



СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

553.078 (689.1)

Дуговые разломы золоторудного поля Голден Вэлли зеленокаменного пояса Мидлендс (Зимбабве) и их роль в локализации оруденения

Игнатов П. А., Иванов А. А., Малютин С. А., Попов Е. М.

ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет
им. Серго Орджоникидзе», г. Москва, Россия

Аннотация. Анализ геолого-структурного положения месторождений золота и вольфрама в рудном поле Голден Вэлли зеленокаменного пояса Мидлендс (Зимбабве) показал, что большинство месторождений золота контролируется дуговыми нарушениями, образующими в совокупности полукольцевую структуру с размерами 9×11 км. Кроме того, эти разломы контролируют и размещение даек порфировидных гранитов, с которыми ассоциируют золоторудные жилы. Кварц-шеелитовые и золото-кварц-шеелитовые жилы вместе образуют вторую, менее отчётливую, полукольцевую структуру, сопоставимую по размерам с первой. Выделенные структуры сформированы вокруг изометричных массивов гранодиоритов позднеархейского возраста Лайон Хилл и Вайтватерс и частично совмещены в пространстве. В магнитном поле также выявлены одно дополнительное дуговое нарушение и ряд линейных разломов. Это дуговое нарушение в совокупности с сочленёнными с ним ветвящимися жилами месторождений Голден Вэлли и Патчвэй представляет собой так называемую структуру «конского хвоста», характерную для золоторудных месторождений. Это нарушение, являющееся наиболее благоприятной структурой для локализации золоторудных жил, а также предполагаемые узлы пересечения дуговых и линейных разломов радиальной и северо-западной ориентировок, рассматриваются в качестве наиболее перспективных участков для постановки поисковых работ.

Ключевые слова: Зимбабве, архейские зеленокаменные пояса, дуговые разломы, полукольцевые структуры, магнитное поле, месторождение Голден Вэлли, золото, вольфрам, перспективы рудоносности.

Для цитирования: Игнатов П. А., Иванов А. А., Малютин С. А., Попов Е. М. Дуговые разломы золоторудного поля Голден Вэлли зеленокаменного пояса Мидлендс (Зимбабве) и их роль в локализации оруденения. Руды и металлы. 2024. № 3. С. 47–57. DOI: 10.47765/0869-5997-2024-10013.

Arc-shaped faults of the Golden Valley gold field of the Midlands greenstone belt in Zimbabwe and their role in localization of the ore mineralization

Ignatov P. A., Ivanov A. A., Malyutin S. A., Popov E. M.

Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting (MGRI), Moscow, Russia

Annotation. A detailed analysis of the geological and structural position of gold and tungsten deposits in the Golden Valley ore field of the Midlands greenstone belt has demonstrated that most of the gold deposits are controlled by arc-shaped faults that taken together form a semicircular structure with dimensions of 9×11 km. In addition, these arc-shaped faults apparently control the distribution of dikes of porphyry granites, that are associated with gold ore veins. Quartz-scheelite and gold-quartz-scheelite veins together form a second, less distinct, semicircular structure comparable in size to the first one. The highlighted structures were formed around isometric Late Archean granodiorite massifs, Lion Hill and Whitewaters, respectively, and are partially overlapped in space. The magnetic field, also, reveals one additional arc-shaped fault and a series of linear faults. This arc-shaped fault, in conjunction with its associated branching veins of the Golden Valley and Patchway deposits, represents the so-called “horsetail” structure that is characteristic for gold deposits. This fault that is the most favorable structure for localization of gold ore veins, as well as the proposed junctions of arc-shaped and linear faults of radial and northwestern orientations, are considered as the most promising areas where geological prospecting is recommended.

Keywords: Zimbabwe, Archean greenstone belts, arc-shaped faults, semicircular structures, magnetic field, Golden Valley deposit, gold, tungsten, ore-bearing potential.

For citation: Ignatov P. A., Ivanov A. A., Malyutin S. A., Popov E. M. Arc-shaped faults of the Golden Valley gold field of the Midlands greenstone belt in Zimbabwe and their role in localization of the ore mineralization. Ores and metals, 2024, № 3, pp. 47–57. DOI: 10.47765/0869-5997-2024-10013.



Введение. Более 85 % месторождений золота в комплексах древних зеленокаменных поясов кратона Зимбабве относятся к жильным и приурочены к разрывным нарушениям [12].

Помимо линейных, широко распространенны дуговые и полукольцевые нарушения, для которых характерны элементы фрактальности в виде структур с диаметром от десятков до 170 км. Роль этих нарушений в локализации оруденения изучена недостаточно, она отмечена лишь в редких публикациях [9]. Но существенного значения указанным нарушениям никогда не придавалось. Главными рудоконтролирующими и рудовмещающими структурами считались нарушения сдвигового типа [3, 11, 12, 14, 17, 22, 23]. В настоящей работе основное внимание уделено нарушениям дугообразной формы и их рудоконтролирующей роли на примере рудного поля Голден Вэлли зеленокаменного пояса Мидлендс.

Фактический материал, на базе которого проводились исследования, включал геологическую и тектоническую карты, а также карту полезных ископаемых Зимбабве м-ба 1 : 1 000 000 [19–21] и геологическую карту района Кадома м-ба 1 : 1 000 000 [4], геолого-структурные схемы, материалы ряда публикаций [7, 8, 12–15, 24] и результаты аэромагнитной съёмки [18]. Пространственные закономерности локализации оруденения проанализированы с использованием геоинформационной системы QGIS. В ГИС-проекте совмещены все доступные картографические материалы по району Голден Вэлли.

Результаты исследований. Золоторудное поле Голден Вэлли расположено в районе Гатума в 15 км от г. Кадома. Оно занимает плоский водораздел между верховьями рек Мариман на юго-западе и Шаган на северо-востоке. Северный фланг рудного поля располагается в верховьях небольшой реки Литл Мзое. Район находится на северо-западе наиболее продуктивной золоторудной области Мидлендс, занимающей центральное положение в металлогеническом поясе кратона Зимбабве [1, 2]. В области известно 240 коренных месторождений золота, преимущественно жильного типа [3, 21].

Главными геологическими элементами позднеархейского зеленокаменного пояса Мидлендс являются покровы метабазальтов и серпентинитов, образовавшихся по коматиитам и, в меньшей мере, дацитов, прорванные позднеархейскими интрузивами тоналит-трондьемит-гранодиоритового комплекса Сесомби и монзонит-гранодиорит-калиевогранитного комплекса Чилиманзи с возрастом, соответственно, 2667–2680 и 2601 ± 15 млн лет [16, 22]. Гранитоиды, очевидно, внедрялись вдоль осевой зоны крупной антиклинали северного и северо-восточного простирания [15].

Среднее по запасам месторождение Голден Вэлли с накопленной добычей 31 т непосредственно контактирует с месторождением Патчвэй, где добыто 11,3 т металла. Рудные жилы этих месторождений занимают два субпараллельных яруса с падением на северо-запад под углами 30–35°, оруденение в них в разрезе частично перекрывается, имея широтный тренд [15]. В плоскости жилы золоторудная зона Голден Вэлли по простиранию и падению занимает примерно 1×1 км. Продуктивная зона Патчвэй прослежена далее на север на расстояние порядка 2,5 км, а по падению на 1 км [15, 23].

Эти месторождения сопровождаются серией мелких по запасам объектов (таблица). Восточнее и юго-восточнее Голден Вэлли располагаются месторождения Руж, Эназе Эвент, Биг Бэн, Дредноут, Глазго, Хоршоу (Веллингтон) и Аврора, а западнее и юго-западнее размещены месторождения Гамбург, Гэлэкси, Симингтон, Буффало, Мастерпис, Алладин и др. (рис. 1).

Большинство месторождений рассматриваемой области занимает площадь 18×10 км, что соответствует золоторудному полю, охватывающему частично массив Вайтвотерс и полностью его сателлит – массив Лайон Хилл. Данные абсолютного возраста этих массивов отсутствуют, однако известно, что массив Вайтвотерс является, по меньшей мере, двухфазным. Первая фаза представлена тоналитами, а вторая, слагающая его южную часть, калиевыми гранитами Грандер, возможно, относящимися к комплексу Чилиманзи [15]. Почти

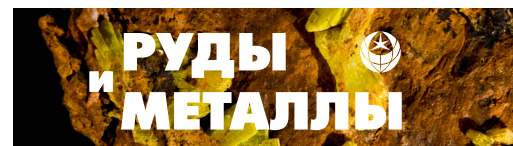


Таблица. Данные по накопленной добыче золота на месторождениях рудного поля Голден Вэлли

Table. Data on the cumulative gold production at mineral deposits of the Golden Valley ore field

№№ п/п	Название месторождения	Накопленная добыча, кг	Содержание Au, г/т
1	Golden Vally (Голден Вэлли)	31 057	22,3
2	Patchway (Патчвей)	15 337	11,3
3	Masterpiece (Мастерпис)	1061	17,2
4	Glasgow (Глазго)	928	11,7
5	Rouge (Руж)	546	9,3
6	Big Ben (Биг Бэн)	460	12,9
7	Aurora (Аврора)	430	4,3
8	Symington (Симингтон)	388	5,7
9	Dreadnaught (Дредноут)	331	4,2
10	Galaxy (Гэлэкси)	283	8,9
11	Alladin (Алладин)	259	11,8
12	Hamburg (Гамбург)	232	7,4
13	Horseshoe (Хорсшоу)	176	9,7
14	Another Event (Эназе Эвент)	116	7,7
15	Chance Group (группа Чанс)	110	9,2
16	Profiteer Group (группа Профитер)	48	4,2

все месторождения расположены в позднеархейской толще порфиритов и серпентинитов серии Верхняя Булавайо [4]. Лишь некоторые рудные жилы локализованы в дацитах той же серии и в гранитоидных массивах. На западе рудное поле ограничено региональным разломом Лили север-северо-восточного простирания, в котором выделяются два параллельных шва. В центре рудного поля расположена безрудная кварцевая жила длиной до 4 км [15]. Согласно тектонической карте Зимбабве м-ба 1 : 1 000 000, эта жила маркирует северо-западный разлом второго порядка, прослеженный до северного фланга месторождения Патчвэй (см. рис. 1).

Большое значение в контроле золотого оруденения в рудном поле Голден Вэлли придаётся сдвиговым нарушениям [14, 15]. С этим можно согласиться, однако более важная роль в локализации оруденения принадлежит дуговым разломам, особенно, участкам их изгиба и сопряжения с другими дуговыми и линейными радиальными нарушениями. Так, многие золоторудные жилы (месторождения), распо-

ложенные вокруг массива Лайон Хилл, образуют почти замкнутую прерывистую цепочку овальной конфигурации, скорее всего свидетельствующую о наличии здесь полукольцевого разрывного нарушения (см. рис. 1).

Важно подчеркнуть, что простирание золото-сульфидно-кварцевых жил, их сближенных серий и линейных зон прожилкования закономерно изменяется по овалу с юго-восточного (Алладин) на север-северо-восточное (Гэлэкси). Затем на северо-восточное (Эрин), далее на субширотно-северо-восточное (Руж), субширотно-северо-западное (Эназе Эвент, Биг Бэн и Дредноут) и, наконец, на юго-западное (Глазго и Хорсшоу). Главные жилы месторождений золота Голден Вэлли и Патчвэй, расположенные в северо-западной части полукольца, имеют север-северо-восточное простирание, обусловленное наличием дугообразных нарушений меньшего диаметра (см. рис. 1).

Благоприятными для локализации оруденения являются узлы пересечения дуговых и линейных разломов. К таким участкам приу-

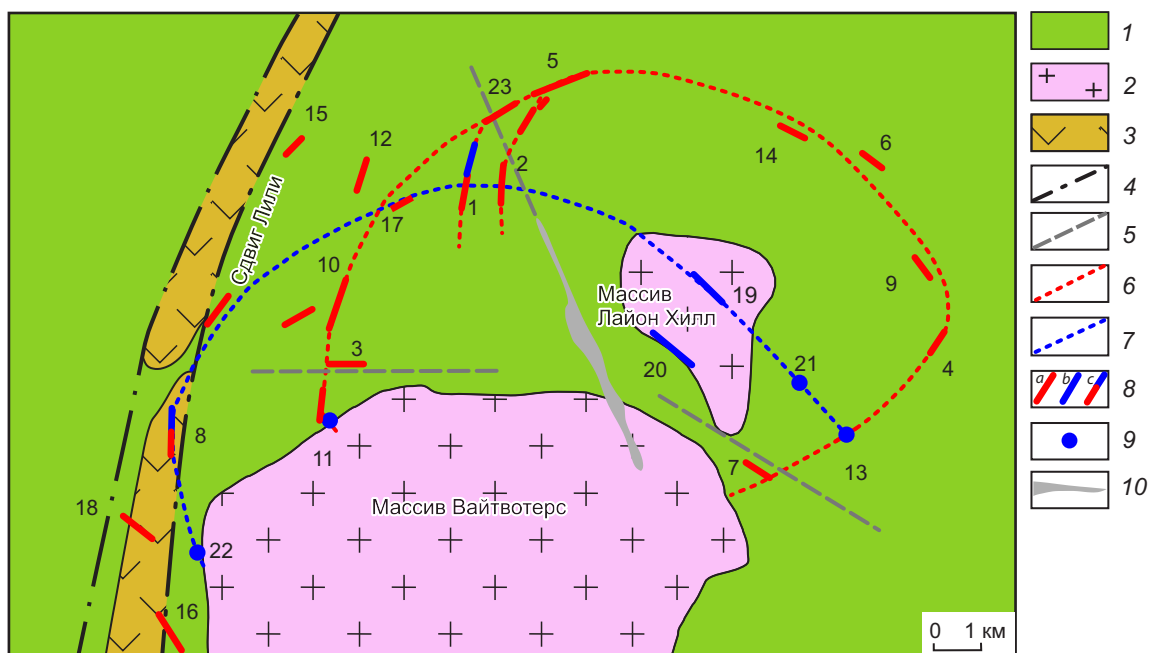


Рис. 1. Схема полукольцевого расположения жильных месторождений вольфрама и золота в рудном поле Голден Вэлли (увеличенный фрагмент карты золоторудных месторождений Зимбабве м-ба 1 : 1 000 000 [19] с учётом геологической карты и схемы м-ба 1 : 100 000 [4, 15]):

1 – серпентиниты и порфириды зеленокаменного пояса Мидлендс, поздний архей; 2 – дациты позднего архея; 3 – гранитоиды массивов Вайтвотерс и Лайон Хилл, поздний архей; 4 – сдвиговая зона регионального разлома Лили; 5 – предполагаемые радиальные разломы; 6 – контуры предполагаемого полукольцевого нарушения и других дуговых разломов преимущественно с золото-кварцевыми жилами; 7 – контур предполагаемого полукольцевого нарушения с кварц-шеелитовыми и золото-кварц-шеелитовыми жилами; 8 – жилы: золото-кварцевые (а), кварц-шеелитовые (b), золото-кварц-шеелитовые (с), мощность жил условная, длина соответствует выходам на дневную поверхность; 9 – рудопроявления вольфрама; 10 – протяжённая безрудная кварцевая жила; месторождения и рудопроявления: 1 – Голден Вэлли, 2 – Патчвэй, 3 – Мастерпис, 4 – Глазго, 5 – Руж, 6 – Биг Бэн, 7 – Аврора, 8 – Симингтон, 9 – Дрэднот, 10 – Гэ-лэкси, 11 – Алладин, 12 – Гамбург, 13 – Хорсшоу, 14 – Эназе Эвент, 15 – группа Чанс, 16 – группа Профитер, 17 – Эрин, 18 – Буффало, 19 – группа Лайон Хилл, 20 – Тюнгстен, 21 – W35, 22 – W6, 23 – Базил Вейн

Fig. 1. Schematic map showing the semi-circular arrangement of tungsten and gold vein deposits in the Golden Valley ore field (enlarged fragment of the map of gold ore deposits of Zimbabwe, scale 1 : 100 000 [19] with allowance made for the geological map and the scheme, scale 1 : 100 000 [4, 15]):

1 – serpentinites and porphyrites of the Midlands greenstone belt, Late Archean; 2 – dacites of the Late Archean; 3 – granitoids of the Whitewaters and Lion Hill massifs, Late Archean; 4 – shear zone of the regional Lily fault; 5 – inferred radial faults; 6 – contours of the inferred semi-circular fault and other arc faults mainly with gold-quartz veins; 7 – lines of the inferred semi-circular fault with quartz-scheelite and gold-quartz-scheelite veins; 8 – veins: gold-quartz (a), quartz-scheelite (b), gold-quartz-scheelite (c), the thickness of the veins is conventional, the length corresponds to the outcrops on the daylight surface; 9 – tungsten ore occurrences; 10 – extended barren quartz vein; ore deposits and occurrences: 1 – Golden Valley, 2 – Patchway, 3 – Masterpiece, 4 – Glasgow, 5 – Rouge, 6 – Big Ben, 7 – Aurora, 8 – Symington, 9 – Dreadnought, 10 – Galaxy, 11 – Alladin, 12 – Hamburg, 13 – Horseshow, 14 – Enaze Event, 15 – Chance group, 16 – Profiteer group, 17 – Erin, 18 – Buffalo, 19 – Lion Hill group, 20 – Tyungsten, 21 – W35, 22 – W6, 23 – Basil Vein

рочены жилы месторождений Мастерпис (на западе) и Аврора (на юго-востоке), имеющие резко несогласное простираение относительно овального тренда. Жилы месторождения Мастерпис простираются в запад-северо-западном направлении, а месторождения Аврора – направлены на северо-запад. Эти направления могут соответствовать радиальным трещинам.

К северу от массива Вайтвотерс намечается ещё одна менее отчётливая полукольцевая структура, трассируемая кварцево-шеелитовыми и кварц-шеелит-золоторудными жилами месторождений и рудопроявлений W6, Симингтон, Эрин, группы Лайон Хилл, W35 и др. (см. рис. 1). В точке пересечения выделенных колец располагается месторождение Эрин. Оба овальных полукольца сопоставимы по размерам. Выделенная дугообразная структура может быть связана не только с коническим тектоническим нарушением, но и с антиклинальным залеганием стратифицированных рудовмещающих толщ. Однако, на имеющейся геологической карте рудного поля отсутствуют данные о стратификации зеленокаменных пород.

Судя по расположению шахт, золоторудные жилы на востоке первого полукольца характеризуются падением в восточных румбах [4, 19]. Жилы, расположенные на западе, падают в западном направлении. То есть все золоторудные тела в рудном поле Голден Вэлли залегают периклинально и падают от изометричного массива Лайон Хилл.

Дугообразные рудовмещающие зоны, установленные на месторождениях Голден Вэлли, Патчвэй и др., также падают на запад и северо-запад с углами 30° (Патчвэй), 35° (Голден Вэлли), 35° (Базил Вейн), 47° (Кабанга) и 70° (Руж) [15] (рис. 2).

Наибольшая продуктивность золотой минерализации в плоскости рудных жил на месторождениях Голден Вэлли и Патчвэй имеет широтный тренд [15]. Это следует связать с максимальным изгибом и соответствующим расширением дуговых конических рудовмещающих разломов. Дугообразные изгибы даек порфировидных гранитов вместе с золото-

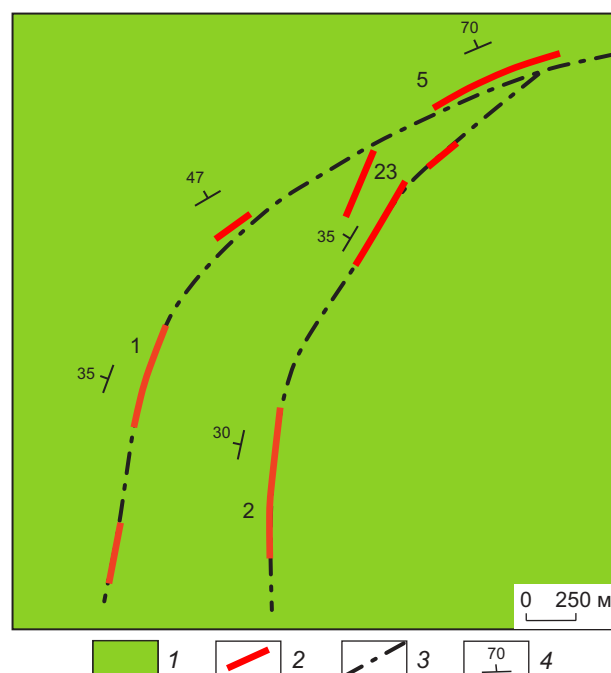


Рис. 2. Дуговые рудовмещающие разломы в пределах шахтных полей золоторудных месторождений Голден Вэлли и Патчвэй. Позиция и элементы залегания золоторудных жил, по Херрингтону [15]:

1 – серпентиниты и порфириды позднего архея; 2 – кварцево-сульфидно-золоторудные жилы месторождений (мощность рудных жил условная, длина соответствует выходам на дневную поверхность); 3 – дуговые разломы, выделенные по дайкам порфировидных гранитов и сопровождающим их рудным жилам; 4 – элементы залегания жил. Номера месторождения см. рис. 1

Fig. 2. Arc-shaped ore-hosting faults within mine fields of the Golden Valley and Patchway gold deposits. Position and attitudes of gold ore veins, after Herrington [15]:

1 – Late Archean serpentinites and porphyrites; 2 – quartz-sulfide-gold veins of the ore deposits (the thickness of the ore veins is conventional, the length corresponds to the outcrops on the daylight surface); 3 – arc-shaped faults identified by dikes of porphyry granite and their accompanying ore veins; 4 – attitudes of the veins. For the mineral deposit numbers see Fig. 1

рудными кварц-сульфидными жилами установлены на руднике Эрин [15] (рис. 3).

Приведённые примеры дугообразных рудовмещающих разломов показывают, что они

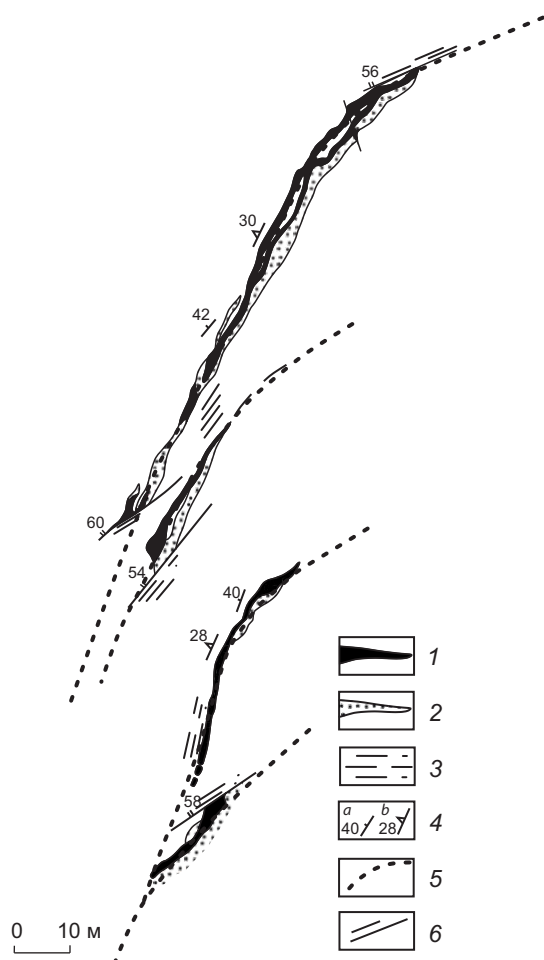


Рис. 3. Дугообразные рудные жилы в контактах даек порфиоровидных гранитов на плане горизонта 28 Северной залежи рудника Эрин (по Херрингтону [15] с добавлениями авторов):

1 – кварцево-сульфидно-золоторудные жилы; 2 – дайки порфиоровидных гранитов; 3 – участки расланцевания; 4 – элементы залегания золоторудных жил (а), порфиоровидных гранитов (b); 5 – фрагменты рудовмещающих дуговых разломов; 6 – пострудные нарушения

Fig. 3. Arc-shaped ore veins at the contacts of dikes of porphyry granite on the plan of Horizon 28 of the Northern lode of the Erin mine (modified after Herrington [15]):

1 – quartz-sulfide-gold ore veins; 2 – porphyry granite dikes; 3 – schistosity zones; 4 – attitudes of the gold ore veins (a), porphyry granites (b); 5 – fragments of ore-hosting arc-shaped faults; 6 – post-mineral disturbances

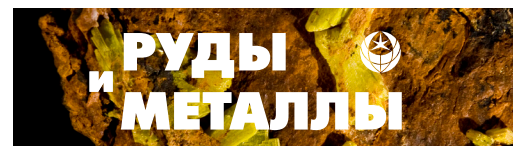
могут иметь длину от десятков метров до первых километров и по падению прослеживаться до километра.

Как видно на погоризонтном плане рудника Эрин и отмечено на главных месторождениях Голден Вэлли и Патчвэй, рудные жилы тесно пространственно ассоциируют с дорудными дайками порфиоровых гранитов, которые также выполняют дуговые и сдвиговые нарушения и контролируют оруденение [15]. Возможно, жилы близки дайкам по возрасту. Эти дайки, также как и массивы гранитоидов комплексов Сесомби и Чилиманзи, оторваны во времени от вулканитов зеленокаменных поясов и прорывают терригенные отложения серии Шамва, перекрывающие вулканогенные породы серии Верхняя Булавайо. Возрастные соотношения их с гранитоидами комплексов Сесомби и Чилиманзи не выяснены. Единичные определения возраста дайки порфиоровидных гранитов на месторождении Форд в районе Квекве противоречивы – 2541 ± 17 млн лет [5] и $2645,2 \pm 1,5$ млн лет [6]. Предполагаем, что эти дайки могут относиться к жильным отщеплениям комплекса Чилиманзи.

Следует подчеркнуть несколько различную позицию золоторудных и вольфрамовых месторождений. Она чаще не совпадает, при этом вольфрамовые месторождения преимущественно располагаются в гранитоидах, а золоторудные – во вмещающих массивы породах. Иногда минерализация вольфрама и золота совмещена в пространстве, как в жилах месторождений Голден Вэлли и Симингтон.

Существуют различные точки зрения на возраст оруденения и связь его с магматизмом. Согласно первой, шеелитовые и золоторудные месторождения связаны с гранитоидами комплекса Сесомби [10]. При этом возраст вольфрамового и золотого оруденения составляет $2,66 \pm 0,05$ млрд лет, что указывает на единый этап рудообразования.

В последние годы многие исследователи высказывались в пользу наличия более позднего золотого оруденения, возникшего после внедрения монцонит-гранодиорит-калиево-гранитного комплекса Чилиманзи и его жильных фаз – даек монцонитов, гранит-аплитов,



пегматитов и, возможно, порфировидных гранитов [5, 6, 16, 17]. В этом случае могут встречаться месторождения, образовавшиеся в результате наложения минерализации разных этапов, а шеелит в некоторых золоторудных жилах может быть переотложенным.

Следует отметить, что все вопросы возраста и связи оруденения с магматизмом являются недостаточно изученными и дискуссионными, так как выводы базируются на единичных определениях абсолютного возраста, которые во многом противоречивы. Конкретные факты возрастных соотношений жил разного состава между собой, а также с гранитоидами комплекса Чилиманзи и их жильными отщеплениями, включая пегматиты, не приводятся.

Наличие дугообразных и линейных нарушений подтверждается и геофизическими исследованиями. По данным аэрогеофизической съёмки, выполненной в 1983 г., с высотой полёта около 300 м, магнитное поле рассматриваемой площади (рис. 4) спокойное. Диапазон значений составляет 20–50 нТл. Слабая выраженность в структуре магнитного поля геологических объектов связана с небольшой контрастностью магнитных свойств пород и большой высотой полёта.

На западе рассматриваемой площади отмечается линейная положительная аномалия магнитного поля, приуроченная к выходам дацитов позднего архея, маркирующим региональный разлом Лили. Стоит отметить, что в магнитном поле проявлен только северный фрагмент тела дацитов. Интрузивные массивы Вайтвотерс и Лайон Хилл в магнитном поле не проявляются.

К востоку от разлома Лили отчётливо намечается протяжённое в северо-западном направлении дуговое нарушение, выделяющееся по небольшому градиенту магнитного поля. С этим нарушением на востоке сочленены дуговые нарушения с жилами месторождений Голден Вэлли и Патчвэй, образуя в совокупности структуру «конского хвоста». Таким образом, положение этих наиболее крупных месторождений определяется зонами сопряжения дугового разлома, выделенного по

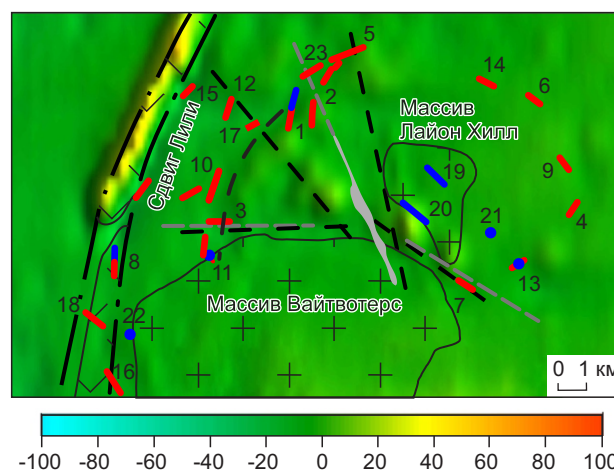


Рис. 4. Фрагмент локального магнитного поля района месторождения Голден Вэлли:

пунктир – нарушения по данным магнитной съёмки; остальные усл. обозн. см. рис. 1

Fig. 4. Fragment of the local magnetic field of the Golden Valley deposit area:

The dotted line are disturbances according to magnetic survey data; for other symbols see Fig. 1

геофизическим данным, с дуговыми разломами, вмещающими жилы этих месторождений.

Полукольцевую структуру пересекают два тектонических нарушения северо-западного и север-северо-западного направлений, которые в магнитном поле отражены цепочкой локальных аномалий и линейной аномалией низкой интенсивности. К северу от массива Вайтвотерс намечается широтное нарушение. Оно выделено на основе смены спокойного характера магнитного поля над массивом на слабо аномальное поле над вмещающими массив породами. Помимо север-северо-западного нарушения, проходящего через месторождение Руж, остальные разломы, по-видимому, соответствуют радиальным разломам выделенной полукольцевой структуры.

Надо обратить внимание на наличие серии положительных аномалий слабой интенсивности около 25–30 нТл в виде северо-западной цепочки, расположенной севернее массива Вайтвотерс. Одна из них находится меж-

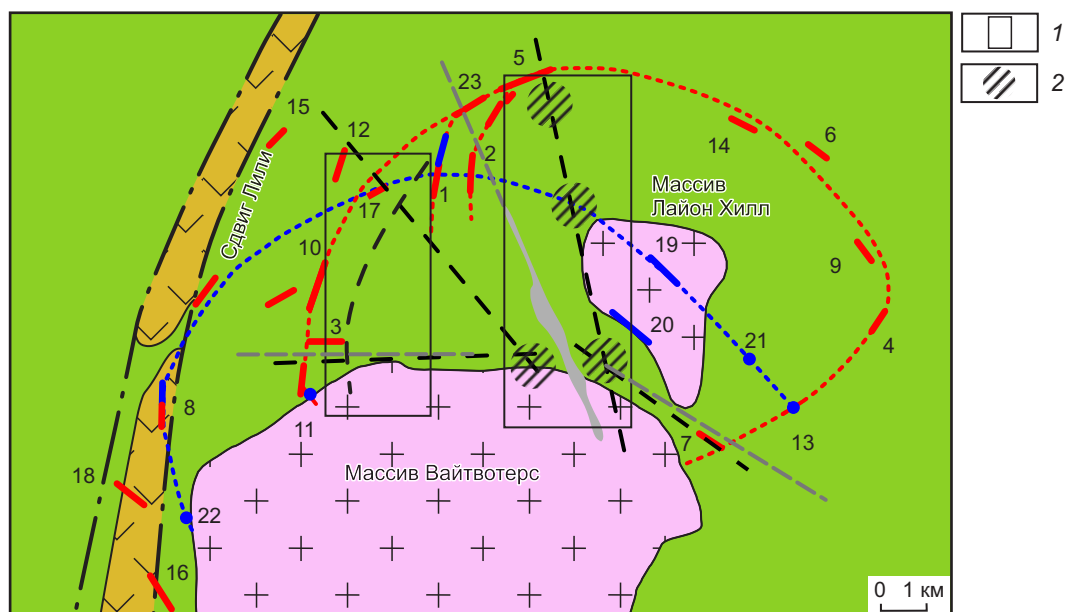


Рис. 5. Геолого-структурная схема с элементами прогноза рудного поля Голден Вэлли (зеленокаменный пояс Мидлендс):

1 – перспективные площади; 2 – наиболее благоприятные участки для локализации оруденения; остальные усл. обозн. см. рис. 1 и рис. 4

Fig. 5. Schematic geological structural map of the Golden Valley ore field in the Midlands greenstone belt with elements of forecast:

1 – promising areas; 2 – the most favorable areas for mineralization localization; for other symbols see Fig. 1 and Fig. 4

ду этим массивом и его сателлитом Лайон Хилл. Природа их остаётся неясной.

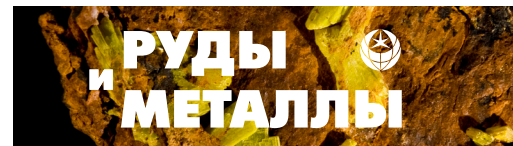
Имеющиеся данные позволяют считать дуговые нарушения и узлы их пересечения между собой и сдвиговыми линейными разломами наиболее благоприятными структурами для локализации оруденения и рекомендовать постановку первоочередных поисковых работ на их площадях (рис. 5).

Наиболее перспективной структурой считается протяжённое дуговое нарушение, выявленное по результатам аэромагнитной съёмки. Оно сопряжено с дугообразными жилами самых крупных месторождений – Голден Вэлли и Патчвей. Вероятность обнаружения в нём золотого оруденения достаточно большая. В качестве перспективной выделена также меридиональная полоса в центральной части поля шириной до 3 км, в пределах которой расположено четыре возможных узла пересечения

разрывных дуговых и линейных разломов.

Первый участок, расположенный в юго-западной части полосы, представляет собой возможный узел пересечения линейного разлома северо-западного простирания с радиальным нарушением широтного направления. Восточнее намечены ещё три участка, приуроченные к линейному нарушению северо-западного простирания и расположенные в местах его пересечения с дуговыми и радиальными трещинами полукольцевых структур (см. рис. 5). Во всех этих участках возможно выявление не только жильного оруденения, но и прожилково-вкрапленного штокверного типа.

Выводы. Показано значение дуговых нарушений в локализации жильных месторождений золота и вольфрама рудного района Голден Вэлли. Выделены две частично совме-



щённые полукольцевые структуры, трассируемые закономерно меняющимися простирающиеся рудными жилами. Центры структур находятся в северной части массива Вайтвотерс и его сателлите Лайон Хилл комплекса Сесомби.

По градиенту магнитного поля, установленному в результате аэромагнитной съёмки, выделен протяжённый дуговой разлом. Это нарушение, сопряжённое с дуговыми разломами, вмещающими золоторудные жилы месторождений Голден Вэлли и Патчвэй, является наиболее перспективным для обнаружения нового золоторудного месторождения.

Намечены возможные участки пересечения дуговых нарушений между собой и с линейными сдвиговыми разломами, являющиеся благоприятными для локализации золоторудного оруденения.

Статья подготовлена в рамках исследований по гранту Минобрнауки РФ «Создание цифровой прогнозно-минерагенической основы Республики Зимбабве с использованием данных дистанционного зондирования и последующего выявления тектонических и флюидоразрывных признаков структур, контролирующих распределение месторождений минерального сырья».

Список литературы

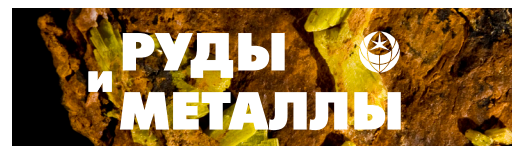
1. Игнатов П. А., Малютин С. А., Иванов А. А., Десяткин А. С., Ланчак М. М. Кольцевые и линейные золоторудные районы Зимбабве, и оценка остаточных ресурсов золота // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2023. – № 65 (6). – С. 14–25.
2. Игнатов П. А., Малютин С. А., Таванда Маримо, Ланчак М. М. Основные черты исторической и региональной металлогении кратона Зимбабве // Горный журнал. – 2024. – № 5. – С. 28–37.
3. Степанов В. А. Золоторудные месторождения провинции Зимбабве // Региональная геология и металлогения. – 2021. – № 85. – С. 58–66.
4. Bliss N. W. The geology of the country around Gatooma, Rhodesia // Rhodesian Geological Survey Bulletin. – 1970. – V. 64. – 240 p.
5. Buchholz P., Herzig P., Friedrich G., Frei R. Granite-hosted gold mineralization in the Midlands greenstone belt: a new type of low-grade gold deposit in Zimbabwe // Mineralium Deposita. – 1998. – V. 17. – P. 437–460.
6. Buchholz Peter, Oberthür Thomas, Lüders Volker, Wilkinson Jamie. Multistage Au-As-Sb Mineralization and Crustal-Scale Fluid Evolution in the Kwekwe District, Midlands Greenstone Belt, Zimbabwe: A Combined Geochemical, Mineralogical, Stable Isotope, and Fluid Inclusion Study // Economic Geology. – 2007. – V. 102. – P. 347–378.
7. Catchpole S. J. Gold mineralisation related to shear zones in the Venice Group of mines near Kadoma, Zimbabwe // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. – 1987. – P. 71–88.
8. Collender F. D. The geology of the Cam & Motor mine, southern Rhodesia / The geology of some ore deposits in Southern Africa. Geological Society of South Africa, Special Publications. – 1964. – №. 2. – P. 15–27.
9. Danhaeusser C. R. The nature and distribution of Archaean gold mineralisation in southern Africa // Minerals Science and Engineering. – 1976. – № 3. – P. 46–84.
10. Darbyshire D. P. F., Pitfield P. E. J., Campbell S. D. G. Late Archean and Early Proterozoic gold-tungsten mineralization in the Zimbabwe Archean craton: Rb-Sr and Sm-Nd isotope constraints // Geology. – 1996. – № 24. – P. 19–22.
11. Fisher N. J., Porter C. W., Fabian W. M. B. & Carter A. H. C. The tectonic and magmatic framework of Archaean lode-gold mineralisation in the Midlands greenstone belt, Zimbabwe / Proceedings of Brazil Gold '91, An International Symposium on the Geology of Gold, Belo Horizonte, 1991. – P. 359–366.
12. Foster R. P., Mann A. G., Stowe C. W., Wilson J. F. Archaean gold mineralization in Zimbabwe // Mineral deposits of Southern Africa. – 1986. – V. 1. – P. 43–112.
13. Foster R. P. Tectonic, thermal and chemical evolution of a late Archaean auriferous shear zone, Dalny mine, Zimbabwe / GAC-MAC Annual Meeting, Program with Abstracts. – 1990. – A 22.
14. Herrington R. J. The relationship between fluids and structure at the Patchway gold mine, Zimbabwe. PhD Thesis. – London : Department of Geology, Royal School of Mines, Imperial College, 1991. – 378 p.
15. Herrington R. J. Late Archaean structure and gold mineralization in the Kadoma region of the Midlands greenstone belt, Zimbabwe. URL:

<http://sp.lyellcollection.org>. University Library on June 20, 2015. – P. 173–191.

16. *Kalbskopf S., Nutt T.* Lithological contrasts and constraints on gold mineralisation in granitoids in the Zimbabwe craton: structural controls and implications for exploration / *Economic Geology Research Institute Information Circular* № 370. – Johannesburg : University of the Witwatersrand, 2003. – 24 p.
17. *Klemm D. D., Kräutner H. G.* Hydrothermal alteration and associated mineralization in the Freda-Rebecca gold deposit – Bindura District, Zimbabwe // *Mineralium Deposita*. – 2000. – № 35. – P. 90–108.
18. *Mekonnen T. K.* Interpretation and Geodatabase of Dykes Using Aeromagnetic Data of Zimbabwe and Mozambique. M. Sc. Thesis. – Delft : ITC, 2004. – 80 p.
19. *Mineral Resources of Zimbabwe. Gold deposits.* Scale 1 : 1 000 000. Compiled by D. S. Bartholomew 1984–1988. Drawn in the Geological Survey Office, Harare, Zimbabwe.
20. *Mineral resources of Zimbabwe: Base metal and industrial mineral deposits.* Scale 1 : 1 000 000. Compiled by D. S. Bartholomew 1984–1986. Drawn in the Geological Survey Office, Harare, Zimbabwe.
21. *Mineral resources.* Map of Zimbabwe: precious metals deposits. Scale 1 : 1 000 000. Compiled by P. E. J. Pitfield. 2010. British Geological Survey.
22. *Nutt T. H. C.* Gold mineralization in the Broomstock Extension and Indarama mines and their bearing on the genesis of the Kwekwe Sherwood Block goldfield // *Annals of the Geological Survey of Zimbabwe*. – 1984. – V. 10. – P. 107–120.
23. *Rankin A. H., Shepherd T. J.* Fluid chemical and structural evolution of gold-quartz veins, Patchway mine, Zimbabwe / *Proceedings of the 8th Quadrennial IAGOD Symposium*. – 1993. – P. 681–694.
24. *Ward J. W. H.* Geological aspects of the Patchway gold mine, Rhodesia / *Transaction of the Geological Society of South Africa*. – 1968. – P. 147–158.
25. *Wilson J. E.* Geological setting of Archaean gold deposits in Zimbabwe / *Gold '82 : Geology, geochemistry and genesis of gold deposits*. – Rotterdam : Balkema, 1984. – P. 521–551.

References

1. Ignatov P. A., Malyutin S. A., Ivanov A. A., Desyatkin A. S., Lanchak M. M. Kol'tsevye i lineinye zolotorudnye raiony Zimbabwe, i otsenka ostatochnykh resursov zolota [Ring and linear gold mining areas of Zimbabwe, and assessment of residual gold resources], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Geologiya i razvedka [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration]*, 2023, No 65 (6), pp. 14–25. (In Russ.).
2. Ignatov P. A., Malyutin S. A., Tavanda Marimo, Lanchak M. M. Osnovnye cherty istoricheskoi i regional'noi metallogenii kratona Zimbabwe [Main features of historical and regional metallogeny of the Zimbabwe craton], *Gornyi zhurnal [Mining journal]*, 2024, No 5, pp. 28–37. (In Russ.).
3. Stepanov V. A. Zolotorudnye mestorozhdeniya provintsii Zimbabwe [Gold ore deposits of the Zimbabwe province], *Regional'naya geologiya i metallogeniya [Regional geology and metallogeny]*, 2021, No 85, pp. 58–66. (In Russ.).
4. Bliss N. W. The geology of the country around Gatooma, Rhodesia, *Rhodesian Geological Survey Bulletin*, 1970, V. 64, 240 p.
5. Buchholz P., Herzig P., Friedrich G., Frei R. Granite-hosted gold mineralization in the Midlands greenstone belt: a new type of low-grade gold deposit in Zimbabwe, *Mineralium Deposita*, 1998, V. 17, pp. 437–460.
6. Buchholz Peter, Oberthür Thomas, Lüders Volker, Wilkinson Jamie. Multistage Au-As-Sb Mineralization and Crustal-Scale Fluid Evolution in the Kwekwe District, Midlands Greenstone Belt, Zimbabwe: A Combined Geochemical, Mineralogical, Stable Isotope, and Fluid Inclusion Study, *Economic Geology*, 2007, V. 102, pp. 347–378.
7. Catchpole S. J. Gold mineralisation related to shear zones in the Venice Group of mines near Kadoma, Zimbabwe, *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 1987, pp. 71–88.
8. Collender F. D. The geology of the Cam & Motor mine, southern Rhodesia. In: The geology of some ore deposits in Southern Africa. Geological Society of South Africa, Special Publications, 1964, No. 2, pp. 15–27.
9. Danhaeusser C. R. The nature and distribution of Archaean gold mineralisation in southern Africa, *Minerals Science and Engineering*, 1976, No 3, pp. 46–84.
10. Darbyshire D. P. F., Pitfield P. E. J., Campbell S. D. G. Late Archean and Early Proterozoic gold-tungsten mineralization in the Zimbabwe Archean craton:



- Rb-Sr and Sm-Nd isotope constraints, *Geology*, 1996, No 24, pp. 19–22.
11. Fisher N. J., Porter C. W., Fabian W. M. B. & Carter A. H. C. The tectonic and magmatic framework of Archaean lode-gold mineralisation in the Midlands greenstone belt, Zimbabwe. In: Proceedings of Brazil Gold '91, An International Symposium on the Geology of Gold, Belo Horizonte, 1991, pp. 359–366.
 12. Foster R. P., Mann A. G., Stowe C. W., Wilson J. F. Archean gold mineralization in Zimbabwe, *Mineral deposits of Southern Africa*, 1986, V. 1, pp. 43–112.
 13. Foster R. P. Tectonic, thermal and chemical evolution of a late Archaean auriferous shear zone, Dalny mine, Zimbabwe. In: GAC-MAC Annual Meeting, Program with Abstracts, 1990, A 22.
 14. Herrington R. J. The relationship between fluids and structure at the Patchway gold mine, Zimbabwe. PhD Thesis, London: Department of Geology, Royal School of Mines, Imperial College, 1991, 378 p.
 15. Herrington R. J. Late Archaean structure and gold mineralization in the Kadoma region of the Midlands greenstone belt, Zimbabwe. URL: <http://sp.lyellcollection.org>. University Library on June 20, 2015, pp. 173–191.
 16. Kalbskopf S., Nutt T. Lithological contrasts and constraints on gold mineralisation in granitoids in the Zimbabwe craton: structural controls and implications for exploration. In: Economic Geology Research Institute Information Circular № 370, Johannesburg: University of the Witwatersrand, 2003, 24 p.
 17. Klemm D. D., Kräutner H. G. Hydrothermal alteration and associated mineralization in the Fre-da-Rebecca gold deposit – Bindura District, Zimbabwe, *Mineralium Deposita*, 2000, No 35, pp. 90–108.
 18. Mekonnen T. K. Interpretation and Geodatabase of Dykes Using Aeromagnetic Data of Zimbabwe and Mozambique. M. Sc.Thesis. – Delft : ITC, 2004. – 80 p.
 19. Mineral Resources of Zimbabwe. Gold deposits. Scale 1 : 1 000 000. Compiled by D. S. Bartholomew 1984–1988. Drawn in the Geological Survey Office, Harare, Zimbabwe.
 20. Mineral resources of Zimbabwe: Base metal and industrial mineral deposits. Scale 1 : 1 000 000. Compiled by D. S. Bartholomew 1984–1986. Drawn in the Geological Survey Office, Harare, Zimbabwe.
 21. Mineral resources. Map of Zimbabwe: precious metals deposits. Scale 1 : 1 000 000. Compiled by P. E. J. Pitfield, British Geological Survey, 2010.
 22. Nutt T. H. C. Gold mineralization in the Broomstock Extension and Indarama mines and their bearing on the genesis of the Kwekwe Sherwood Block goldfield, *Annals of the Geological Survey of Zimbabwe*, 1984, V. 10, pp. 107–120.
 23. Rankin A. H., Shepherd T. J. Fluid chemical and structural evolution of gold-quartz veins, Patchway mine, Zimbabwe. In: Proceedings of the 8th Quadrennial IAGOD Symposium, 1993, pp. 681–694.
 24. Ward J. W. H. Geological aspects of the Patchway gold mine, Rhodesia. In: Transaction of the Geological Society of South Africa, 1968, pp. 147–158.
 25. Wilson J. E. Geological setting of Archaean gold deposits in Zimbabwe. In: Gold '82: Geology, geochemistry and genesis of gold deposits, Rotterdam, Balkema, 1984, pp. 521–551.

Игнатов Пётр Алексеевич (petrignatov@gmail.com)
доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой

Иванов Андрей Александрович
кандидат геолого-минералогических наук, доцент

Малютин Сергей Александрович
кандидат геолого-минералогических наук, доцент

Попов Егор Михайлович
аспирант

ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет
им. Серго Орджоникидзе», г. Москва, Россия