительно чаще содержится только один из этих элементов. В названных месторождениях отсутствует корреляция в распределении золота и урана. На Блайн-Ривер золото является второстепенным компонентом, а на Витватерсранде соотношение между золотом и ураном резко меняется в различных пластах конгломерата: знаменитый Майн-Риф, давший около 80% всего добытого золота, почти не содержит урана [12, 21, 22]. Таким образом, отсутствуют реальные признаки существования особого «пиритового типа» оруденения в конгломератах, возникающего только на определенном уровне метаморфизма, с характерным накоплением двух элементов: золота и урана.

В грабенах, выполненных отложениями протерозоя на Алданском щите (Атугей-Нуямский, Давангро-Хугдинский и др.), наблюдаются разрезы кластогенных толщ, принципиально близкие к разрезу Витватерсранда. В них развиты отложения удоканского (нижний протерозой) и маймаканского (средний протерозой) комплексов [5]. Наиболее детально изучен Давангро-Хугдинский грабен, заложенный в толще гнейсов архея. Какие-либо интрузивные или жильные образования в выполняющих грабен отложениях протерозоя отсутствуют<sup>1</sup>. Эти отложения представлены ритмически построенной терригенной, преимущественно континентальной толщей (сланцы, алевролиты, кварцитовидные песчаники, гравелиты, прослои олигомиктовых конгломератов).

Фациальные условия осадконакопления периодически чередовались в такой последовательности: а) прибрежно-морские и дельтовые отложения (ногняжекские кварциты); б) пойменные отложения аллювиальной равнины и потоковые накопления подножий пенеплена (хугдинская свита, низы давангрской свиты); в) лагунные и озерные отложения (кварцитовидные песчаники верхов давангрской свиты); г) отложения аллювиальной равнины и подножий высокого пенеплена (низы уянской серии); д) дельтовые и прибрежно-морские отложения (верхи уянской серии).

\* В пределах Читкандинского грабена карбонатные породы кембрия и угленосные отложения юры прорваны дайками щелочного состава (Прим. ред.)

Конгломераты представлены тремя литологическими типами, характерными для трех стратиграфических уровней (снизу вверх): а) кварцевыми с кварц-гидрослюдистым цементом; б) олигомиктовыми с железисто-хлоритовым цементом (свердловчанский горизонт давангрской свиты); кварцевыми с каолинит-хлорит-гидрослюдистым цементом. По своей золотоносности наиболее интересен средний конгломератовый горизонт (свердловчанский).

Изучение псефометрии конгломератов этого горизонта и морфологии галек указывает на их принадлежность к речному аллювию. Потоки, отлагавшие галечник, были ориентированы вкрест простирания грабена (по падению протерозойской толщи). Распределение золота в толще отложений очень закономерно: из числа проб, взятых в сланцах, золото не обнаружено ни в одной пробе, в песчаниках оно содержится в 4,2% проб, в гравелитах — в 10,7% проб, в конгломератах — в 28,0% проб. Хорошо виден также стратиграфический контроль в распределении золота: по конкулинской свите оно содержится в 3,2% проб, по давангрской — в 24,8% проб. Подавляющая часть проб с золотом приурочена к наиболее крупногалечным конгломератам, сформировавшимся в условиях активного гидродинамического режима.

Общая радиоактивность распределена в толще отложений также неравномерно, наиболее высокого уровня она достигает в конгломератах, что коррелируется с содержанием в породах кластогенных циркона и монацита, а также с общим содержанием в них тяжелой фракции. Все эти особенности распределения золота и общей радиоактивности показывают, что осадочные породы протерозойской толщи не подверглись каким-либо гидротермальным изменениям и золото в них является осадочным (кластогенным). Об отсутствии даже начального регионального метаморфизма говорит наличие в цементе конгломератов каолинита и гидрослюд. Кристаллохимическая формула хлорита  $Mg_{0,89}Fe_{2,1}^{+2}Fe^{+3}_{0,67}Al_{1,88}(Si_{3,05}Al_{0,95})_4 \cdot O_{10,72}(OH)_{7,28}$ , его общая железистость (75,5%) и оптические свойства позволяют его отнести к афросидериту. На диаграмме К. Б. Кепежинскаса [7], наш хлорит попадает в поле эталонных хлоритов осадочных пород. Это также показывает, что изменение протерозойских пород носит характер глубокого эпигенеза, но не регионального или гидротермального метаморфизма. В разностях конгломератов, содержащих каолинит, появляется также бесцветная слюдка, близкая к серициту.

Весьма важен и до сих пор не решен вопрос о происхождении пирита, типичного для конгломератов Витватерсранда. В описываемых конгломератах давангрской свиты широко распространены гидроокислы железа, а пирит устанавливается сравнительно редко. Но пирит здесь образует, помимо рассеянной вкрапленности, типичные конкреционные стяжения, т. е. он явно является минералом эпигенеза. При этом пирит повсеместно замещается гидроокислами железа, следовательно, его первоначальное распространение могло быть более широким.

Таким образом, золотое оруденение в олигомиктовых с каолинитом и серицитом конгломератах протерозойского возраста на Алданском щите по своему происхождению является россыпным, так же как в протерозойских конгломератах Карелии и во всех других конгломератах, которые были в СССР достаточно детально изучены. Генезис золота не изменяется в зависимости от того, олигомиктовыми или полимиктовыми являются конгломераты, содержат они в цементе пирит и магнетит или не содержат. Обширный материал по зарубежным месторождениям данного типа приводит к таким же выводам.

Известны рудопроявления в конгломератах, где золото, несомненно, является наложенным, гидротермальным. В таких случаях оно уста-

навливаются не только в конгломератах, но и в перекрывающих их более молодых и иных по составу породах. Ни одно из таких рудопроявлений, насколько нам известно, не достигает масштабов промышленного месторождения. Поэтому нет необходимости ориентировать геологов на поиски в докембрийских конгломератах наложенного, гидротермального золотого оруденения. Напротив, ориентация на поиски в конгломератах месторождений типа древних россыпей, с учетом всей их специфики, несомненно, должна привести к открытию в СССР крупных месторождений этого нового для нас типа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дю-Тойт. Геология южной Африки. М., ИЛ, 1957.
2. Ивенсен Ю. П. Опыт изучения морфологии и микроструктуры самородного золота. Тр. треста Золоторазведка и «Нигризолото», ОНТИ, вып. 10, 1938.
3. Ивенсен Ю. П. Месторождения типа золотоносных конгломератов и перспективы их выявления на территории СССР. Сб. «Геохимия, петрография и минералогия осадочных образований». М., Изд. АН СССР, 1963.
4. Ивенсен Ю. П., Левин В. И. Золотоносность конгломератов Западного Прибайкалья. Сб. «Золотоносные конгломераты южной окраины Сибирской платформы». М., Изд. «Наука», 1966.
5. Ивенсен Ю. П., Нужнов С. В., Левин В. И. Формационные типы древних золотоносных россыпей и методы их поисков. М., Изд. «Наука», 1969.
6. Кренделев Ф. П. Классификация древних металлоносных конгломератов. Сб. «Вопросы геологии месторождений золота Сибири». Изв. ТПИ, т. 134, 1968.
7. Кенежинская К. Б. Статистический анализ хлоритов и их парагенетические типы. М., Изд. «Наука», 1965.
8. Кузнецова Л. Т., Симонов Ю. Г. Морфологические особенности россыпного золота Тунгир-Амазарского междуречья. Вестн. научной информации Забайкальск. отд. Географ. общ. СССР, № 5, 1966.
9. Либенберг У. Условия залегания и теория происхождения урановых минералов и золота в рудах Витватерсранда. Сб. «Геология атомного сырья». М., Атомиздат, 1959.
10. Негруца В. З., Негруца Т. Ф. Литология и условия образования протерозойских кварцевых конгломератов Карелии в связи с их золотоносностью. «Литология и полезные ископаемые», 1965, № 6.
11. Покровский Е. В. Золотоносность средне-верхнекембрийских отложений юго-западной части Сибирской платформы. «Геология и геофизика», 1968, № 11.
12. Хейнрих Э. У. Минералогия и геология радиоактивного сырья. М., ИЛ, 1962.
13. Davidson C. F. The present state of the Witwatersrand Controversy. Mining Mag. v. 108, N 2—4. 1960.
14. Davidson C. F. Uniformitarianism and genesis. Min. Mag. v. 110, № 3. 1964.
15. Davidson C. F. The mode of origin of banket orebodies. Bull. Inst. Mining and Metall. N 704. 1965.
16. Discussion on the papers: «The mode of origin of banket orebodies» by C. F. Davidson. «Transactions» v. 74, N 10. 1964—1965.
17. Greenberg R. Author's reply to discussion on the paper: «Structure-gold relationships as revealed by some Witwatersrand mine survey plans». Bull. Inst. Mining and Met. N 694. 1964.
18. Haughton S. H. Geology and the gold basin of the Transval and Orange free state. Scient. S. Africa v. 1, N 3. 1964.
19. Rammdohr P. Neue beobachtungen an Erzen des Witwatersrands in Südafrika und ihre genetische Bedeutung. Abhandt der Deutsch. Akad. der Wis. zu Berlin N 2, 5. 1954.
20. Reineche Z. The Lokation of Rayble Ore-Bodies in the Goldbearing Reefs of the Witwatersrand. Trans. and Pros. Geol. Soc. of S. Afr. v. 30. 1928.
21. Roscoe S. M. Evidence for placer origin of Elliot Lacc (Blind River), Ontario, uraniferous conglomerates. Geol. Soc. America Spec. Paper N 73. 1963.
22. Schilowski M. Beitrage zur Kenntnis der radioaktiven Bestandteile der Witwatersrand Konglomerate. Neus Yharb. Mineral. Abhandt. 105, N 2. 1966.
23. Swiegers Y. V. Gold, Carbon, Pirite and other Sulphides in the Black Reefs. Trans. Geol. Soc. S. Afr. v. 42, N 35. 1940.