

## САМОРОДНОЕ ЗОЛОТО ПСЕВДОРУДНОГО ОБЛИКА В МЕЛОВЫХ КОНГЛЮМЕРАТАХ (АЛДАНО-СТАНОВОЙ ЩИТ, ЮГО-ВОСТОК СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)

© 2024 г. З. С. Никифорова\*, А. И. Журавлев, Е. Е. Лоскутов, А. И. Иванов

Представлено академиком РАН Н.А. Горячевым 10.06.2024 г.

Поступило 13.06.2024 г.

После доработки 21.08.2024 г.

Принято к публикации 26.08.2024 г.

Впервые при изучении минералого-геохимических особенностей самородного золота из меловых конгломератов центральной части Алдано-Станового щита, наряду с хорошо окатанным россыпным золотом, обнаружено слабоокатанное золото рудного облика в срастании с кварцем, полевыми шпатами, ильменитом, цирконом и другими минералами. Однако, при детальном изучении установлено, что золото рудного облика относится к золоту псевдорудного облика. Это золото характеризуется ямчато-буторчатой поверхностью, “срастаниями” золота с минералами вмещающими отложений и сквозными отверстиями. Обнаружение золота псевдорудного облика в конгломератах мелового возраста свидетельствует о преобразовании россыпного золота в результате процессов диагенеза, а не о наложенной более поздней рудной минерализации. Золото псевдорудного облика ранее нами было обнаружено в девонских конгломератах Тиманского кряжа, а также в юрских и пермских конгломератах востока Сибирской платформы. Наличие такого золота являлось обоснованием вести поиски рудных источников на исследуемых территориях, что не приводило к положительным результатам. В целом, выявление золота псевдорудного облика в конгломератах различного возраста от архея до кайнозоя позволяет более корректно прогнозировать формирование золоторудных месторождений и подбирать методы поиска.

*Ключевые слова:* золото псевдорудного облика, морфология, пробность, конгломераты, месторождения

DOI: 10.31857/S2686739724120092

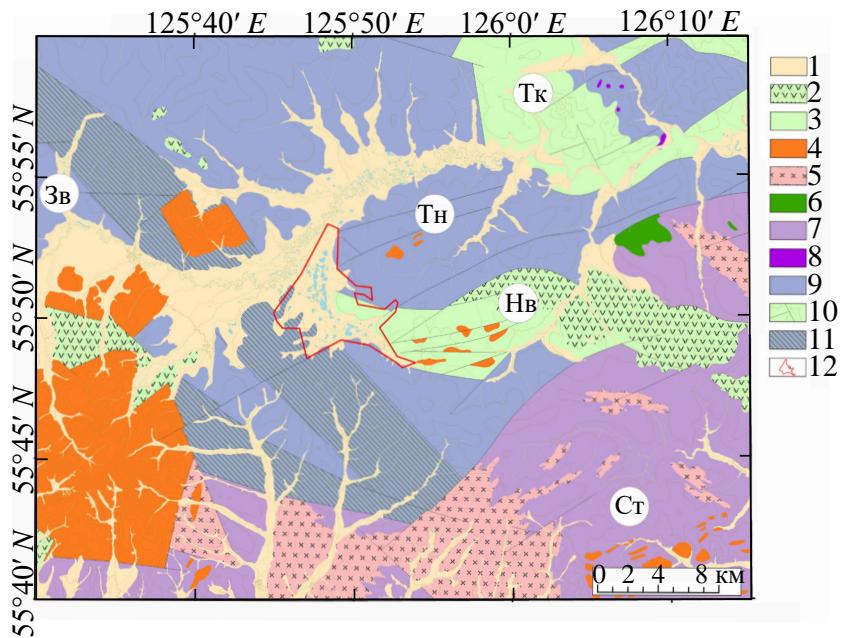
### ВВЕДЕНИЕ

В центральной части Алдано-Станового щита известно большое количество золоторудных проявлений различных формационных типов, однако оценке потенциальной золотоносности конгломератов не было уделено внимание. В. Г. Ветлужских [1] установлена золотоносность конгломератовых отложений мелового возраста центральной части Алдано-Станового щита. В результате поисковых буровых работ установлен мощный пласт золотоносных конгломератов мелового возраста в бассейне реки Гонам и его правого притока ручья Юрский (рис. 1). Содержание золота в конгломератах по данным пробирного анализа составляет от 0.05 до 1.5 г/т.

Продуктивный пласт локализован в базаль-  
ной части песчано-конгломератовой толщи  
нагорнинской свиты мелового возраста. На-  
горнинская свита со стратиграфическим не-  
согласием залегает на терригенных отложений  
юхтинской свиты юрского возраста, а местами  
на метаморфических образованиях протеро-  
зоя. Мощность свиты от 250 до 1000 м. Песча-  
но-конгломератовые отложения перекрываются  
пирокластическими и эфузивными породами.  
Они представлены туфами трахиандезитов, тра-  
хиандезитобазальтов, базальтов, а в основании  
выделяется базальный горизонт лавобрекций  
и ксенотуфов с обломками докембрийских по-  
род. Остаточная мощность песчано-конгломера-  
тевой толщи в районе достигает 250 м. Петро-  
графический состав гальки конгломератов пред-  
ставлен лейкогранитами, гранито-гнейсами,  
метагабброидами, диафторированными сланца-  
ми серицит-хлорит-эпидот-кварцевого состава  
и кварцитами. Размер гальки от мелкого гравия

Институт геологии алмаза и благородных металлов  
Сибирского отделения Российской Академии наук, Якутск,  
Россия

\*E-mail: znikiforova@yandex.ru



**Рис. 1.** Карта-схема расположения изученных объектов. 1 – кайнозойские отложения; 2 – мезозойские вулканические образования; 3 – мезозойские терригенно-осадочные породы, слагающие впадины (Нв – Невачинская); 4 – мезозойские щелочные массивы; 5 – протерозойские граниты; 6 – протерозойские основные породы; 7 – стратифицированные метаморфические комплексы Становой области (Ст) (протерозой); 8 – архейские ультраосновные породы; 9 – стратифицированные метаморфические комплексы Южно-Алданской области (архей) (Тн – Тангракский блок, Зв – Зверевский блок); 10 – разрывные нарушения; 11 – диафториты; 12 – площадь россыпи ручья Юрский.

до валунов 40–50 см. Цемент полимиктовый зеленого и серо-зеленоватого цвета.

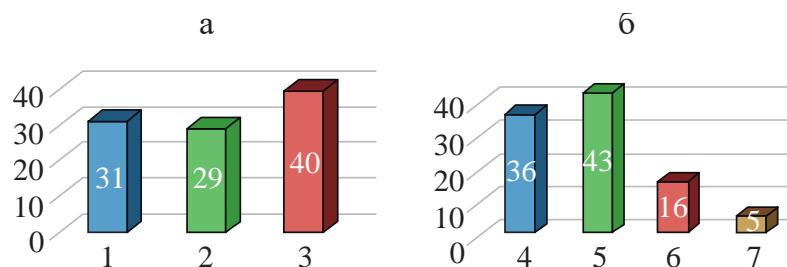
## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В золотоносных конгломератах мелового возраста нами впервые изучены минералого-геохимические особенности самородного золота в количестве 96 знаков из трех скважин глубиной более 300 м, которые опробованы в интервале от 0 до 250 м. Сцементированные конгломераты подвергались дроблению, затем выделялся тяжёлый шлих, из которого было извлечено самородное золото. Исследование минералого-геохимических особенностей (морфологии, химического состава, микроподключений) самородного золота проводилось при применении известных минералого-геохимических методов. Использование стереоскопического микроскопа “LEICA MZ6” и рудного микроскопа “JENAVERT SL 100” позволило изучить морфологические особенности золота и их поверхность. Химический состав самородного золота и минералов-включений изучался на сканирующем электронном микроскопе “JEOL JSM-6480LV” с энергодисперсионным

спектрометром “Oxford Instruments Energy 350”. Количественный анализ и обработка результатов осуществлялись по методу XPP в программном обеспечении Software INCA Energy. Условия съемки: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда 1.07 нА, время измерения 7 с. Предел обнаружения для большинства элементов составляет 0.2–0.8%, для “тяжелых” элементов – 1% и более. Аналитические работы выполнены в отделе физико-химических методов анализа ИГАБМ СО РАН г. Якутск (аналитик Н. В. Христофорова).

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Самородное золото в изученных конгломератах представлено в основном комковидными и пластинчатыми формами размером 0.2–0.5 мм, единичные знаки имеют размеры до 1 мм и более. В подчиненном количестве присутствуют интерстициальные золотины (рис. 2). Золото имеет желтый и желто-соломенный цвет, нередко находится в срастании с жильными минералами, некоторые индивиды частично или почти полностью покрыты налетом темно-бурового и смолянисто-черного цветов.



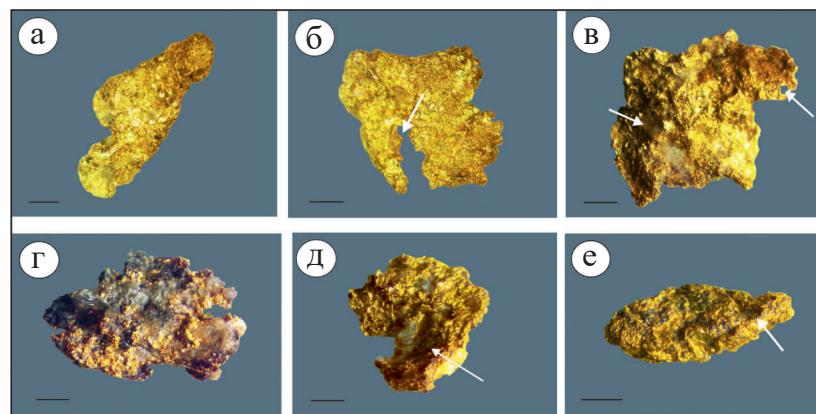
**Рис. 2.** Морфология золота (а) и гранулометрический состав самородного золота (б) из конгломератов, значения в%. Формы золота (а): 1 – комковидное, 2 – интерстициальное, 3 – пластинчатое. Размер золота (б), мм: 4 – <0.25; 5–0.25–0.5; 6–0.5–1; 7 – >1.

Преобладающая часть изученных частиц имеет хорошую и среднюю окатанность. Золото характеризуется слаженными ребрами и округлыми контурами, иногда грубоямчайной поверхностью с отпечатками вдавливания минералов вмещающих отложений (рис. 3 а–в). По данным микрозондового анализа пробность изученного золота варьирует в диапазоне от 720 до 1000‰ и в среднем составляет 903‰. Содержание элементов примесей не превышает предел обнаружения микрозондового анализатора.

Однако среди хорошо- и среднеокатанного золота обнаружены слабоокатанные пластинчатые и интерстициальные частицы субрудного облика, образующие псевдосрастания с кварцем, полевым шпатом, магнетитом и другими минералами (рис. 3 г–е). Частота встречаемости подобных золотин по скважинам составляет 40.6%. Золото характеризуется грубоямчайным,

буторчатым, мелкочаистым микрорельефом, в нем отмечаются острые края и зазубрины. Пробность составляет от 722 до 1000‰, в среднем 893‰. Элементы-примеси не обнаружены.

Детальное изучение слабоокатанного золота показало, что при незначительном физическом воздействии иглой некоторые агрегаты (псевдосрастания) легко разрушаются вследствие не прочных контактов золота с минералами. Отпечатки вдавленных минералов характеризуются округленной формой, отсутствием острых углублений и граней роста. Песчинки кварца имеют окатанную поверхность. На поверхности золотин наблюдаются удлиненные вмятины с угловатыми формами в виде продольных борозд, шрамов и царапин. Зачастую такие золотины имеют поперечные разрывы и сквозные отверстия (рис. 3 б, в).



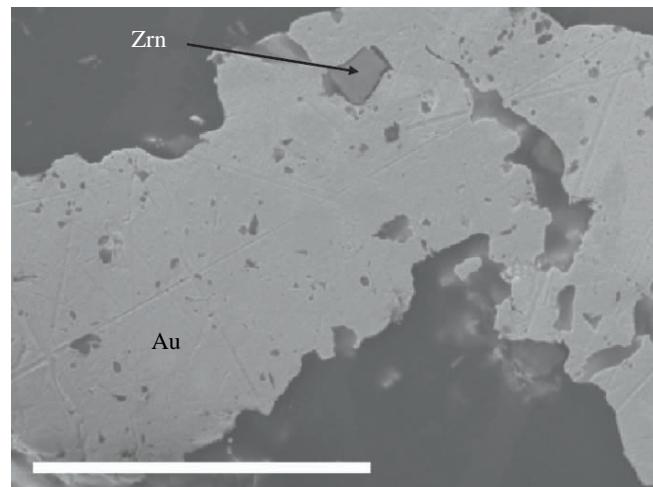
**Рис. 3.** Морфологические формы золота и их поверхность: а, б, в – хорошо окатанные чешуйки; поверхность: а – шагреневая, б – шагреневая с разрывом края золотины; в – грубоямчатая со сквозным отверстием и с отпечатками вдавливания минералов; г, д, е – пластинчатые с грубошагреневой поверхностью, на которых наблюдаются вдавленные минералы. Масштабная полоса 0.1 мм.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В целом, при изучении минерало-геохимических особенностей золота установлено, что единичные золотины имеют шрамы, борозды, сквозные отверстия и разрывы, практически полностью пересекающие площадь золотин (рис. 3 б, в). Многие зерна золота рудного облика представлены агрегатами с жильными минералами – кварцем и полевыми шпатами на поверхности (рис. 3 г, д, е). При детальном рассмотрении данных индивидов “рудного” золота под электронным микроскопом было установлено, что некоторые из минералов прилегают к золоту не вплотную. Обнаружена одна золотина, в которой наблюдается ксеногенное, приобретенное в результате литостатического давления включение циркона. Отчетливо установлено, что циркон заполняет полость не полностью, между золотом и цирконом наблюдается воздушное пространство (рис. 4).

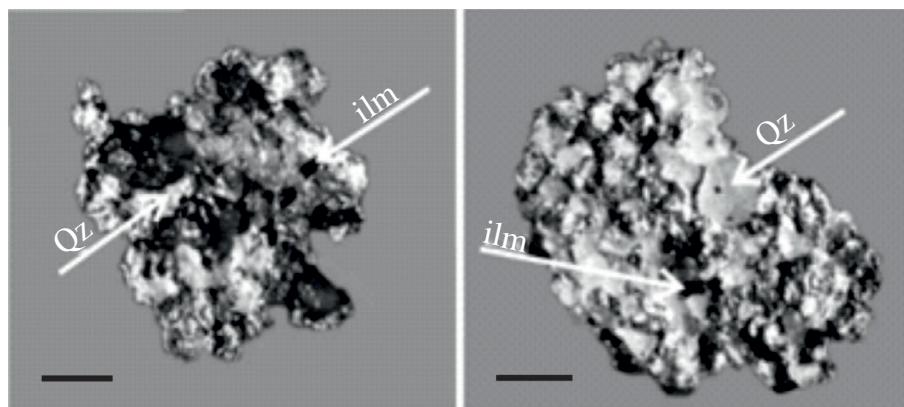
Эти минеральные “срастания” с золотом весьма легко удаляются даже при малейшем физическом воздействии. Предполагается, что формирование таких агрегатов “рудных срастаний” золота не сингенетическое и относится к золоту псевдорудного облика.

К золоту псевдорудного облика относится россыпное золото с ямчато-буторчатой поверхностью, с отпечатками вдавливания минералов, шрамами, царапинами, бороздами, а также со “срастаниями” золота с различными минералами вмещающих отложений и сквозными отверстиями, образовавшимися в результате литостатического давления вышележащих толщ при погружении россыпи на глубину более 800 м.



**Рис. 4.** Срез золота, в котором наблюдается неплотное срастание золота (Au) с цирконом (Zrn). Масштабная полоса 0.05 мм.

Подобное золото впервые нами было обнаружено в девонских конгломератах Тимана (рис. 5) [2]. Среди хорошо- и среднеокатанного золота обнаружены неокатанные частицы рудного облика, которые характеризуется грубоямчатым, бугорчатым, мелкоячеистым микрорельефом. Иногда эти золотины образуют агрегаты – срастания золота с кварцем, ильменорутилом, гранатом и другими минералами (рис. 5). Наличие такого золота дало основание предшественникам предположить, что коренной источник питания россыпи находится в пределах изучаемого объекта. Однако детальный анализ данного золота, поставил под сомнение правомерность выделения золота рудного облика. В связи с этим нами было выдвинуто предположение, исходя из геологии развития



**Рис. 5.** Псевдорудное золото в конгломератах девонского возраста Тиманского кряжа. Qz – кварц, ilm – ильменит. Масштабная полоса 0.1 мм.

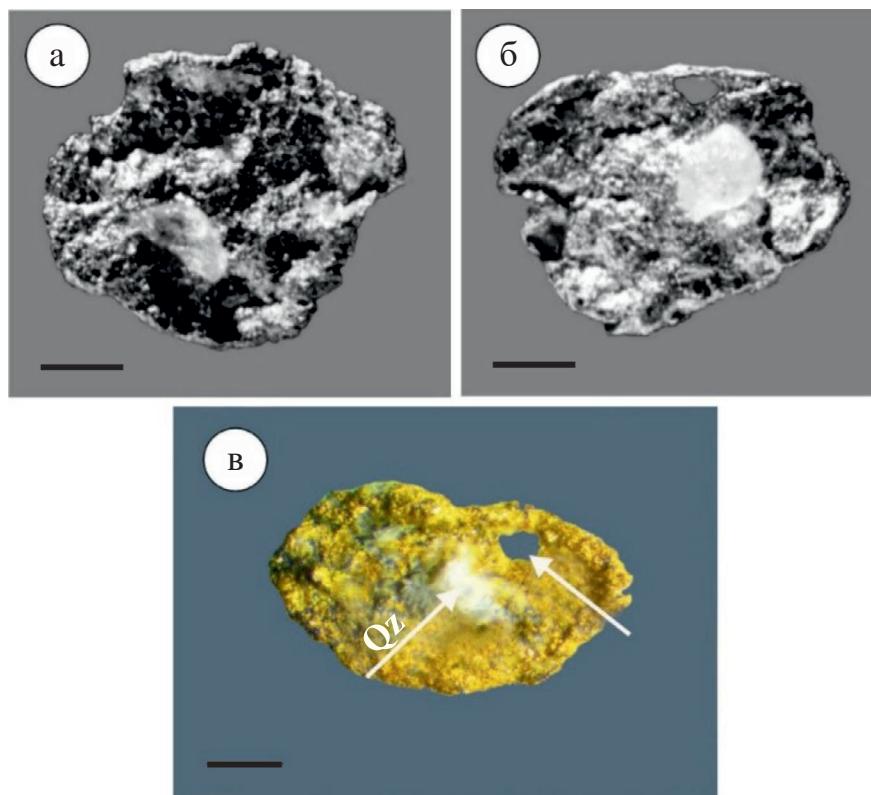
региона, что россыпное золото преобразовалось под влиянием литостатического давления перекрывающих толщ при погружении россыпи девонского возраста на глубину более 800 м. Экспериментальные исследования подтвердили данное предположение, что неокатанное золото рудного облика конгломератов Тиманского кряжа в действительности является россыпным металлом, которое преобразовалось при погружении россыпи на глубину более 800 м.

Детальный анализ типоморфных особенностей золота из меловых конгломератов, а именно, выявление в нем отпечатков вдавленных минералов, непрочных контактов “срастаний” золота с кварцем и другими минералами, а также сквозные отверстия в золотинах (рис. 3) поставили под сомнение правомерность выделения его как рудное золото. В связи с чем, выдвинуто предположение, что данное россыпное золото преобразовалось в результате влияния литостатического давления перекрывающих толщ и приобрело псевдорудный облик. Воздействие литостатического давления на форму россыпного золота было изучено ранее экспериментально [3].

При этом было установлено, что первые признаки вдавливания обломочного материала в золотины наблюдались при имитации погружения россыпи на глубину порядка 0.8 км.). При последующем увеличении имитации погружения до 4 км на золотинах появилась грубоямчатая поверхность с отпечатками вдавленных минералов, а также царапины, шрамы и др.

На единичных золотинах (рис. 6 а, б) произошло вдавливание песчинок кварца, ильменита и образование агрегатов (срастание золота с кварцем и ильменитом). Было установлено, что процесс преобразования золота резко усиливается в условиях моделирования сочетания литостатического давления с различными тектоническими подвижками, этим и объясняется появление разрывов и сквозных отверстий на золотинах (рис. 6 б, в).

Экспериментальные исследования доказывают предположение, что неокатанное золото рудного облика конгломератов мелового возраста в действительности является россыпным золотом (рис. 6 в), что подтверждается также результатами анализа химического состава золота.



**Рис. 6. а, б –** поверхность золотин с отпечатками вдавленных в него минералов, полученных в результате эксперимента; **в –** поверхность золота из меловых конгломератов, на которой также наблюдается вдавленный кварц (Qz) и сквозное отверстие. Масштабная полоса 0.1 мм.

Пробность золота как у хорошо окатанных, так и у слабоокатанных форм и агрегатов золота, в целом одинаковая и варьирует от 720 до 1000‰, в среднем 899‰, и это свидетельствует о том, что золотоносные конгломераты не подвергались вторичной минерализации (рис. 7).

востоке Сибирской, так и на Восточно-Европейской платформах, которые, к сожалению, не увенчались положительными результатами.

По-нашему мнению, золото в конгломератах Витватерсранда также, возможно, псевдорудного облика и образовалось в результате лито-

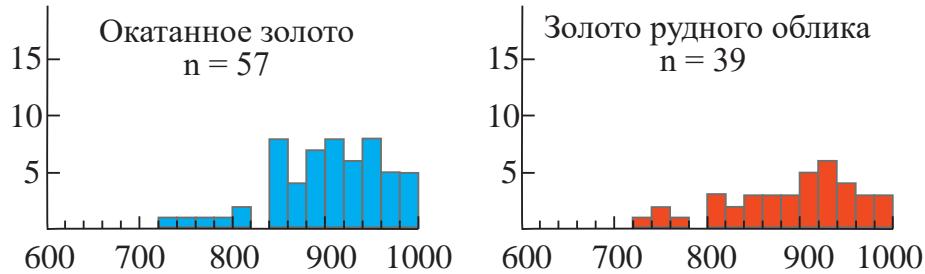


Рис. 7. Пробность хорошоокатанных и слабоокатанных форм и агрегатов золота.

Наличие в мезозойских конгломератах самородного “рудного” золота (псевдорудное) со сквозными отверстиями и разрывами можно объяснить с точки зрения воздействия литостатического давления вышележащих толщ. При формировании россыпи мезозойского возраста образовались золотоносные галечно-гравийные аллювиальные отложения, затем эта россыпь, в результате проявления тектонических движений (сброс), была погребена предположительно мощными отложениями от 800 до 1200 м, согласно разрезу нагорнинской толщи, представленному на стратиграфической колонке к геологической карте 1:200000 масштаба [4]. Вследствие чего произошло вдавливание минералов вмещающих толщ, образование разрывов и сквозных отверстий на золотинах. Это в конечном итоге привело к образованию агрегатов “рудного” золота “в срастании” с минералами вмещающими отложений. Подтверждением данного положения служат также данные Ю. П. Ивенсена и В. И. Левина [5], которые, изучая древние докембрийские конгломераты Алдано-Станового щита, пришли к мнению, что золото в конгломератах в основном кластогенное.

Нами ранее установлено наличие золота псевдорудного облика в конгломератах докембрийского, палеозойского и мезозойского возраста на востоке Сибирской платформы, которое также принималось как золото рудного облика [6–8], и на Тиманском кряже [9], в связи с чем велись массовые поиски золоторудных месторождений на данных территориях, как на

статического давления вышележащих толщ [3]. Генезис знаменитого месторождения Витватерсранд в настоящее время спорный (осадочное или гидротермальное). В пользу нашего предположения Minter et. al. [10], на основе изучения морфологии золота, пришли к выводу, что оно кластогенное и, в связи с этим, они объясняют генезис месторождения Витватерсранд осадочным происхождением золотоносных конгломератов. Выявление золота “рудного” облика в конгломератах для многих исследователей являлось обоснованием гипотезы гидротермального происхождения [11]. Однако T. Oberthür, R. Saagger [12], в результате обнаружения слегка измененного золота псевдорудного облика последующим метаморфизмом, пришли к выводу, что данное золото все-таки кластогенное, а не рудное, что явилось обоснованием отнести месторождение Витватерсранд к осадочному происхождению.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты минералогических и, проведенных ранее экспериментальных исследований, дают основание считать, что изученное самородное золото (агрегаты) в меловых конгломератах является золотом псевдорудного облика. Оно сформировалось под воздействием литостатического давления при погружении конгломератов (россыпи) на значительную глубину. Обнаружение золота псевдорудного облика в конгломератах мелового возраста свидетельствует о преобразовании россыпного золота

в этих отложениях, а не о наложенной поздней рудной минерализации. В целом, выявление псевдорудного золота в конгломератах различного возраста от архея до кайнозоя в платформенных областях способствует более корректному поиску золоторудных месторождений.

### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено в рамках государственного задания Института геологии алмазов и драгоценных металлов Сибирского отделения Российской академии наук, финансируемого проектом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации FUFG-2024-0006.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ветлужских В. Г.* Золотоносность районов крайнего юга Якутии // Материалы по геологии и полезным ископаемым Якутской АССР. Вып. XVII. Якутск. 1970. С. 88–92.
2. *Никиторова З. С., Филиппов В. Е., Цаплин А. Е.* Эоловое золото одного из россыпных месторождений Тиманского кряжа // Геология рудных месторождений. 1991. Т. 33. № 2. С. 112–116.
3. *Никиторова З. С., Филиппов В. Е.* Золото псевдорудного облика в древних конгломератах // Докл. АН СССР. 1990. Т. 311. № 2. С. 455–457.
4. *Гимельфарб Г. Б., Белоножко Л. Б., Заборский Ю. В.* Объяснительная записка к геологической карте СССР масштаба 1: 200 000. Серия Становая, лист N-51-VI. М.: ВАГТ, 1970; 1971. 99 с.
5. *Ивенсен Ю. П., Левин В. И.* О генезисе докембрийских золотоносных конгломератов // Известия Томского политехнического института. 1970. Т. 239: Вопросы геологии месторождений золота. С. 25–30.
6. *Александров А. Г., Мендель В. А.* Комплексная золото-редкометальная минерализация базальных палеозойских конгломератов окраины Сибирской платформы // Материалы VIII совещания по геологии россыпей. Киев, 1987. С. 118–120.
7. *Гончаров И. М., Израилев Л. М., Натапов Л. М. и др.* Этапы россыпнеобразования и минералогические особенности золота одного из древних выступов Сибирской платформы // Тез. докл. VIII совещания по геологии россыпей. Киев, 1987. С. 107–108.
8. *Трушков Ю. Н., Избеков Э. Д., Томская А. И., Тимофеев В. И.* Золотоносность Вилюйской синеклизы и ее обрамления. Новосибирск: Наука, 1975. 149 с.
9. *Котов А. А., Повонский В. В., Яцкевич Б. А.* Металлоносные конгломераты одного из районов Восточно-Европейской платформы // Тез. докл. VIII совещания по геологии россыпей. Киев, 1987. С. 176–177.
10. *Minter W. E. L., Goedhart M., Knight J., Frimmel H. E.* Morphology of Witwatersrand gold grains from the Basal reef: Evidence for their detrital origin // Econ. Geol. 1993. 88. № 2. P. 237–248.
11. *Davidson C. F.* The present state of the Witwatersrand Controversy // Mining Mag. 1960. V. 108. № 2–4.
12. *Oberthur T., Saagger R.* Silver and mercury in gold particles from the Proterozoic Witwatersrand placer deposits of South Africa: Metallogenetic and geochemical implication // Econ. Geol. 1986. V. 81. P. 20–31.

# NATIVE GOLD OF PSEUDO-ORE HABIT IN THE CRETACEOUS CONGLOMERATES (ALDAN-STANOVY SHIELD, SOUTH-EAST OF THE SIBERIAN PLATFORM)

Z. S. Nikiforova<sup>#</sup>, A. I. Zhuravlev, E. E. Loskutov, A. I. Ivanov

*Presented by Academician of the RAS N.A. Goryachev on June 10, 2024.*

*Diamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch,  
Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia*

<sup>#</sup>E-mail: znikiforova@yandex.ru

For the first time, poorly-rounded gold of ore habit was found in intergrowth with quartz, feldspar, ilmenite, zircon and other minerals, along with well-rounded placer gold, when studying the mineralogical and geochemical features of native gold from the Cretaceous conglomerates of the central part of the Aldan-Stanovoy shield. However, upon detailed study, it was found that gold of ore habit belongs to gold of the pseudo-ore habit. This gold is characterized by a pitted-tubercular surface, “intergrowths” of gold with minerals of the host deposits and through holes. Discovery of gold of the pseudo-ore habit in the Cretaceous conglomerates indicates the transformation of placer gold as a result of diagenesis processes, and not the superimposed later ore mineralization. Gold of the pseudo-ore habit was previously discovered in the Devonian conglomerates of the Timan Ridge, as well as in the Jurassic and Permian conglomerates of the east of the Siberian Platform. Presence of such gold was the reason for searching for ore sources in the studied territories, which did not lead to positive results. In general, identification of gold of pseudo-ore habit in conglomerates of various ages from the Archean to the Cenozoic makes it possible to more correctly predict the formation of gold deposits and select search methods.

*Keywords:* gold of the pseudo-ore habit, morphology, fineness, conglomerates, deposits