

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК: 553.411

**МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА «ПЛЫВУЩЕГО»
ЗОЛОТА НА ПРИМЕРЕ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХЛЕБОПЁК
(БОДАЙБИНСКИЙ РАЙОН, ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

© Кузнецов Ю. А.¹, Жабин А. В.², Грибанов В. П.¹, Варфоломеев С. Д.³,
Калиниченко В. Н.³, Дубков А. А.⁴, Гулин А. А.⁵

1 – ООО «РГ Иркутскгеофизика» г. Иркутск

2 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж

3 – ИБХФ РАН, г. Москва

4 – ФГБУ ВНИГНИ г. Москва

5 – ФИЦ ХВ РАН г. Москва

DOI:10.24412/1997-8316-2024-113-16-29

Аннотация: в сознании геологов, начиная со студенческой скамьи, закрепляется положение о ведущей роли механического разрушения горных пород и переотложения тяжёлых компонентов, содержащихся в них, при формировании россыпей. При этом совершенно не принимаются во внимание данные, полученные многими поколениями геологов, о частом несоответствии размерностей частиц металлов в коренных породах и россыпях, где они в большинстве случаев крупнее и «чище» по химическому составу. В данной работе обобщаются результаты исследований, проведённых на нескольких десятках золоторудных месторождений, но в основу заключений положены данные по месторождению Хлебопёк, геологическое строение которого наиболее полно отражает выдвигаемые нами положения о ведущей роли химического разложения металлов, перевода их в химические соединения и повторном преобразовании в ноль-валентные формы со самосборкой в зонах гипергенеза. Таким образом, выделяется ряд преобразования золота от многовалентных кристаллических фаз в коренных породах, через «плавущее» и самородное золото в зонах гипергенеза.

Ключевые слова: Иркутская область, Бодайбинский район, месторождение Хлебопёк, плавущее и самородное золото, зоны гипергенеза.

E-mail: zhabin01@gmail.com

**MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF THE COMPOSITION OF
"FLOATING" GOLD ON THE EXAMPLE OF THE KHEBOPEK GOLD DEPOSIT
(BODAIBINSKY DISTRICT, IRKUTSK REGION)**

©Kuznetsov Yu.¹, Zhabin A.², Griбанov V.¹, Varfolomeev S.³, Kalinichenko V.³,
Dubkov A.⁴, Gulin A.⁵

1 – ООО "RG Irkutskgeofizika -3" Irkutsk

2 – FGBU VO "Voronezh State University", Voronezh

3 – IBHF RAS Moscow

4 – FGBU VNIGNI Moscow

5 – FIC XV RAS Moscow

Abstract: starting from the student's bench, the position of the leading role of mechanical destruction of rocks and the redeposition of heavy components contained in them during the formation of placers has been fixed in the minds of geologists. At the same time, for some reason, data obtained by many generations of geologists on the frequent discrepancy in the dimensions of metal particles in bedrock and placers, where they are, in most cases, larger and "cleaner" in chemical composition, are completely ignored and ignored. This paper summarizes the results of studies conducted at several dozen gold deposits, but the conclusions are based on data on the Bakery deposit, the geological structure of which most fully reflects the provisions we put forward on the leading role of chemical decomposition of metals, their conversion into chemical compounds and re-conversion to zero valence forms with self-assembly in hypergenesis zones. Thus, a number of gold transformations are distinguished from multivalent crystalline phases in bedrock, through floating and native gold in hypergenesis zones.

Key words: Irkutsk region, Bodaibinsky district, Bakery deposit, floating and native gold, hypergenesis zones.

ВВЕДЕНИЕ

Установленными нами основными формами существования Au на территориях россыпных месторождений, явно связанных с коренными проявлениями золота, являются многовалентные, химически связанные кристаллические фазы Au, золи и гели «ноль-валентного» Au в корах выветривания и аллювии, «пльвущее» и самородное золото в аллювии. Из перечисленных видов сегодня добывается лишь самородное золото из аллювия месторождений. Все остальные его формы гравитационным способом не могут быть извлечены или (для «пльвущего золота») это технологически сложно.

Наши исследования касались минералого-геохимических особенностей крупного, среднего и мелкого золота, полученного при промывке россыпей, микроформ химически связанного Au из гале-эфельных отвалов россыпных месторождений и коллоидных систем благородных элементов, переходящих в метаколлоиды (ксерогели). При этом практически не затрагивались аналогичные характеристики «пльвущего золота». В данной работе мы опираемся на результаты исследований месторождения Хлебопёк, в геологическом строении которого наиболее выражены зоны распространения выявленных форм золота.

Со времён Билибина Ю.А. [1], Шило Н.А. [18] и даже Петровской Н.В. [13] «пльвущее золото» мало изучено. В первую очередь это связано с высокой сложностью его извлечения даже из ежедневно обрабатываемых гравийных концентратов и экономическими рисками золотодобывающих артелей, для которых промышленное извлечение может оказаться чрезвычайно сложным и потребовать дополнительных затрат на техническое оснащение. Поэтому в производственных организациях популярен лозунг: «Мелкого золота у нас нет, или доля его ничтожна!». А уж «пльвущее золото», тем более коллоидной размерности, старателями воспринимается как очень большая неприятность.

Во – вторых, это связано с устоявшимся в классической геологии мнением [1, 8,13, 18], что основная масса золота поступала в россыпи из кварцевых жил золоторудных месторождений, сохраняя присущие этим рудным месторождениям (в существующих или когда-то существовавших в Бодайбинском районе) первичные особенности [2,7,3,15,16]. Можно обойтись знаниями о рудном золоте из отчётов и научной литературы и интерполировать их на россыпные месторождения. Но основной особенностью рудных месторождений Бодай-

бинского района является наличие золота размером в доли миллиметра, а чаще всего микронное и субмикронное [2,7,13,15,16]. Значит, «пльвущим» оно быть может, а вот тонущим из-за своей гидрофобности и «парусности» вряд ли.

Большая часть геологов сейчас понимает, что устоявшиеся представления о практически полной идентичности минерального состава золота в рудных и россыпных месторождениях – это, несомненно, путь в тупик, отрицательно сказывающийся на качестве работ и приводящий к ухудшению количественных показателей добычи россыпного золота.

Что же касается россыпного золота, в частности «пльвущего», более полувека назад Петровская Н.В. [13] показала, что доля гравитационно-извлекаемого золота

из россыпей в различных регионах СССР не превышает 35 и даже 5% от его количества, поступающего в россыпи из рудных источников. От 65 до 95% приходится на долю даже не «пльвущего золота», а безвозвратно «упльвającego». По нашим подсчётам, общая масса химически связанных кристаллических фаз Au, золей и гелей Au и пльвущего золота как минимум на порядок превышает количество гравитационно-извлекаемого. Но как бы там ни было, большая часть форм подвижного Au при отработке россыпей безвозвратно теряется из-за природной гидрофобности золота и сложности извлечения его подвижных форм традиционными технологическими схемами, применяемыми при отработке россыпей. Именно поэтому, перед тем как выбрать оборудование или разработать своё

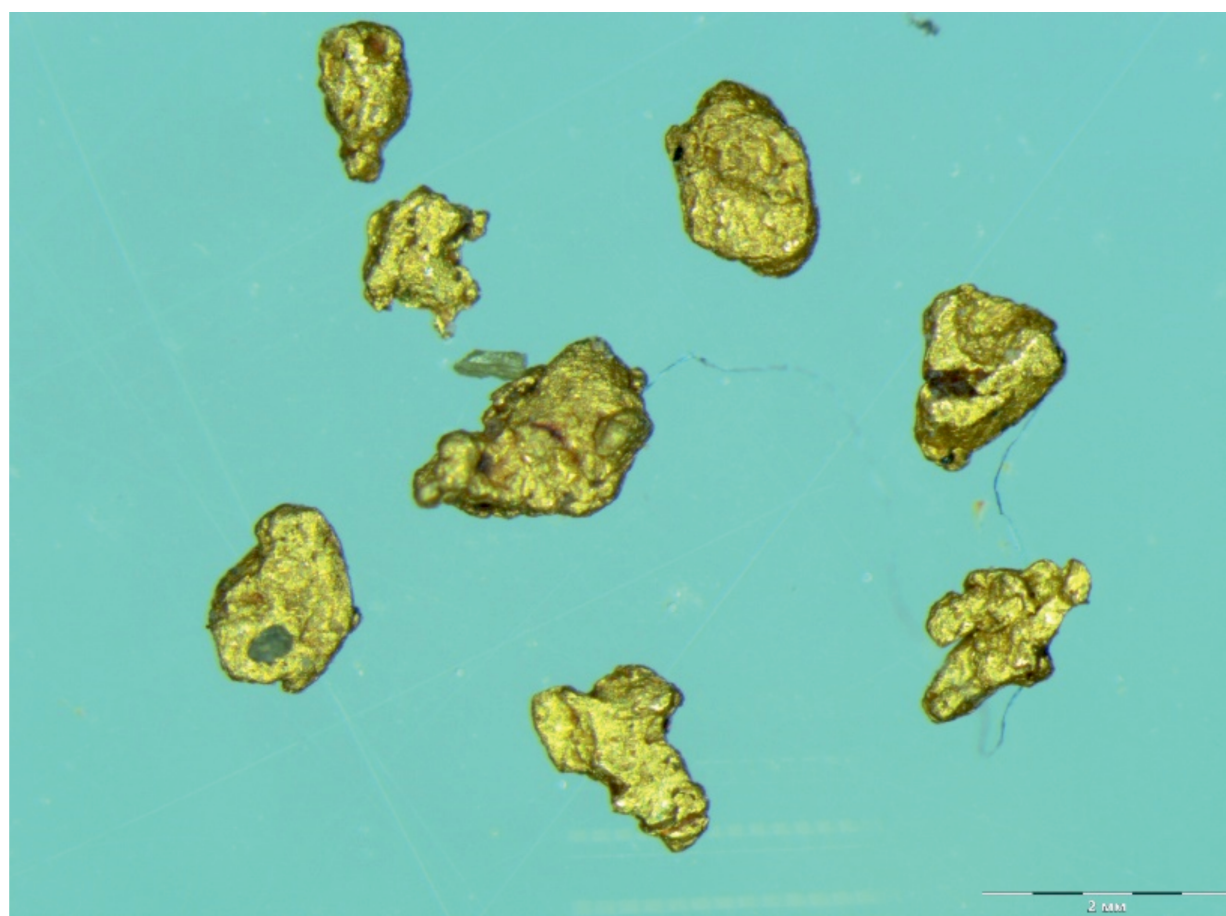


Рис.1. Наиболее крупные (размером 3-5 мм) образцы «пльвущего золота» - «знаки», отбираемые с водной поверхности лотка при поисках и разведке россыпи. Биноклярный микроскоп «Olympus»

для извлечения, мы решили внимательно изучить морфологические, гранулометрические характеристики «пльвущего золота», элементный и фазовый состав золотинок и другие его характеристики.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ

Материалом для изучения «пльвущего золота» послужили золотинок, отбираемые при мокрой расситовке и последующей доводке на лотке концентратов тяжёлой фракции, получаемых после её съёма с промприбора. «Пльвущее золото», обладающее положительной плавучестью, отбиралось с водной поверхности лотка специальным совочком, просушивалось при температуре 20-25° и тщательно отдувалось от посторонних минеральных примесей. Таким образом, было отобрано более 1500 золотинок.

Максимальный их размер составлял до 3-х и даже 5-ти мм (рис.1).

Основная масса «пльвущих» золотинок составляла 30-70 микрон, не более 10% – золотинок размером 20 – 10 и менее микрон. Золитинки всех размеров, в том числе и крупные, имели положительную плавучесть (рис. 2, 3).

Отчётливо видно, что основная масса состоит из бесчисленных, различно ориентированных квази-двухмерных плёночных частиц Au, объединённых природой в блочно-мозаичные трехмерные структуры. Более мелкие формы в углублении имеют пока изометричный вид.

Внутреннее строение частицы золота, представленное на рисунке 4, удалось рассмотреть, замораживая её в жидком азоте и ломая с помощью стальной иглы. Оно

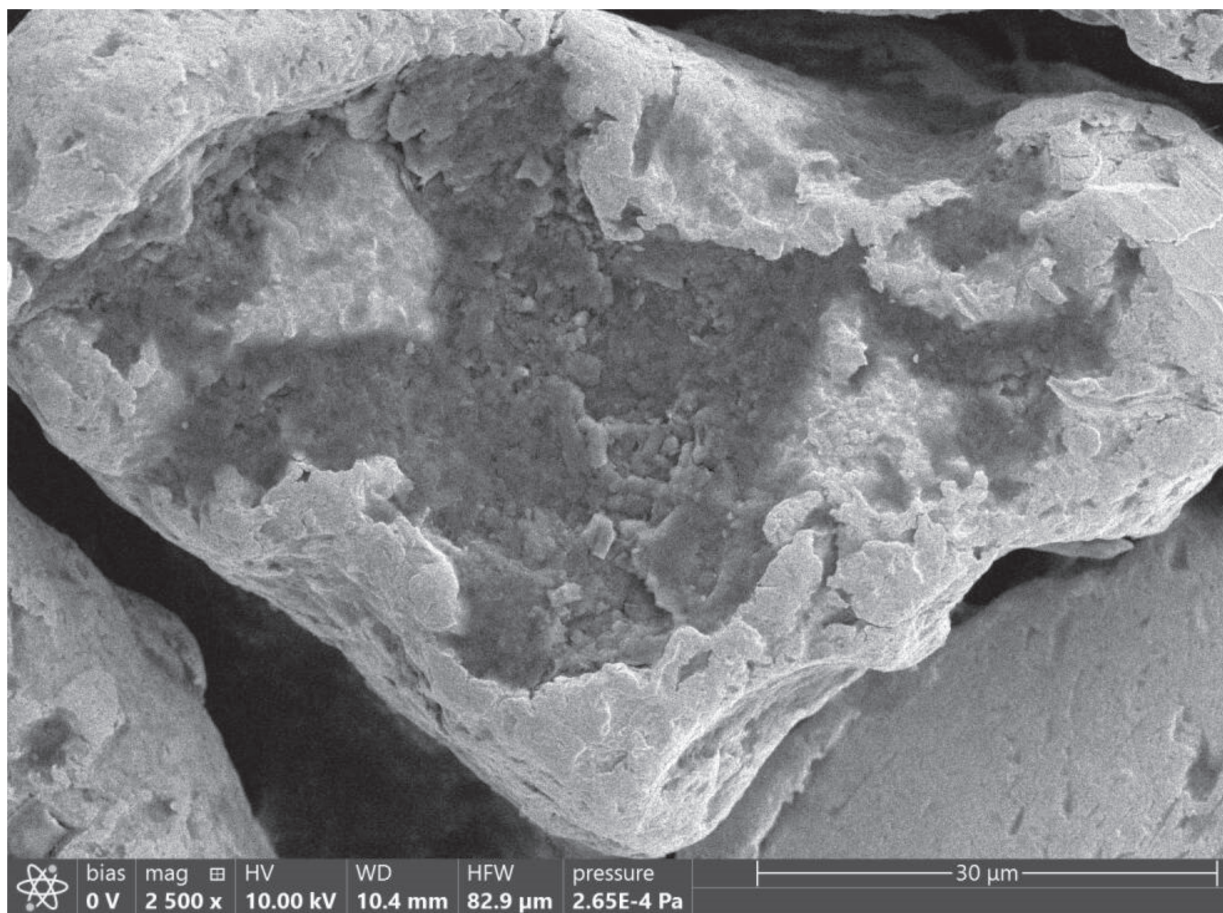


Рис. 2. Морфология и строение наиболее крупной золотинок размером 70-80 микрон. Месторождение Хлебопёк. 4-й приток. Электронный микроскоп «Tescan»

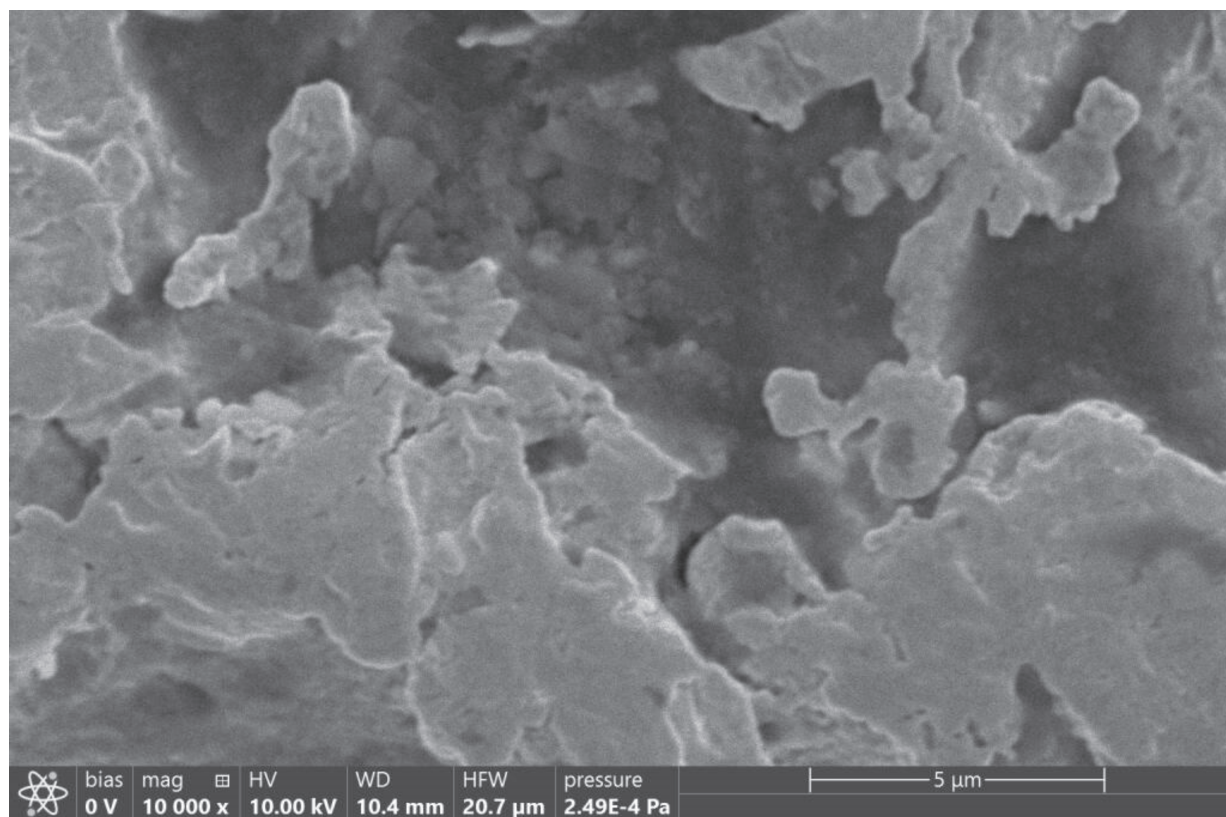


Рис. 3. Морфология и строение поверхностного слоя крупной золотишки размером 70-80 микрон. Электронный микроскоп «Prisma E»

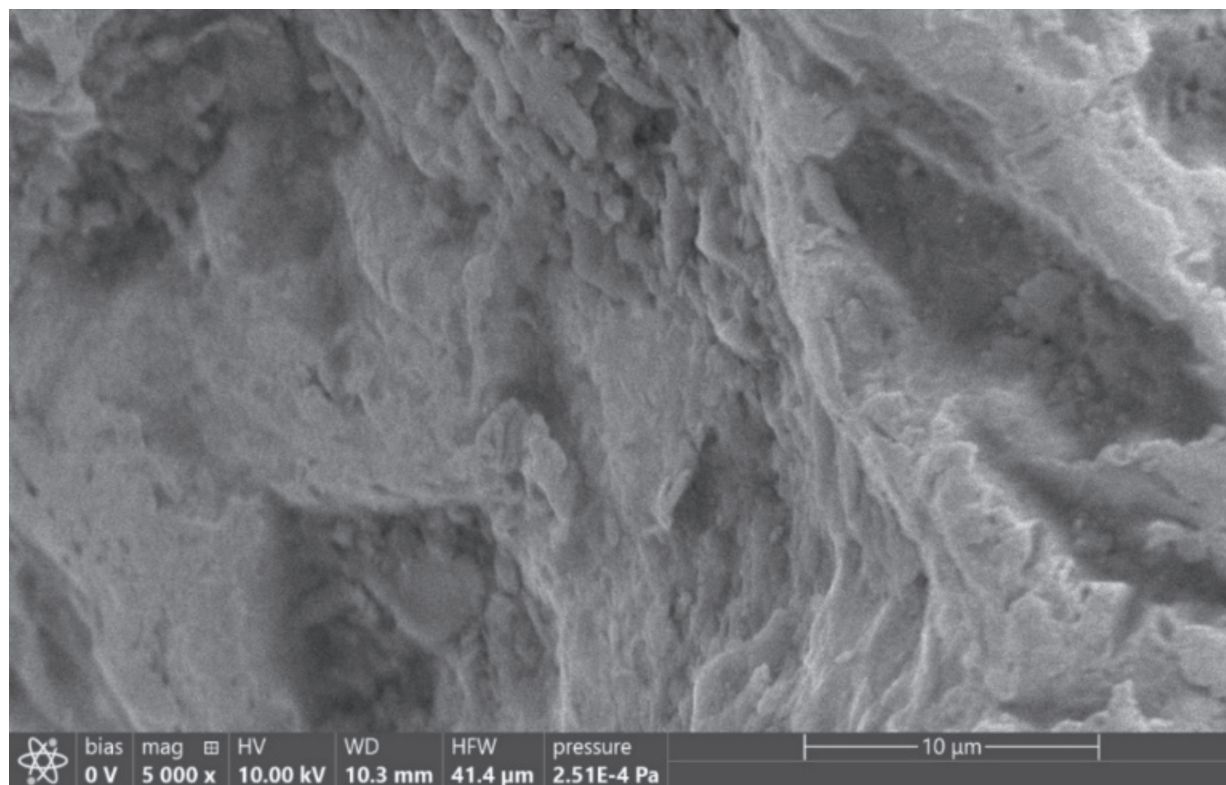


Рис. 4. Внутреннее строение частицы «плавучего золота», раздавленной стальной иглой

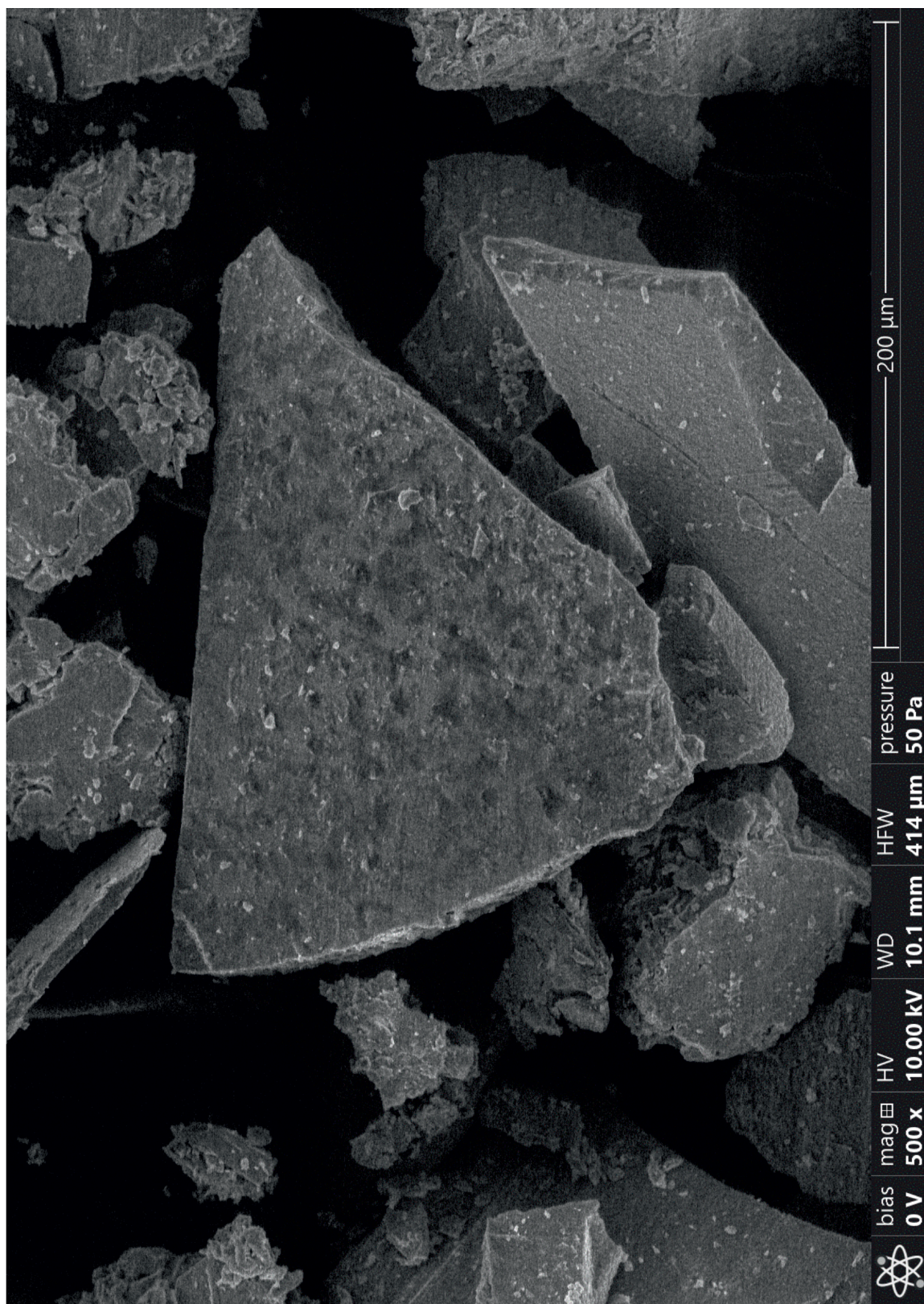


Рис. 5. Форма осколков раздавленной частицы плавящего золота

принципиально не отличается от строения поверхностных слоёв и состоит из различно ориентированных двумерных слойков.

Эта частица, так же как и на рис. 3, состоит из бесчисленных, различно ориентированных квази-двухмерных плёночных частиц, объединённых природой в блочно-мозаичные структуры, и небольшого количества изометричных «зародышей» во внутренних полостях.

На рисунках 2 – 5 видно, что блоки, составляющие золотины, в основном плоские, чешуеобразные и, как мы предполагали, кроме самого Au, загрязнённые примесями других элементов. Примесями не обязательно является серебро. Сканирование поверхности золотинок подтвердило это предположение. Элементный состав 10-ти групп (примерно по 150 частичек в каждой группе) таких частиц приведён в таблице 1.

Судя по данным электронной микроскопии, частички «плывущего золота» представляют собой поликомпонентную систему, состоящую не только из золота и его характерных примесей – Ag и Cu. В состав частичек входят (в относительных количествах, превышающих содержания серебра и меди) платиноиды и другие элементы. О наличии платиноидов в рудах Сухого Лога было известно и ранее [2, 10]. Но крупных выделений этих металлов в районе за 170 лет добычи не зафиксировано.

Кроме элементного состава нам захотелось знать и состав кристаллических фаз, образующих поликомпонентную структуру. Для этого самые мелкие частицы «плывущего золота» были расситованы до класса менее 25 микрон.

При исследовании минеральных форм нами использовался метод порошковой рентгенофазовой дифрактометрии на рен-

Таблица 1
Элементный состав поверхностного слоя частичек «плывущего золота» для 10-ти групп частичек. ЭДС электронного микроскопа «Hitachi TM – 1000»

№ группы	Элементный состав, %															
	Al	Si	Fe	Cu	Zn	Br	Rb	Ru	Rh	Pd	Ag	Re	Os	Ir	Pt	Au
1	5,3	0	2,1	0	0	0	0	1,1	0	2,3	5,5	0	1,8	0	0	81,9
2	3,2	0	1,8	2,1	1,6	0	4,8	0	0	1,6	2,5	0	0	0	0	82,4
3	4,8	3,6	1,6	3,5	0	0	0	0	0,9	0	4,9	0	5,9	0	2,8	72
4	3,6	3,2	1,7	2,3	1,4	0	0	0	1,4	0	3,9	0	3,9	0	0	78,6
5	0,9	1,7	1,2	0	0	6	2,3	0	1	2,2	5,3	4	2,4	0	0	73
6	0	1,7	0,8	2,9	0	16	1,4	0,6	0,7	1,7	2,6	0	3,3	0	2,4	65,6
7	4,8	2,2	1,9	0	1,7	0	0	2,9	0	2,8	7,2	0	0	0	0	76,5
8	0,6	0,7	0	0	0,6	0	0	0	0	0	4,7	1,4	3	0	0	89
9	2,6	1,4	0,9	0	0	1,1	1,1	1,4	0	0	4,4	1,8	0	6,3	0	79
10	0	2,5	1,1	5	1,2	7,9	0	0	0	0	2,6	0	5,9	0	0	73,8
сред	2,6	1,7	1,3	1,6	0,7	3,1	1	0,6	0,4	1,1	4,4	0,7	2,6	0,6	1	77

тенофазовых дифрактометрах «ARL X'tra» (Швейцария) и Rigaku» (Япония). В их приборной базе («Oxford Crystallographica search match») находятся данные 125-ти минеральных форм золота и более 100 платиноидов, а также не менее 45700 других кристаллических фаз. Этот метод исследований является единственным для определения состава минеральных фаз тонкодисперсных частиц, имеющих кристаллическую структуру. Комплексование методов электронной микроскопии и рентгенофазовой дифрактометрии постоянно используется авторами настоящей статьи для определения минерального состава пород и руд золоторудных месторождений, нефтегазовых объектов, метеоритов и импактитов [3-6,9,14]. Фазовый состав кристаллических форм группы частичек «пльвущего золота» (исследовалась группа, состоящая примерно из 600 частиц) приведён в таблице 2.

Судя по данным таблицы 2, состав кристаллических фаз «пльвущего золота» представлен интерметаллидами золота с серебром и цинком, фторауратами цинка, бромидами меди и различными фазами платиноидов, в частности интерметаллида платины с железом, палладия с цинком, фторплатината цинка, диантимонида платины (геверсита) и т.п. Все эти соединения, несомненно, входят в состав «пльвущего

золота», но судя по довольно высоким значениям ошибок определения (для платиноидов, за исключением геверсита), вероятнее всего, они представляют собой метастабильные кристаллоиды, практически полностью раскристаллизованные метакolloиды [9, стр.30, рис. 4] и имеют субмикронные размеры. Возможно, этим объясняется и отсутствие определённых электронной микроскопией соединений осмия, в довольно значительных количествах отмечаемых с помощью ЭДС электронного микроскопа «Hitachi TM – 1000» (табл. 1). Интересен факт наличия фторауратов цинка ($Au_2 F_8 Zn$) и фторкуприта платины ($Cu F_6 Pt$) – веществ, легко растворяющихся в воде и, вполне возможно, преобразующихся в природе в коллоидные формы.

Кроме относительно «тяжёлых элементов», на поверхности таких частичек методами электронной микроскопии при проведении десятков измерений зафиксировано наличие углерода и кислорода. Результаты одного из измерений приведены в таблице 3.

Данные электронной микроскопии и рентгенофазовой дифрактометрии обладают хорошей сходимостью. Однако полученные нами результаты по элементному и фазовому составу никак не объясняли самой «пльвучести» частичек золота, в том числе

Таблица 2
Усреднённый фазовый состав частичек «пльвущего золота» месторождения Хлебобёк. Размер частичек менее 25 микрон

Phase	Weight %	Error %
AgAu	49,4	4,99
Au Zn ₃	13,9	3,32
Pd Zn ₂	13,1	6,03
Au ₂ F ₈ Zn	10,1	4,63
Fe ₃ Pt	5	3,87
Copper (I) bromide	3,5	0,36
Cu F ₆ Pt	2,8	0,86
Cu O ₂ Rh	1,2	0,36
Geversite PtSb ₂	1	0,25

Таблица 3
Элементный состав поверхности одной из частичек «пльвущего золота». Наличие платиноидов не определялось. Электронный микроскоп «Prisma E»

Element	Atomic %	Atomic % Error	Weight %	Weight % Error
C	13.9	0.7	1.7	0.1
O	32.9	1.3	5.4	0.2
Al	2.8	0.1	0.8	0.0
Si	3.3	0.1	1.0	0.0
Fe	2.1	0.2	1.2	0.1
Au	45.0	0.3	90.1	0.6

и достаточно крупных (более 0,1 мм), видимых невооружённым глазом. Возникло предположение, что соединениями, способствующими повышенной «плавучести», могли быть природные некристаллические органические соединения углерода, на наличие которых обращали внимание ещё Таусон В.Л., Немеров В.К. и др [16]. Появилась необходимость провести диагностику их наличия на Хлебопёке и определить возможный состав методами электронной

микроскопии и комбинационного рассеяния (КР).

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДАМИ КР-СПЕКТРОСКОПИИ

Кроме изучения кристаллических форм, составляющих основу структуры «плывущего золота», дополнительно были проведены исследования методами спектроскопии комбинационного рассеяния (КР). Этим методом исследовались частички

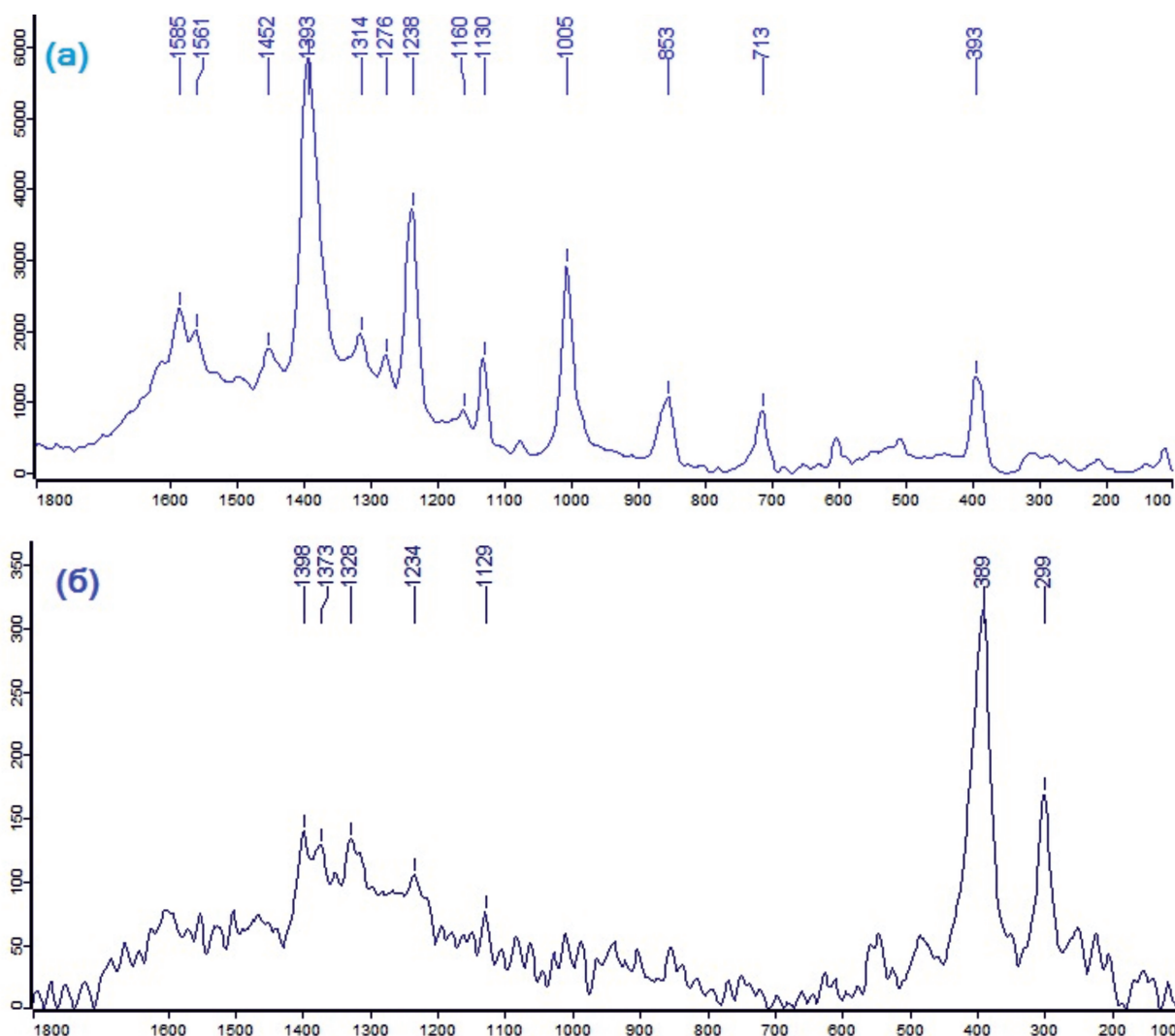


Рис. 6. КР-спектры мелких частиц «плывущего золота»

По оси абсцисс – волновые числа см^{-1} , по оси ординат – интенсивность сигнала.

В области волнового числа 1393 зафиксирована максимальная интенсивность сигнала 6000, свидетельствующая о наличии эффекта гигантского комбинационного рассеяния, характерного только для наночастиц Au.

КР-спектры самородка – интенсивность сигнала не превышает 150 единиц

«плавучего золота» без дополнительной их модификации и обработки (рис. 6). Метод КР (рамановское рассеяние) основан на возможности определения колебательных мод молекул и вибрационных мод в твёрдых телах, также служит для определения вращательных и других низкочастотных мод систем. Рамановская спектроскопия использует монохроматическое лазерное излучение и применяется для получения структурных «отпечатков пальцев» соединений, по которым можно идентифицировать молекулы вещества, в частности золота и серебра. Лазерный свет взаимодействует с колебаниями атомов в молекулах или другими возбуждениями в системе, в результате энергия лазерных фотонов смещается в область высоких или низких значений. Сдвиг энергии даёт информацию о колебательных модах в системе, которые и являются её своеобразными отпечатками пальцев. КР-спектры снимались при помощи КР-спектрометра RamanStation 400F, оснащенного лазером с длиной волны 785 нм (пр-во Perkin Elmer). Мощность лазера при съёмке КР-спектроскопии 90 мВт, длительность съёмки 30 с. Обработку спектров проводили в программе Bruker OPUS 7.2. по методикам, описанным в работах [19-21].

В КР- спектрах частиц «плывущего золота» присутствуют полосы в окрестностях 390, 850, 1130, 1230, 1590, принадлежащие оксидам железа (390), алюмосиликатам (1130, неточно) и высокомолекулярным органическим соединениям (1560-1590). Максимальная интенсивность полос в спектре золотых частиц (6000 отн.ед.) фиксируется в области 1393, что свидетельствует о многократно усиленном сигнале с поверхности золотых частиц. Вероятнее всего, такой сигнал говорит о наблюдаемом эффекте гигантского комбинационного рассеяния (ГКР, SERS), характерном для поверхности золота (и других благородных металлов) с микронеоднородностями размером 20-200 нм [11, 19-21].

Нанесение на поверхность золотых частиц водного раствора красителей (Родамина Б и Метиленового голубого) не привело к появлению усиленных полос красителей в спектрах поверхности частиц, что свидетельствует об отсутствии сорбции красителей на активных микронеоднородностях (адсорбированные органические вещества на поверхности гидрофобных частиц Au не могут заместиться красителями из водных растворов). Также наблюдалась миграция золотых частиц к краям свежей капли красителя, что может дополнительно свидетельствовать о присутствии поверхностно-активных веществ на поверхности золотых частиц.

Таким образом, на основании КР-спектроскопии поверхности золотых частиц были сделаны заключения, хорошо совпадающие с данными других методов исследований:

1. На поверхности золотых частиц кроме существенно плёночных структур Au, размером в микроны, существуют участки с микронеоднородностями характерных размеров – менее 200 нм (до 5 нм), которые, вероятнее всего, вызваны наличием как сгустков коллоидных частиц, так и их отдельных экземпляров, что позволяет наблюдать эффекты гигантского комбинационного рассеяния света (ГКР) на поверхности частиц «плывущего» Au. На более гладкой поверхности крупных золотых частиц сигнал КР значительно слабее.
2. На поверхности золотых частиц присутствуют микроколичества поверхностно-активных веществ (как органических, так и неорганических), которые в сочетании с пористой структурой, с одной стороны, обеспечивают плавучесть и гидрофобность золотых частиц, а с другой – как бы «притягивают» противоположно заряженные мицеллы коллоидных частиц золота на свою поверхность.
3. Полосы, наблюдаемые в КР-спектре частиц в областях 1005 см^{-1} , 1450 см^{-1} , 1561

см⁻¹, 1585 см⁻¹, обычно характерны для органических веществ, таких как конденсированные ароматические соединения, парафины и карбоновые кислоты, которые могут сорбироваться из углеродистых, содержащих керогены [16] сланцев района исследований, а также из почвы и воды естественных водоемов, осажаясь на поверхности частиц, и действовать как природные поверхностно-активные вещества.

4. Искусственное или природное изменение свойств поверхностно-активных веществ, присутствующих на поверхности золотинок, способно обеспечить как отрицательную, так и положительную их плавучесть. Этот процесс давно используется при флотационно-адсорбционных схемах обогащения руд золоторудных месторождений.

5. Наличие других элементов, кроме углерода и кислорода, подтверждается данными электронной микроскопии (рис. 7, табл. 4), наличие которых наводит на мысль о преимущественно избирательной способности конденсированных ароматических соединений для Au, а лишь затем для Fe, Si и других элементов.

Элементный анализ, кроме углерода, показывает значительное содержание кислорода в соотношениях, существенно превышающих их количество для органических веществ, близких к керогенам и гуминовым кислотам. Причём содержание кислорода коррелирует с суммарным содержанием железа, алюминия и кремния. Это может свидетельствовать о присутствии на поверхности образцов не только органических веществ, но и тонких слоев гидратированных алюмосиликатов общей форму-

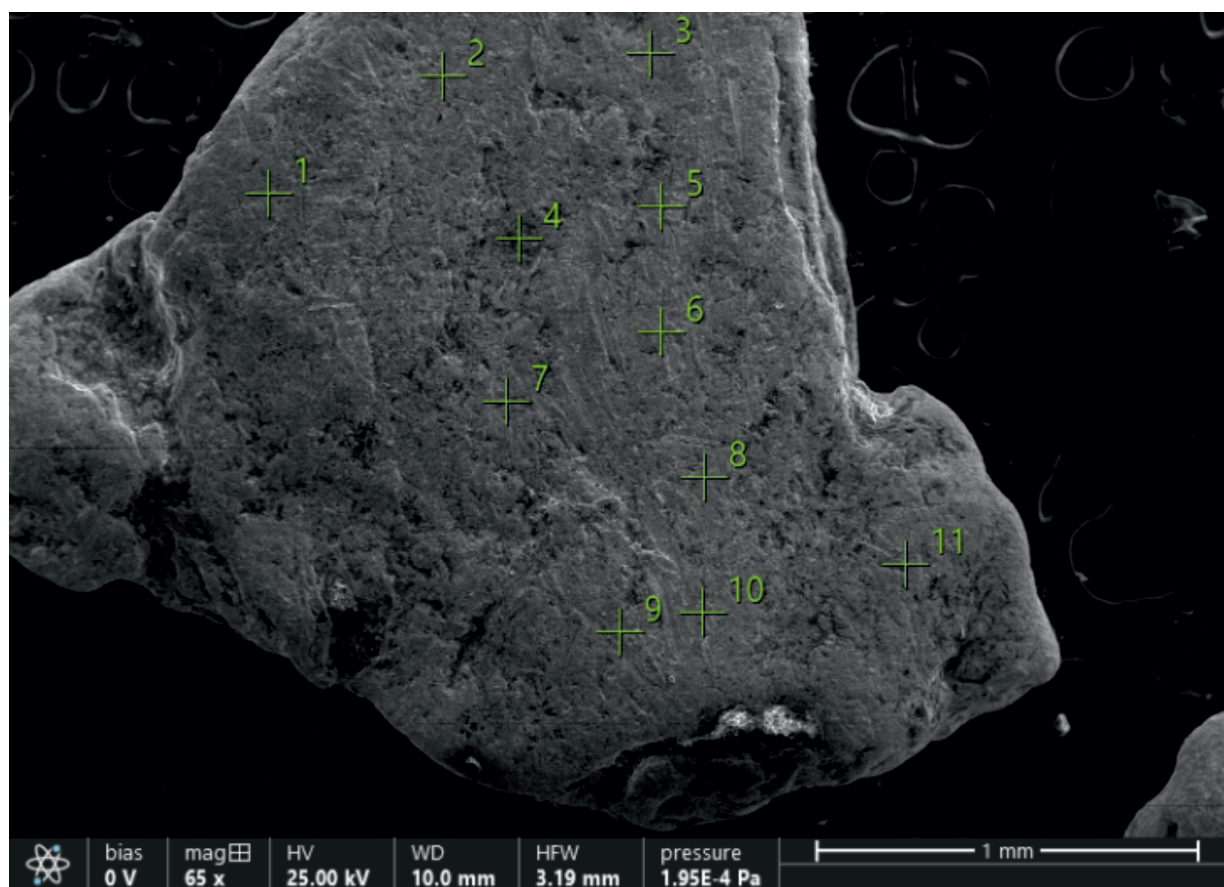


Рис. 7. Крупная частица «плывущего золота» в поле зрения электронного микроскопа «Prisma E». Содержания элементов в точках исследований приведены в таблице 4

лы $(Al_2O_3)_x \cdot (SiO_2)_y \cdot (H_2O)_z$, способных не только содержать воду в структуре кристаллогидратов, но и химически ее связывать с образованием клатратов (механизм, аналогичный связыванию воды молекулярными ситами из класса цеолитов).

На основании вышесказанного можно предположить, что поверх тонкого слоя органического вещества, облегающего поверхность золотых частиц, может оседать неорганическое вещество в виде пористых алюмосиликатов, окислов железа и других минералов, в том числе и коллоидов Au.

ВЫВОДЫ

- «Плывущее золото» – это многофазное гетерогенное минеральное образование, имеющее сложную внутреннюю и внешнюю структуру, состоящую из неорганических и органических компонентов.
- Его внутренняя структура, элементный и фазовый состав однозначно показывают, что «плывущее золото» является переходной формой от коллоидных частиц и их ансамблей к самородному золоту. Оно, в отличие от коллоидных форм золота, менее подвержено процессам растворения в кислотах, обладает ограниченной возможностью миграции в водных потоках и может служить основой образования более крупных форм.
- Структурные и фазовые характеристики «плывущего золота» отличаются от микро- и наноразмерных образований благородных элементов, исследованных нами ранее на многочисленных золоторудных и других объектах, в сторону упрощения химического состава и приближения к составу самородков.
- Значительный вклад в повышенную «плавучесть» золотинок обеспечивает наличие органических веществ, находящихся на их поверхности. Наиболее вероятно, это ароматические соединения и карбоновые кислоты, характерные для месторождения Сухой Лог.
- Наличие сорбирующих коллоиды плёнок органических веществ на поверхности «плывущего золота», на которые легко осаждаются коллоидные частицы золота (и некоторых других элементов), вероятнее всего, способствует росту золотинок и переходу их в более крупные разновидности, если они окажутся в благоприятных условиях в природных ловушках. Например, в трещиноватых породах плотиков.
- Как минеральные, так и органические вещества на поверхности самородков

Таблица 4
Процентные содержания элементов в точках исследования

№ точек исследования	Элементы										
	Au	C	O	Fe	Si	Al	Ta	K	N	Mg	Ti
1	87.2	1.7	8.6	0.9	0	1.6	0	0	0	0	0
2	81.3	1.5	12.4	1.5	1.1	1.7	0	0.5	0	0	0
3	87.3	1.4	8.1	0	0	1.8	0.7	0.7	0	0	0
4	83.8	1.0	10.6	1.4	1.0	1.0	0	0.4	0.8	0	0
5	84.1	1.2	11.1	0	0	1.9	1.7	0	0	0	0
6	77.1	1.0	16.2	1.3	2.4	2.4	0	0	0	0	0
7	66.4	1.0	22.5	3.6	2.7	2.7	0	0.5	0	0.3	0.4
8	75.7	1.1	17.6	1.1	3.6	1.0	0	0	0	0	0
9	74.9	0.7	16.6	1.0	6.1	0.7	0	0	0	0	0
10	64.2	0.7	14.6	3.9	12.2	3.0	0	1.2	0	0.2	0
11	83.2	0.8	12.6	1.0	0.8	1.6	0	0	0	0	0

могут влиять на последующее изменение его размеров за счет эрозии (вымывания) и коагуляции новых коллоидных частиц на активной поверхности самородка.

- В системе водных потоков россыпного месторождения Хлебопёк нами были установлены следующие формы золота: химически связанные формы → золи и гели форм золота → «плывущее золото» → самородное золото. Первая и последняя формы малоподвижные, вторая и третья – подвижные и легко преобразующиеся. Минералого-геохимический состав «плывущего золота» исследован впервые.
- По нашим наблюдениям, массовая доля «плывущего золота» может даже превышать массу извлекаемого при промывке самородного золота. Но оно, как и извлекаемое промывкой золото, является аксессуарным минералом в общей массе промываемых пород. Основная же масса Au, как и предсказывала Н.В. Петровская, существует в виде химически связанных форм и коллоидных частиц. Это говорит о том, что коэффициент полезного действия природы по улавливанию золота ограничен и не приспособливается

под желания человечества. И повышение этого КПД очевидно лежит не в области совершенствования цианидных схем выщелачивания, которые, как и амальгамные, себя морально изжили, а в области совершенствования конструкций, улучшающих свойства природных ловушек и повышающих их КПД.

- Что же касается форм платиноидов, то, несомненно, их химически связанные и зольные формы присутствуют не только в породах, но и в водных системах ручья Хлебопёк. Однако причины отсутствия их перехода к «плывущей», а тем более к «самородной» стадии формирования в условиях россыпи пока нами не установлены.

Главный вывод, который мы можем сделать на основании ранее полученных нами результатов и данных исследований, в том, что кроме собственно «самородного золота», извлекаемого на месторождениях гравитационным методом, могут быть разработаны способы повышения природного КПД процессов концентрации и извлечения «плывущего» Au, его золь, гелей и, возможно, его химически связанных форм.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Билибин Ю.А. Основы геологии россыпей.– М.: изд-во Академии наук СССР. – 1955. – 472 с.
2. Дистлер В.В., Митрофанов Г.Л., Немеров В.К., Коваленкер В.А. и др. Формы нахождения металлов платиновой группы и их генезис в золоторудном месторождении Сухой Лог (Россия)// ГРМ.–1996.–т. 96.–№6.– С. 467-484.
3. Дубков А.А., Жабин А.В., Кузнецов Ю.А., Грибанов В.Н., Калинин В.Н., Гулин А.А. Исследования минерального состава россыпного месторождения Хлебобёк (Бодайбинский район Иркутской области) // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2023. – Вып. 109. – С. 20-29.
4. Дубков А.А., Жабин А.В., Калинин В.Н., Кузнецов Ю.А. // Исследование благороднометалльной минерализации пород кор выветривания Карийского рудного поля методами рентгенофазовой дифракции и электронной микроскопии (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ) // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2023. – Вып. 110. – С. 12-24.
5. Жабин А.В. Кузнецов Ю.А., Дубков А.А. К вопросу о применении рентгеноструктурного и энерго-дисперсионного анализов для обнаружения платиноидной и рениевой минерализации на золоторудных проявлениях (на примере золото-сульфидных месторождений Центрального Сихотэ-Алиня Приморского края) // Недра Поволжья и Прикаспия.– 2021. вып. 104. – С.30-38.
6. Жабин А.В., Кузнецов Ю.А., Дубков А.А., Золотарёва Г.С. Импациты в четвертичных отложениях Воронежской антеклизы// Недра Поволжья и Прикаспия.– 2020.– Вып. 102.– С.39-52.
7. Иванов А.И., Агеев Ю.М. Закономерности формирования золоторудных месторождений золота Бодайбинского рудного района // Известия Сибирского отделения, секции наук о Земле.– 2005.– Вып. 2.– С. 37-49.
8. Избеков И.Д. Образование и эволюция россыпей. –Новосибирск: Наука, 1985. –189 с.
9. Кузнецов Ю.А., Дубков А.А., Калинин В.Н., Жабин А.В., Варфоломеев С.Д. Исследования микроформ кристаллических соединений благородных металлов в золоторудных месторождениях Евразии// Недра Поволжья и Прикаспия. – 2023.– Вып. 111.– С. 27-37.
10. Лавёров А.П., Дистлер В.В., Прокофьев В.Ю., Юдовская М.А. Новые данные об условиях рудообразования флюидов золотоплатинового месторождения Сухой Лог// Доклады РАН.– 2000.– Т.371.– №1.– С. 86-92.
11. Набиев И. Р., Ефремов Р. Г., Чуманов Г. Д. Гигантское комбинационное рассеяние и его применение к изучению биологических молекул // УФН. –1988.– № 3. –С. 459-492.
12. Онищенко С.А. Сокерина Н.В. Особенности формирования золоторудного черносланцевого месторождения Голец Высочайший (Восточная Сибирь)// Записки Российского Минералогического Общества.– 2021.– ч. CL.–№1.– С. 63-73.
13. Петровская Н.В. Самородное золото. –М.: Наука, 1973. – С. 300-332.
14. Сахно В.Г., Жабин А.В., Кузнецов Ю.А., Дубков А.А. О находках элементов платиновой группы, драгоценных и редких металлов в породах баженовской свиты (Западная Сибирь) и сравнение их с известными рудными объектами Северо-востока РФ// Недра Поволжья и Прикаспия.– 2020.– вып. 101. – С. 79-89.
15. Тарасова Ю.И., Будяк А.Е. и др. Типоморфизм, типохимизм и изотопно-геохимические характеристики железа месторождения Голец Высочайший (Восточная Сибирь)// Записки Российского Минералогического Общества.– 2021.– ч. CL.– №1.– С. 63-75.
16. Таусон В.Л., Немеров В.К. и др. Парагенетические отношения пирита углерода и золота на месторождении Сухой Лог и типоморфизации поверхности пирита// ДАН.–2009.– Т. 426.– №4.– С. 529-532.
17. Хасан Н., Хольце Р. Спектроскопия гигантского комбинационного рассеяния самоорганизующихся монослоев 2-меркаптопиридина на золотом электроде // Электрохимия. – 2012. – Т. 48.– № 4.
18. Шило Н.А. Учение о россыпях. Теория россыпеобразующих рудных формаций и россыпей. –Москва, 1981.– с. 383.
19. Brian C. Smith. Fundamentals of Fourier-transform infrared spectroscopy. London, Taylor & Francis Group LLC.–2011.– 182 p.
20. Khatibi, S., Ostadhassan, M., Tuschel, D., Gentzis, T., Carvajal-Ortiz, H. Evaluating Molecular Evolution of Kerogen by Raman Spectroscopy: Correlation with Optical Microscopy and Rock-Eval Pyrolysis// Energies.– 2018.– 11 (6), 1406.– <https://doi.org/10.3390/en11061406>.
21. Péron, O., Rinnert, E., Toury, T., Lamy de la Chapelle, M., Compère, C. Quantitative SERS Sensors for Environmental Analysis of Naphthalene//Analyst.– 2011.– 136 (5)– P. 1018–1022.