

что и юрские, и меловые пески обладают сосредоточенной структурой и являются пригодными для формовочного производства. По содержанию глинистой составляющей пески юрского возраста относятся к кварцевым, мелового возраста – к тощим и жирным пескам. Пески четвертичного возраста обладают небольшой концентрацией зерен на трех смежных ситах.

К настоящему времени отсутствует четкая модель формирования стекольных песков на рассматриваемой территории, что, естественно, негативно сказывается и на промышленном освоении, и на геологических изысканиях. Основой такой модели является изучение вещественного состава как базы для построения дальнейших выводов об условиях формирования месторождения и, в частности, факторов, влияющих на концентрации оксида железа в кварцевых песках.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иванова, В.Ф. Отчет о завершении детальной разведки юго-восточной части Чулковского месторождения стекольных и формовочных песков в Раменском районе Московской области / В.Ф. Иванова, С.М. Ряховский. – М. : ООО «Центрмин», 2002. – 69 с.
2. Оценка возможности обогащения песков Чулковского месторождения применительно к действующему производству обогатительной фабрики Раменского ГОКа: отчет о НИР. – М., 2002. – 100 с.
3. Бизяева, О.А. Отчет о поисково-оценочных работах на стекольных песках в районе, прилегающем к Егановскому месторождению, предварительной разведке Вешняковского месторождения и переоценке запасов Чулковского и Константиновского месторождений в Раменском районе Московской области для расширения сырьевой базы Раменского ГОКа / О.А. Бизяева, З.М. Адырхаева // Фонды ТГФ ЦРГЦ, 1981.
4. ГОСТ 22551-77. Песок кварцевый молотый песчанник, кварцит, жильный кварц для стекольной промышленности. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 9 с.
5. Бирюлев, Г.Н. Минеральное сырье. Стекольное сырье: справочник / Г.Н. Бирюлев, В.М. Гонюх, А.В. Корнилов. – М. : Геоинформмарк., 1999. – 28с.
6. Кузнецов, А.В. Формовочные и стекольные пески СССР. Недра / А.В. Кузнецов, И.Л. Шаманский, Г.Л. Миропольская. – М., 1981. – 192 с.
7. Юбельт, Р. Определитель минералов / Р. Юбельт // Мир. – М., 1978. – 328 с.
8. Иванов, В.В. Экологическая геохимия элементов. Кн. 4: Главные d-элементы / Иванов В.В. // Экология – М., 1996. – 416 с.

УДК 551.4

## К ВОПРОСУ ОБ ИСТОЧНИКАХ ЗОЛОТОПЛАТИНОИДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННОЙ ЗОНЫ МАТАГАНИЯ-СИГИРИ (ГВИНЕЯ, ЗАПАДНАЯ АФРИКА)

Е.Н. Божко

*Воронежский государственный университет*

В статье рассматриваются вероятные источники золотоплатиноидной минерализации на территории мезозойского обрамления протерозойской структурно-формационной зоны Матагания-Сигири. В качестве источников предполагаются крупные расслоенные массивы трапповой формации и вмещающие их метасадочные породы протерозоя.

Ряд россыпных объектов на западной периферии структурно-формационной зоны Матагания-Сигири содержит золото, значительно отличающееся по своим свойствам, в первую очередь, по набору примесей от остального золота региона. В среде местных старателей этот металл называют «l'or blanc» – белое золото. Аккумулятивные отложения практически всех водотоков с верхними составляющими, заложенными на массивах мезозойских траппов, в той или иной мере содержат «l'or blanc», содержания которого достигают 10–15 % от общего количества отмытого золота. В первую очередь это долины бассейна р. Гаран, линей-

ные эрозионные формы массива Суругамбе, частью россыпи р. Майел и т.д. При удалении водотоков от тел мафитультрамафитового ряда количество белого золота резко снижается. Это связано с тем, что экзогенные процессы, влияющие на поступление в долины рассматриваемого металла, протекают на геологических телах иного состава.

В результате работ, проведенных компанией «ENIT» в рамках исследования золотоносности структурно-формационной зоны Матагания-Сигири, были выявлены концентрации платиноидсодержащего золота в пределах или в непосредственной близости от крупных

расслоенных массивов базит-гипербазитового состава мезозойского траппового комплекса территории.

### Мезозойский трапповый комплекс

Проявления траппового магматизма широко развиты на территории, отражая мезозойский этап тектономагматической активизации, вызванной распадом Гондваны. Трапповые массивы распространены вдоль западной границы площади, являясь западным обрамлением структурно-формационной зоны Матагания-Сигири. Общее субмеридианальное (северо-восточное) положение трапповых тел, по-видимому, фиксирует направление региональной тектонической структуры, с которой и было связано внедрение основных магм. Трапповый комплекс района исследований включает три группы пород: долериты, габбро-долериты, конгадолериты; перидотиты, гранофиры.

*Долериты, габбро-долериты, конга-долериты.* Встречаются практически повсеместно в образованиях фундамента и осадочного чехла. Форма и размеры интрузивных тел весьма разнообразны. По-видимому, это отражает специфику магмаконтролирующих структур и компетентность среды. Преобладают силлы. Их мощность изменяется в широких пределах: от первых до 250–300 м, протяженность достигает 50–60 км. В большинстве случаев они располагаются согласно слоистости вмещающих пород или полого пересекают отдельные пласты. Наблюдаются многочисленные случаи перехода силлов на различные стратиграфические уровни, их разделение на несколько самостоятельных интрузий (с образованием системы многоэтажных межпластовых залежей). На отдельных участках отмечается слияние силлов с образованием тел сложной формы. Основное количество силлов имеет четкую пластообразную форму и резкие контакты с вмещающими отложениями. В зонах эндоконтакта всегда фиксируется оторочка практически нераскристаллизованных стекловатых пород мощностью от нескольких мм до первых см. В экзоконтакте – ороговикование вмещающих пород. Внедрение силлов не сопровождалось заметными деформациями вмещающих геологических тел.

Большинство изученных интрузивных массивов рассматриваемого морфологического типа сложено долеритами, а наиболее мощные из них (более 50 метров) в центральных частях представлены габбро-долеритами. Во всех наблюдавшихся случаях между этими породами отмечались постепенные взаимопереходы. В краевых и апикальных частях некоторых силлов встречены конга-долериты, которые рассматриваются как результат раскисления магмы за счет ассимиляции вмещающих пород.

Дайки и дайкообразные тела долеритов встречаются практически во всех комплексах пород, известных на изучаемой территории. Среди них по особенностям строения магмаконтролирующих структур выделяются два подтипа: крутопадающие и наклонные тела, выполняющие зоны разломов и трещины различных направлений, и преимущественно наклонные дугообразные и кольцевые

тела, приуроченные к кольцевым тектоническим структурам. Наибольшее количество даек первого подтипа было выявлено в поле развития кварцевых песчаников свиты Дабату, в районе кристаллического выступа Боне.

В районе распространения отложений свиты Дабату размещение даек долеритов контролируется сложной системой тектонических нарушений и трещин субмеридианального, северо-восточного и северо-западного направлений. Благодаря этому дайки в плане имеют сложную форму, обусловленную их частым переходом из одной системы трещин или нарушений в другую.

Мощность даек варьирует от нескольких до 150–200 м, протяженность достигает первых сотен метров. Большинство из них имеет восточное падение под углами 25–45°, но встречаются и противоположные направления, а также вертикальные залежания. Часть даек осложнена апофизами сопровождающих их маломощных (10–20 м) силлов. Дугообразные и кольцевые дайки установлены в отложениях бирримской серии и свиты Дабату. В плане эти дайки располагаются по округлостям и эллипсам неправильной формы или, сливаясь, слагают единые кольца с диаметрами от 5 до 25, иногда – до 40 км. Эти тела имеют четко выраженный наклон (40–75°) в сторону центров округлостей, образуя в целом воронкообразные интрузии с мощностью стенок до 200–250 м.

Природа образования подобных структур не имеет надежного объяснения. Можно только предположить, что они формировались в областях разгрузки тектонических напряжений над штоками не вскрытых интрузий или вызваны другими глубинными причинами взрывного характера. И в том, и в другом случае эти области представляют повышенный интерес с позиций поисков полезных ископаемых.

Тела неясной морфологической принадлежности, сложенные долеритами и габбро-долеритами, характеризуются значительной протяженностью (до 35–40 км), большой мощностью (сотни метров – первые километры) и в целом линейной, но неправильной формой. Скорее всего, эти интрузии представляют собой сложное сочетание системы «многоэтажных» силлов, сопряженных с подводящими каналами различной формы.

Перидотиты имеют локальное распространение на изучаемой площади. Небольшие тела закартированы в районе участков Или-Малё, Мета, Рангайя и ряде других пунктов. Эти породы обычно ассоциируют с наиболее крупными массивами габбро-долеритов, слагая некоторые их части или образуя сопряженные тела. Отмечаются крупные лополитообразные тела габбро-долеритов, нижние части которых сложены плагиоклазовыми перидотитами. По данным съемочных работ [1], при бурении установлен постепенный, но достаточно быстрый (в интервале 0,5–1 м) переход между этими породами. Максимальная вскрытая мощность перидотитов составила здесь 45 м (забой скважин остановлен в перидотитах). Среди них зафиксировано несколько горизонтов габбро-долеритов мощностью 1–3 м каждый, также с постепенными переходами к перидотитам. В некоторых силлах перидотиты сменяют по

простирацию долериты на всю их мощность и полностью слагают краевые части силлов. Присутствуют автономные тела перидотитов, образующие наклонные

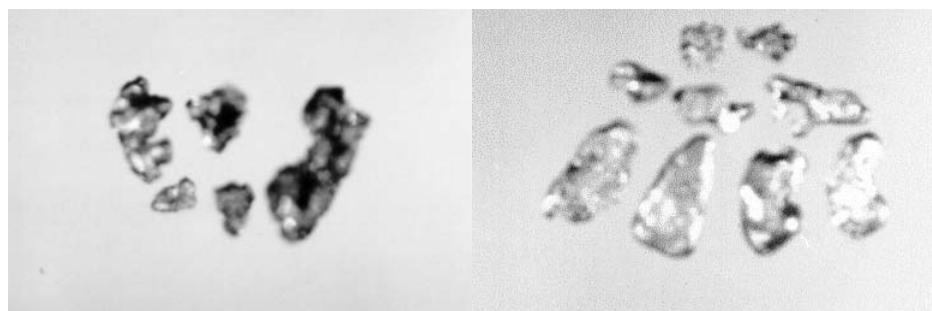
дайки (углы от 40 до 80°) мощностью до 50 м.

Геохимическая специализация пород траппового комплекса приведена в таблице 1.

Таблица 1

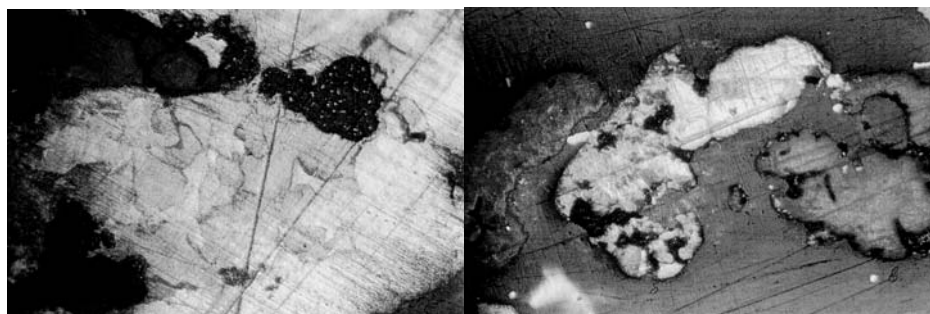
### Средние содержания химических элементов в породах траппового комплекса [1]

Содержание химических элементов в $\text{px}10^{-3} \%$												
	Ti	V	Mn	Co	Cu	Ni	Zn	Pb	Ga	Zr	Mo	P
Cc	450	20	100	7	12	15	15	0,5	1,7	20	0,4	100
Kk	1	2,2	1	3,9	2,6	2,6	1,8	0,3	0,9	?	3,6	1,1



а

б



в

г



д

### Рис. 1. Морфология и внутреннее строение палладистого золота:

а – палладистое золото свинцово-серого, до черного цвета. Фракция  $-0,5+0,1$ ; б – кристаллы и дендритоиды красновато-бурого и темно-серого палладистого золота. Фракция  $-0,5+0,1$ ; в – неяснозернистое, частично гранулированное строение палладистого золота.

Ув. 200; г – аллотриоморфнозернистое строение палладистого золота с признаками диффузионных изменений. Ув. 150;

д – включения в палладистом золоте сперрилита (I)  $\text{PtAs}_2$  и брэггита (II)  $(\text{Pd}_{0,77}\text{Pt}_{0,23}\text{Ni}_{0,02})\text{S}$ . Ув. 350

### Благороднометальное оруденение базит-гипербазитовых массивов трапповой формации

«Белое золото» россыпей территории укладывается в гранулометрический класс  $-1+0,1$  мм, но основная масса выделений представлено классом  $-0,5+0,25$ . Стально-серый цвет зерен нередко имеет розоватые, желтовато-красноватые оттенки. Отмечаются знаки бронзово-серого цвета, а также свинцово-серые до черного (рис. 1а; б). В основном золото трехмерное – кристаллы (несовершенные октаэдры, кубооктаэдры, ромбоэдры), их сростки, гемиидиоморфные выделения, реже пластинки, дендритоиды. Присутствуют частицы комковато-губчатой формы. Зерна ковкие, по твердости несколько выше основной массы золота территории. Часть зерен совсем неокатанных. При этом присутствуют знаки от слабо до совершенно окатанных, что, по-видимому, связано с параметрами их перемещения в экзогеодинамических потоках. «Белое золото» отличается гладкой уплотненной поверхностью, изредка корродированной, с мелкими углублениями, заполненными примазками гидроокислов железа или гидратированных агрегатов. В полированных шлифах видно, что частицы металла не претерпели глубоких гипергенных преобразований в коре выветривания. Золото достаточно высокопробное – 920–970.

Внутреннее строение «белого золота» полиэдрическое, конформное, разноразмерное, с отчетливыми признаками рекристаллизации и грануляции (рис. 1в). Нередко отмечаются аллотриоморфнозернистые структуры с признаками эпигенетических диффузионных изменений (рис. 1г). Знаки золота не содержат признаков гипергенного преобразования как по периферии, так и

по межзерновым прожилкам. При изучении внутренней структуры золота в одном из знаков (зерно 7, табл. 2) микронзондовым анализом были выявлены мельчайшие включения платиновых минералов – сперрелита ( $PtAs_2$ ) и брэггита ( $(PdPt)S$ ) (рис. 1д). В таблице отражен поэлементный состав включений.

«Белое золото» западного обрамления структурно-формационной зоны Матагания-Сигири содержит ряд примесей (табл. 3). Отмечается некоторая закономерность в распределении элементов примесей для золота различных составляющих водотока. Так, для верховий реки свойственно золото с более высоким количеством платиноидов в качестве примесей. Далее его количество закономерно снижается в среднем, а тем более в нижнем течении. Это вписывается в отмеченную у ряда авторов модель самоочищения золота в зависимости от дальности переноса и времени нахождения в россыпи [1; 2]. Но, во-первых – внутренняя структура платиноидсодержащих знаков не несет признаков гипергенного преобразования (по сути – безусловного свидетельства самоочищения). Во-вторых – ниже по течению уменьшение количества платиноидов на массу золота, вероятнее всего, связано с разубоживанием благороднометальной составляющей россыпи золотом из других золоторудных объектов, не содержащих элементы платиновой группы, поскольку прекращается поступление материала с массивов-источников платиноидов, а водотоки дренируют прочие геологические тела. В-третьих – скорее всего, элементы платиновой группы, в связи со своей «благородностью», будут максимально долго удерживаться в составе твердого сплава и не будут подчиняться тем правилам самоочищения золота, которые свойственны для большинства элементов.

Таблица 2

**Состав включений платиноидов в зерне № 7 из россыпи руч. Дункеба по данным локального микронзондового рентгенофлуоресцентного анализа (камебакс)**

Объект	Элементы примеси						Примечания
	Pd	Pt	As	Ni	S	Сумма	
Руч. Дункеба	0,0	56,69	43,20	-	-	99,89	$PtAs_2$ – сперрилит
Зерно № 7	52,39	26,45	-	0,69	20,46	99,99	$(Pd_{0,77}Pt_{0,25}Ni_{0,07})S$ – брэггит

Таблица 3

**Усредненный состав элементов примесей золота из россыпей с платинометальной специализацией по данным спектрального количественного анализа**

Место пробоотбора	Элементы примеси									
	As	Bi	Cu	Fe	Hg	Pd	Pt	Sb	Sn	Te
Руч. Дункеба	-	0,001	0,03	-	0,1	-	-	-	-	0,003
Верховья р. Гаран	0,0085	0,006	0,1	0,008	0,2	>> 0,1	0,07	0,0008	0,001	0,003
Среднее течение р. Гаран.	0,01	0,0003	0,02	0,015	0,1	> 0,1	-	-	-	-
Низовья р. Гаран	-	-	0,1	-	0,05	0,07	-	-	-	-

Из таблицы 4 видно, что особенностью платиноидсодержащих золотин является отсутствие в них, за редким исключением, примесей серебра. При этом золото россыпей с платинометалльной специализацией, не содержащее в качестве примесей элементы платиновой группы, несет в себе серебро в количестве до 20 и более процентов. Вообще, как правило, в одной и той же россыпи золото, содержащее в качестве примесей элементы платиновой группы, имеет более высокую пробу по сравнению с основной массой золота. Здесь же надо сказать о несколько меньшем количестве ртути в платиноидсодержащих золотилах. Стоит отметить, что для знаков, содержащих платиноиды и серебро, отмечается и несколько повышенные содержания ртути, например золотины 7; 8 объекта Дункеба и 4; 5 низовий р. Гаран (табл. 4). Таким образом, для платиноидсодержащего золота возможно выделение двух разновидностей: 1 – золотины с Au ~ 96,26 %, Pd ~ 2,61–2,81 %, содержащие незначительное количество платины и без серебра; 2 – золотины, содержащие Au ~ 86,25–92,5 %, Ag ~ 12,5–5,5 %, Pd ~ 1,1–1,8 % и несколько повышенное, по сравнению с первой разновидностью, количество ртути.

Еще одной особенностью благороднометалльной характеристики объектов с палладистым золотом является наличие в классе –0,1 мм мелких, округлых (шаровидных, дробевидных) выделений платины. Кроме дробевидных обособлений отмечаются знаки уплощенно-неправильной комковатой формы. Знаки платины имеют гладкую уплотненную поверхность, в принципе свойственную и «белому золоту». Цвет платины – стально-серый, с отчетливым металлическим блеском. Знаки слабо магнитные – реагируют на намагниченную иглу, значительно тверже золота. С последним они имеют близкий удельный вес.

По мнению авторов отчета по минералогическому исследованию золота из россыпей некоторых районов

Гвинеи [4], аномально необычный для региона состав «белого золота», значительное количество палладия в качестве примесей, присутствие включений минералов платиновой группы, а также наличие в благороднометалльной ассоциации зерен платины предполагает связь коренных источников с метасоматически измененными ультрабазитами. Но для ряда участков, в том числе бассейна р. Гаран, гипербазитовые тела неизвестны. Более того, нигде в регионе не отмечалось метасоматически измененных пород в массивах мезозойских траппов, к которым пространственно приурочены россыпи с платинометалльной компонентой. Породы выглядят совершенно не измененными, «свежими», со всеми присущими им изначально свойствами.

Учитывая пространственную близость россыпных объектов, имеющих попутную платинометалльную специализацию и трапповых массивов (нередко магматиты этих массивов являются единственными породами, попавшими в зону действия экзогенных факторов, формирующих ту или иную россыпь), остается предположить, что источником золота, по крайней мере, в большей части россыпей, содержащих минералы платиновой группы и золото с примесью платиноидов, являются базит-гипербазитовые тела мезозойского этапа тектономагматической активизации.

Очень возможно, что некоторое разнообразие в составе золотин предопределено их различным генезисом. Вероятно, не содержащее серебра более высокопробное золото первой разновидности, наряду со знаками платины, непосредственно входило в состав магматогенных акцессорных включений самородных металлов в мафит-ультрамафитовых породах трапповой формации. Вторая разновидность золота, вероятнее всего, имеет гипергенную природу и является вторичным или «новым» золотом. Именно при образовании в условиях гипергенеза произошло формирование спла-

Таблица 4

**Состав элементов примесей «белого золота» по данным локального микрорентгеноспектрального анализа (КАМЕБАКС)**

Место пробоотбора	№ золотины	Элементы примеси							Примечания
		Au	Ag	Pd	Pt	Cu	Hg	Сумма	
Руч. Дункеба	4	97,6	-	2,3	-	-	0,09	99,99	Монозернистое внутреннее строение с признаками пятнистой неоднородности и частичной перекристаллизации
	5а	91,85	-	7,71	-	-	0,09	99,65	
	5б	91,50	-	8,2	-	-	0,1	99,80	
	6а	94,85	-	4,85	-	-	0,07	99,77	
	6б	95,45	-	4,25	0,09	-	0,11	99,9	
	7	94,26	1,25	3,9	0,06	-	0,07	99,53	
	8	86,5	6	7,14	-	-	0,24	99,89	
Низовья р. Гаран	2	96,26	-	2,81	-	0,84	-	99,81	Аллотриоморфнозернистое
	3	96,19	-	2,61	0,06	0,64	-	99,5	
	4	86,25	12,2	1,1	-	-	0,05	99,6	Монозернистое
	5	92,5	5,5	1,8	-	-	0,09	99,89	Зернистое, двойниковое

ва золота, серебра, палладия, первичным источником которых служили их тонкодисперсные примеси в траппах. Этот вывод, в некотором роде, иллюстрируют золотинны № 4 и 5 (табл. 4) из низовий р. Гаран. Высокое содержание серебра до 12,2 % и присутствие некоторого количества ртути при очевидной удаленности от интерпретируемого источника, вероятно, предполагают его новообразование. Ведь в случае переноса золота на расстояние порядка 4–5 км, отделяющего массивы траппов от места пробоотбора, произошло бы самоочищение золота от легкоудаляемых примесей. Гипергенной природе этих знаков не противоречит и его внутреннее монокристаллическое и двойниковое строение. Не исключено, что и золотина, содержащая в себе включения минералов платиновой группы (см. рис. 1д) является иллюстрацией подобного процесса новообразования, а сперрилит и брэггит послужили зернами затравки.

Несмотря на то, что золото относится к слабо дифференцирующимся элементам в ряду магматических пород [5], некоторое повышение его содержания с возрастанием основности отмечает большинство исследователей элементного состава горных пород [6; 7], и определяется как 0,004 г/т [6] для базальтов континентов. При этом для ряда регионов мира содержание золота в основных породах кажется и вовсе высоким. Например, Б. М. Михайлов [8] со ссылкой на Р. Голубинова приводит содержание золота в траппах Гвинеи, равное  $n-1$  г/т (до  $n$  г/т!), у С.С. Воскресенского имеются сообщения о содержании золота в гипербазитах до 1,3 г/т [2]. При характеристиках трапповых провинций золото называется как один из элементов геохимической специализации, указывая, что металлогенетическая специализация реализуется в интрузивной составляющей траппов [9]. Данные о возрастании содержания золота и палладия с увеличением основности приводятся у многих исследователей. По данным «Справочника...» [6] содержание палладия увеличивается от пород основного ряда к гипербазитам от 0,02 до 0,09 г/т.

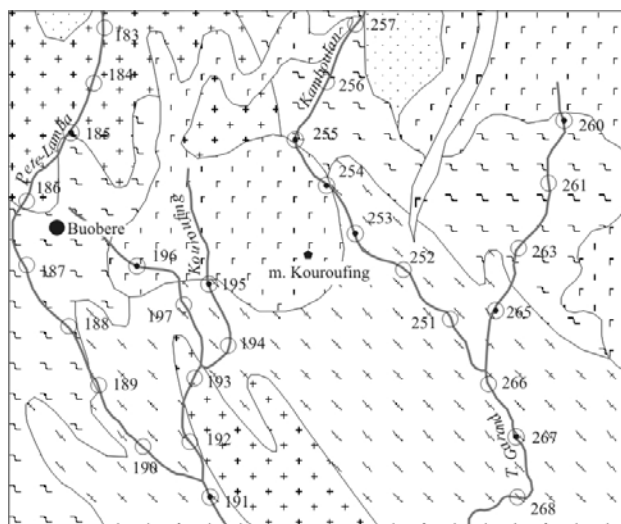
Говоря о золото- и платинометалльной специализации в основных и ультраосновных породах вообще, хотелось бы осветить данные ряда исследователей. Так, в толеитовых базальтах Костариканской рифтовой зоны Тихого океана содержания золота достигают 0,006 г/т, палладия – 0,03 г/т [10; 11]. В базальтах Большого Толбачинского извержения содержание золота составляет 0,001–0,003 г/т, палладия – 0,017 г/т [10]. Те же содержания золота и палладия установлены в базальтах и долеритах Сибирской платформы [12]. Для усредненных базальтов приводятся фоновые содержания золота в 0,0028 г/т, палладия в 0,004 г/т [13]. Заимствованные данные, в первую очередь имеются в виду сильно варьирующие содержания палладия (более высокие, чем приведенные в «Справочнике...» [6] и на порядок ниже для усредненных базальтов по Д.А. Додину и др. [13]) существенно отличаются друг от друга. При этом авторы фундаментального труда по платинометалльным месторождениям [13] отмечают завышенность фоновых содержаний по элементам платиновой группы у большинства авторов, в том числе и у

Виноградова, используя данные которого А.П. Соловов [6] формировал таблицу средних содержаний для ряда пород. По большому счету, в нашем случае не столь существенна количественная характеристика в содержании элементов платиновой группы. Чтобы достаточно корректно говорить о возможности заражения золота россыпью платиноидной компонентой, приемлемо и качественное обозначение их достаточно высокого присутствия в породах мафит-ультрамафитового ряда.

Специально нами не изучались формы нахождения золота и платиноидов в трапповом комплексе региона. Сложности в исследовании платиновых минералов, заключенных в породе, в первую очередь, связаны с их существенным рассеиванием в общей массе и незначительностью размеров обособленных агрегатов. По-видимому, это самородные выделения металлов ряда Au-(Au-Cu)-(Au-Pd)-Pd-Pt в массе магматитов. Для этих элементов в габбро-долеритах свойственны выделения именно в самородном виде [14]. Взяв за основу «Формационно-генетическую типизацию месторождений и рудопроявлений платиновой группы» [13] золото-платиноидные проявления в габбро-долеритах западного обрамления территории следует отнести к собственно-магматогенной группе с формационной принадлежностью к золото-платиноидносодержащим магматическим породам мафит-ультрамафитового ряда. Хотелось бы добавить, что формирование твердых растворов ряда Pt-Pd-Au-Cu, по мнению многих авторов, специально занимающихся изучением этого вопроса, происходит на завершающей стадии становления плутонов мафит-ультрамафитового ряда, во время пневматолитовой стадии при температуре 200–450 °C [15–17]. По нашему мнению, это особенно важно для понимания близынтрузивного повышенного фона золота, о чем более подробно будет сказано ниже.

В заключение о формах нахождения золота в породах трапповой формации хотелось бы подчеркнуть неоднозначность сделанных выше выводов. Предполагая самородные включения металла в мафит-ультрамафитовых породах западного обрамления зоны Матагания-Сигири, не следует исключать вероятности дисперсного состояния как золота, так и ЭПГ. Формирование новообразований золота, обогащенного палладием в гипергенных условиях за счет тонкодисперсных включений не так уж и невероятно. В литературе встречаются сообщения о миграции элементов платиновой группы в зоне гипергенеза. Описываются минералы платиновой группы, образованные в латеритной коре выветривания. Так, в латеритных почвах полуострова Фритаун (Серра-Леоне) описаны новообразованные сплавы Pt-Fe (лаурит) и Ir-Os (эрлихманит) [18]. Такая осторожность в трактовке генезиса платиноидсодержащего золота в россыпях региона вызвана тем, что мы имеем дело с изометричными выделениями металла, а между тем, в некоторых литературных источниках [19; 20] имеются указания на первично дендритовые формы интерметаллидов для интрузивных массивов.

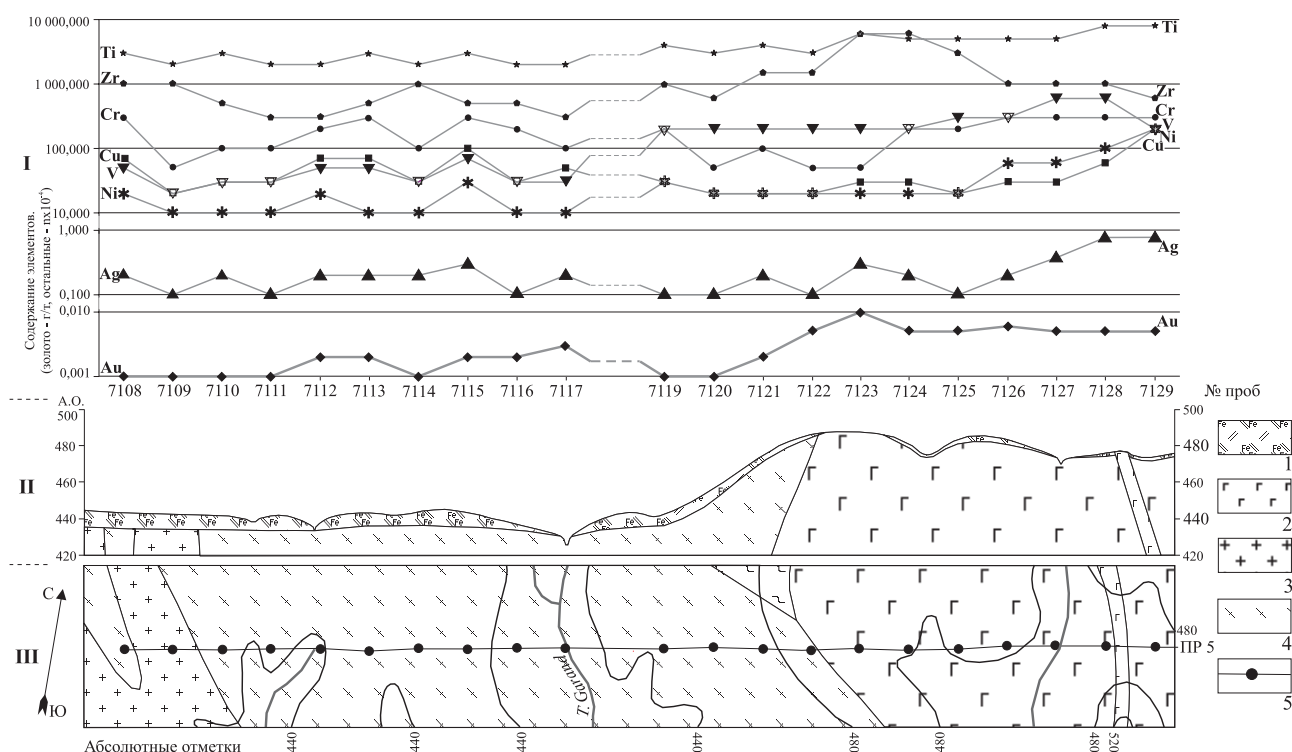
Еще одним подтверждением повышенного золотометалльного фона трапповых тел района исследова-



**Рис. 2. Схема донного опробования района г. Куруфин:**  
 1 – песчаники рифея; 2 – трапповые массивы; 3 – граниты;  
 4 – мигматиты; 5 – сланцы кристаллические, гнейсы; 6 – точки  
 пробоотбора с содержанием золота:  
 а –  $\geq 0,005$  г/т; б –  $< 0,005$  г/т

ний являются результаты региональных геохимических исследований. Так, при проведении поисков по потокам рассеивания методом опробования глинистой компоненты аллювия, для ряда водотоков с верхними составляющими, залеженными по траппам, содержания золота стабильно на порядок превышали фоновые. При этом обогащенные золотом пробы были отобраны на участках водотоков, дренирующих габбро-долериты. При выходе долин на тела иной геологической природы анализы проб показали возросшую дисперсию в распределении металла. Примером таких водотоков могут служить ручьи Куби (Koubi), Баледжи (Baledji), Сидисина (Sidissina), Камбулан (Kamboulan), Суругамбе (Souougambe) и некоторые другие безымянные водотоки. Классической иллюстрацией выше описанной закономерности в распределении золота служит массив г. Куруфин (Kouroufing). Пробы, отобранные в дренирующем массив ручье Камбулан, обогащены золотом лишь на участке, где водоток пересекает габбродолериты мезозойских траппов (рис. 2). Анализы проб, отобранных выше и ниже поля распространения базитов, показали содержания золота, равные фоновым. Фоновые содержания дали и пробы, отобранные из окрестных ручьев, недренирующих траппы.

При площадных литогеохимических работах по сети 500×250 м повышенные аномальные содержания золота также нередко фиксировались на участках



**Рис. 3. Распределение ряда элементов по данным литогеохимического опробования верхней части коры выветривания (участок Бубере, профиль № 5):**

- I – содержание элементов; II – схематический геологический разрез по профилю № 5;
- III – схема геологического строения коренных образований.
- 1 – полигенитические образования с преобладанием элювия, латериты, фрагментами кирасы;
- 2 – габбро-долериты ( $M_2$ ); 3 – граниты (PR);
- 4 – сланцы кристаллические, гнейсы (ARdb); 5 – точки пробоотбора

Содержание ряда элементов в элювии траппов на участке Рангайя  
(Au в г/т, остальные элементы в  $n \cdot 10^{-4}$  мас. %)

	Au	Ni	Co	Ti	V	Cr	Mo	Zr	Nb	Cu	Pb	Ag	Zn	Sn	Y
Зона структурных глин по габбро-долеритам, n=42	0,002	91	11	4025	340	519	4	660	16	120	15	0,17	122	1,24	11,5
Зона структурных глин по перидотитам, n=184	0,004	220	32	4323	307	1206	4	366	18	130	17	0,24	155	1,09	8,7
Зона нерастворимых окислов по перидотитам, n=413	0,015	40	7,9	4321	105	560	0,9	282	24	30,4	13,2	0,08	59,9	1,5	5,3
C <sub>ср.</sub> для основных [11].	0,004	145	48	10900	275	250	1	120	8	100	8	0,1	110	1,5	23
C <sub>ср.</sub> для ультраосновных [11].	0,007	2000	100	500	50	3000	0,2	5	1	40	0,09	0,05	50	0,5	2,9

распространения пород трапповой формации (рис. 3). Зачастую и в непосредственно близкой периферии от массивов траппов данные литогеохимических работ показывали положительные аномальные содержания золота. Последнее, по-видимому, связано и с некоторым обогащением делювиально-пролювиальных шлейфов у подножий габбро-долеритовых тел, чаще всего предопределяющих положительные структуры в современном рельефе. Впрочем, имеется и другое, подтверждаемое фактами объяснение повышенной золотоносности околоинтрузивного пространства, о чем будет сказано в следующем разделе.

В процессе гипергенных преобразований базит-ультрабазитовых пород трапповой формации на ряде участков происходит накопление золота в верхней части коры выветривания, что хорошо видно из таблицы 5, где приведены данные по участку Рангайя, где опробованием значительно охвачены трапповые тела. Как и для прочих коренных источников золота, его накопление в верхней части латеритной коры выветривания, по-видимому, связано как с формированием остаточных концентраций, так и с инфильтрационными процессами во время сухого сезона.

### Золото приконтактовых частей трапповых массивов

В ряде литогеохимических проб, отобранных из почв участка Рангайя, спектральным анализом выявлены содержания Pd, превышающие нижний порог метода – 0,5 г/т. Пробы с аномальными содержаниями палладия отобраны по площади развития пород бирримской серии и пространственно сближены с выходами на дневную поверхность пород трапповой формации, с явным предпочтением к выходам интрузивов габбрового состава перед перидотитами. Первоначальное объяснение этих аномалий связывалось с экзогенным заражением подножий массивов при перераспределении элементов склоновыми процессами.

Впоследствии, при проходе горных выработок, пересекающих в том числе и участки с повышенным содержанием палладия, из протолок метасадочных

пород биррима были извлечены мелкие знаки золота и один знак платины (рис. 4). Для благороднометалльных выделений характерны гемиидиоморфный облик, дендритовидные, комковатые формы, ярко-желтый, с легким красноватым оттенком цвет. Знак платины имеет стально-темно-серый цвет. У всех извлеченных знаков поверхность гладкая, «свежая», без признаков гипергенного преобразования.

Извлеченное из протолок золото достаточно высокопробное – 630–910, в среднем 840. Для него очень характерно постоянное присутствие палладия и платины (табл. 6). При прямой корреляции платина ( $n \cdot 10^{-1}$ ) количественно преобладает над палладием ( $n \cdot 10^{-2}$ ). Из других примесей существенное количество составляет лишь серебро – от 3,4 до 31,9 процентов. Остальные элементы в части знаков представлены десятками долями процента. Интересно отметить пусть небольшое, но постоянное присутствие в золоте некоторого количества железа. В принципе, состав описываемых золотин схож с составом палладийсодержащего золота россыпей бассейна р. Гаран. Но есть и ряд существенных отличий. Во-первых, на участке Гаран серебро в количестве  $n \cdot 10^1$  выявлено лишь в одном знаке, а для золотин участка Рангайя примесь серебра обычна и, можно сказать, обязательна. Во-вторых, для примесей в золоте Гарана свойственно явное преобладание палладия над платиной и отсутствие между ними прямой

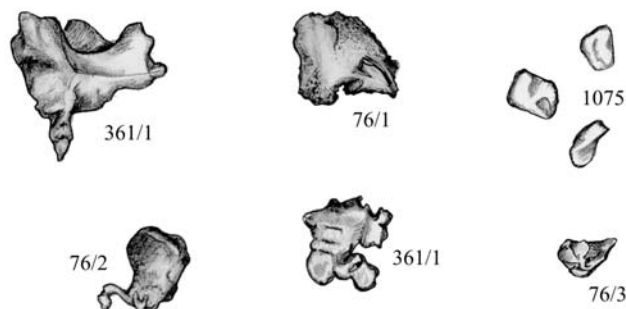


Рис. 4. Знаки золота, содержащие элементы платиновой группы из метасадочных пород бирримской серии, участок Рангайя, класс –0,5 + 0,2



Таблица 6

## Состав знаков золота участка Рангайя

№	Au	Ag	Pt	Pd	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	As	Se	Sb	Te	Bi	Сумма
486/1	81,2	13,4	4,2	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,2	0,3	0,3	0,1	101,0
ш-84	85,6	10,8	4,3	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	101,5
ш-46	63,4	31,9	3,6	0,8	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	100,5
ш-76	81,7	12,5	4,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,2	0,4	0,5	0,0	101,5
76/1	79,2	15,0	5,5	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,2	100,6
76/2	82,1	12,6	4,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	100,4
76/3	85,0	8,9	6,6	0,7	0,0	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,4	0,2	0,0	102,5
361/1	2,5	0,2	58,2	20,6	0,0	19,0	0,0	0,2	0,5	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	101,4
361/1a	84,6	11,3	4,4	0,6	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	101,6
1075	91,0	3,4	5,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	100,8

корреляции, здесь же, как уже отмечалось выше, мы имеем прямо противоположную картину.

При обработке результатов анализов литогеохимических проб была выявлена еще одна особенность описываемой золотой минерализации участка Рангайя. Выборка проб с содержанием палладия около или большим нижнего порога чувствительности анализа показала устойчиво высокую прямую корреляцию между золотом и палладием (табл. 7). Такая корреляционная связь предполагает единство источника, а также схожесть путей миграции и условий аккумуляции золота и палладия. Учитывая состав золотин, прямую корреляцию в них ЭПГ между собой и железом, можно предположительно рассматривать в качестве источника благороднометалльного оруденения массивы базит-гипербазитового ряда.

Впрочем, это верно лишь для той части участка, где просматривается пространственная и генетическая связь золота и ЭПГ. В предыдущем разделе было показано возможность формирования аномальных содержаний золота в элювии пород самих интрузивных массивов. Помимо этого, для участка предполагаются и другие генетические типы золотого оруденения. Как видно из таблицы 8, максимальные содержания золота приурочены вовсе не к высоким содержаниям палладия. Существенно выше дисперсия выборки проб, не содержащих палладий, а также эксцесс, 421,18 против 2,89.

Базит-гипербазитовые массивы участка Рангайя относятся к трапповой формации мезозойского возраста. Восточную часть выходов золотомещающих метаосадочных пород биррима ограничивает круп-

Таблица 7

**Коэффициенты ранговой корреляции между содержаниями ряда элементов по результатам спектрального анализа для выборки с содержанием палладия больше или около 0,1 г/т, участок Рангайя**

<i>Ni</i>	<b>-0,275</b>														
<i>Co</i>	0,100	0,207													
<i>Ti</i>	0,059	0,196	0,262												
<i>V</i>	0,020	0,191	0,306	-0,251											
<i>Cr</i>	-0,099	<b>0,530</b>	0,224	0,009	0,172										
<i>Mo</i>	-0,068	<b>0,408</b>	-0,182	-0,098	0,281	<b>0,458</b>									
<i>Zr</i>	0,168	<b>-0,454</b>	0,200	<b>0,376</b>	-0,286	<b>-0,352</b>	-0,347								
<i>Nb</i>	0,141	-0,277	0,147	-0,057	0,087	<b>-0,446</b>	-0,312	<b>0,481</b>							
<i>Cu</i>	0,080	<b>0,525</b>	0,226	0,207	0,205	0,004	0,105	-0,249	0,047						
<i>Pb</i>	-0,181	0,218	-0,091	0,003	0,051	0,263	<b>0,354</b>	<b>-0,416</b>	<b>-0,514</b>	0,124					
<i>Ag</i>	0,299	0,129	0,166	<b>0,384</b>	0,016	-0,122	0,000	0,026	0,052	<b>0,680</b>	-0,069				
<i>Zn</i>	-0,151	0,261	-0,150	-0,022	0,267	0,050	0,207	<b>-0,657</b>	-0,132	0,294	<b>0,538</b>	-0,064			
<i>Sn</i>	0,333	-0,266	-0,018	-0,015	0,163	-0,302	-0,324	0,133	0,250	<b>0,385</b>	-0,262	0,329	0,048		
<i>Y</i>	0,283	0,139	0,132	<b>0,463</b>	-0,184	-0,183	0,086	0,243	0,211	<b>0,453</b>	-0,309	<b>0,457</b>	-0,156	0,228	
<i>Pd</i>	<b>0,921</b>	<b>-0,360</b>	0,095	0,053	-0,099	-0,058	-0,098	0,238	0,102	-0,029	-0,278	0,224	-0,256	0,302	0,245
	<i>Au</i>	<i>Ni</i>	<i>Co</i>	<i>Ti</i>	<i>V</i>	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>	<i>Zr</i>	<i>Nb</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Ag</i>	<i>Zn</i>	<i>Sn</i>	<i>Y</i>

**Примечания:** критическое значение коэффициента корреляции при  $n = 27$  и уровне значимости 0,05 равно 0,35; жирным шрифтом выделены коэффициенты корреляции значимые с вероятностью не менее 95 %.

Элементы описательной статистики для ряда элементов из почв участка Рангайя Северная  
(Au и Pd в г/т, остальные элементы в  $n \cdot 10^{-4}$  мас. %)

	Au	Cr	Cu	Pb	Ag	Zn	Pd
Выборка для проб с содержанием Pd больше или около 0,1 г/т (n – 27)							
Cс	0,047	445,926	161,481	19,815	0,270	79,630	0,047
Медиана	0,02	400	200	20	0,2	100	0,02
Мода	0,01	300	200	10	0,2	100	0,01
C <sub>min</sub>	0,001	70	80	5	0,1	50	0,01
C <sub>max</sub>	0,2	1000	200	50	1	200	0,2
Выборка для проб с содержанием Pd значительно меньше 0,5 г/т (n – 796)							
Cс	0,008	682,173	138,354	20,308	0,223	124,121	
Медиана	0,002	500	100	20	0,2	100	
Мода	0,002	300	100	10	0,2	100	
C <sub>min</sub>	0,001	50	20	5	0,05	50	
C <sub>max</sub>	1	5000	500	300	2	300	
C <sub>fbr</sub>	0,003	490	84	18	0,3	140	

ный интрузив габбро-долеритов, формирующих массив г. Боваль Вемини. Общая площадь массива около 100 км<sup>2</sup>, при ширине 4–5 км и длине по простиранию в меридиональном направлении 20 км. С востока участок ограничен выходами перидотитов в виде тела неустановленной морфологии, но, судя по всему, являющихся дериватной частью габброидного массива, расположенного на западе. Перидотиты сильно изменены процессами выветривания на глубину более восьми метров и бронируются кирасой. Их коренные выходы фрагментарно наблюдаются лишь в современном русловом врезе ручья Рангайя. В эпоху внедрения магмы бирримские метаосадочные породы перекрывались экраном из песчаников рифейского чехла, фрагментарно сохранившегося от эрозии на севере и северо-востоке территории. Структурно блок золотосодержащих пород биррима, по-видимому, располагается в провисе кровли базит-гипербазитового интрузива, являясь надинтрузивной зоной.

Еще в 20-х годах прошлого столетия Н.К. Высоцкий [21] сообщал о наличии платиновой минерализации на удалении от магматического очага и связывал это с эманационными и гидротермальными процессами. По-видимому, в данном случае мы имеем дело именно с подобным проявлением благороднометальной минерализации. Весьма вероятно, что внедрение крупного базит-гипербазитового массива и его эволюция во времени предопределили некоторое перераспределение содержащихся в нем рудных элементов и импрегнацию их во вмещающие породы, что внесло определенный вклад траппов в общую золотоносность территории.

**Выводы.** Базит-гипербазитовые массивы территории вполне могут нести промышленное оруденение золотоплатинового типа, что в связи с наметившимся увеличением спроса на легкие платиноиды резко повышает экономический потенциал территории. Вопрос рудоносности явно требует доизучения. Вместе с тем, присутствие платиноидов необходимо учитывать при оценке потенциала россыпей территории.

Еще одним существенным моментом, вытекающим из проведенных исследований, следует признать необхо-

димость внимательной интерпретации результатов лито-геохимических работ на сходных по строению площадях. Источником повышенных содержаний золота, выявленных при этих работах, могут являться массивы базитового состава. Это особенно важно учитывать в случае со «слепыми» телами, провисами кровли, участками сильно выветрелых пород, то есть там, где однозначная интерпретация золотоносного субстрата невозможна.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Буфеев, Ю.В. Объяснительная записка к геологической карте Гвинейской республики, масштаб 1:200 000, листы ND-29-I (Kenieba), NC- 29-XIX (Tougue), ND-29-II (Bafing-Makana), NC-29-XX (Dinguiraye) и часть листа ND-28-VI (Kedougou) / Ю.В. Буфеев и др. – Конакри, 1991.
2. Воскресенский, С.С. Геоморфология россыпей / С.С. Воскресенский. – М., 1985. – 208 с.
3. Николаева, Л.А. Генетические особенности самородного золота как критерии при поисках руд и россыпей / Л.А. Николаева. – М., 1978. – 99 с.
4. Николаева, Л.А. Результаты минералогического исследования золота участка Боне (Гвинея) / Л.А. Николаева, С.В. Яблокова. – М., 1997. – 40 с.
5. Квятковский, М.Е. Литогеохимические методы поисков эндогенных рудных месторождений / М.Е. Квятковский. – Л., 1977. – 190 с.
6. Соловов, А.П. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых / А.П. Соловов. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
7. Виноградов, А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А.П. Виноградов. – М., 1957. – 238 с.
8. Михайлов, Б.М. Геология и полезные ископаемые западных районов Либерийского щита / Б.М. Михайлов. – Л., 1969. – 179 с.
9. Геохимическая и металлогенетическая специализация структурно-вещественных комплексов / под ред. Н.В. Межеловского. – М., 1999. – 540 с.
10. Коробейников, А.Ф. Золото и палладий в базальтах Костариканской рифтовой зоны Тихого океана и сравнительный анализ золотоносности кайнозойских базальтов / А.Ф. Коробейников, Н.Н. Перцев // Геохимия. – 1994. – №8–9. – С. 1200–1211.
11. Коробейников, А.Ф. Золото, платина, палладий в диабазах щитового комплекса Костариканской рифтовой

зоны в Тихом океане / А.Ф. Коробейников, Н.Н. Перцев // Докл. РАН. – 1998. – Т. 359. – № 5. – С. 663–667.

12. Додин, Д.А. Платинометальные месторождения мира. Т. 1. Кн. 1 : Малосульфидные платинометальные месторождения в ритмично-расслоенных комплексах / Д.А. Додин, Н.М. Чернышов, Д.В. Полферов и др. – М. : Геоинформмарк, 1994. – 279 с.

13. Додин, Д.А. Платинометальные месторождения России / Д.А. Додин, Н.М. Чернышов, Б.А. Яцкевич. – СПб., 2000. – 755 с.

14. Олейников, Б.В. Самородное металообразование в платформенных базитах / Б.В. Олейников, А.В. Округин, М.Д. Томшин и др. – Якутск, 1985. – 188 с.

15. Некрасов, И.Я. Петрология и платиноносность кольцевых щелочно-ультраосновных комплексов / И.Я. Некрасов, А.М. Ленников, Р.А. Октябрьский и др. – М. : Наука, 1994. – 381 с.

16. Некрасов, И.Я. Редкие природные многокомпонентные сплавы на основе золота и меди из платиновой россыпи Кондерского щелочноультраосновного массива (юго-восток

Алданского щита, Россия). Геология рудных месторождений / И.Я. Некрасов, В.В. Иванов, А.М. Летников и др. – 2001. – Т. 43. – № 5. – С. 452–464.

17. Дистлер, В.В. Гидротермальное платиновое оруденение месторождения Ватерберг (Трансвааль, ЮАР) / В.В. Дистлер, М.А. Юдовская, В.А. Прокофьев и др. // Геология рудных месторождений. – 2000. – Т. 42. – № 4. – С. 363–376.

18. Бетехтин, А.Г. Платина и другие минералы платиновой группы / А.Г. Бетехтин. – М. : Изд-во АН СССР, 1935. – 148 с.

19. Дистлер, В.В. Условия формирования оруденения платиновых металлов в хромитовых рудах Кемперсайского рудного поля / В.В. Дистлер, В.В. Крячко, М.А. Юдовская // Геология рудных месторождений. – 2003. – Т. 45. – № 1. – С. 44–74.

20. Bai, W. The PGE and base-metal alloys in the podiform chromitites of the Loubusa ophiolite, Southern Tibet / W. Bai, P.T. Robinson, Q. Fang // Canada Mineralogist. – 2000. – V. 38. – P. 585–598.

21. Высоцкий, Н.К. Платина и районы ее добычи. Ч. 2 и 3, Птр. гос. изд., 1923. – 343 с.

УДК 553.311.2:553.061.12 (470.32)

## СУЛЬФИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО КАРТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ ЛЕБЕДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КМА

**В.В. Ильяш, В.И. Григорьев, С.П. Молотков, А.М. Локтев**

*Воронежский государственный университет  
ОАО «Лебединский ГОК» г. Губкин*

Возросшие требования к качеству продукции ОАО «Лебединский ГОК» в основном по уровню содержания в концентрате серы вызывают необходимость изменений в подходах к практике эксплуатационного картирования в сторону большей детальности. Небольшие по мощности, но широко распространенные на месторождении проявления наложенной минерализации требуют применения метода структурно-минералогического картирования. Рассмотрена проблема щелочных минералов, установлены упорядоченные изменения соотношения минералообразующих химических элементов, согласующихся таким же характером изменений их в целом для всего разреза железисто-кремнисто-сланцевой формации.

В настоящей статье вниманию читателя предлагается авторский вариант видения и решения проблем современного эксплуатационного картирования месторождений железистых кварцитов в условиях более жестких требований со стороны металлургических предприятий к качеству сырья. В основу положен материал, полученный в результате детального целевого картирования ряда ключевых участков на Лебединском месторождении в 2004–2005 гг. Основными задачами этих работ было выявление и выяснение природы локальных геохимических аномалий серы, геохимических барьеров, минеральных форм, факторов, влияющих на ее перераспределение в различные периоды геологической истории месторождения.

Химические анализы железистых кварцитов (210 проб) с определением серы, общего и магнетитового железа выполнены в лаборатории ОАО «Лебединский ГОК», минераграфические исследования проведены в ВГУ Т.П. Коробкиной, рентгеноспектральное зондиро-

вание сульфидных (30) и силикатных минералов (21) проводилось Н.Н. Кононковой в институте геохимии и аналитической химии РАН РФ на установке Самеса-100, при чувствительности определений элементов 0,02 % и точности 2 %. Анализ элементов-примесей выполнен А.В. Николаевым методом ISP-MS в аналитической лаборатории масс-спектрометрического анализа ООО «Инструментс» (г. Санкт-Петербург).

Лебединское железорудное месторождение является основным объектом деятельности ОАО «Лебединский ГОК». В настоящее время здесь отрабатываются железистые кварциты курской серии нижнего протерозоя с балансowymi запасами неокисленных разностей по категориям  $V+C_1+C_2$  в 6599 млн т. По своим промышленно-экономическим показателям кварциты относятся к бедным рудам, требующим обогащения методом магнитной сепарации. По сравнению с другими типами железных руд они отличаются наименьшим количеством вредных примесей. Исключением