DOI: 10.24411/0869-7175-2019-10021

УДК 551.243.6
© Ю.П.Юшманов, 2019

Золотоносные вихревые структуры в сдвиговых дуплексах Дальнего Востока: Центральная Колыма, Нижнее Приамурье

Ю.П.ЮШМАНОВ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт комплексного анализа региональных проблем» Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИКАРП ДВО РАН); 679016, ЕАО, г. Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, 4)

В старинных рудно-россыпных районах Дальнего Востока (Центральная Колыма и Нижнее Приамурье) впервые выделены золотоносные вихревые (ротационные) структуры, парагенетически связанные со сдвиговыми дуплексами, контролирующими богатейшие золоторудные площади в мезозойских терригенных черносланцевых толщах. Формирование вихревых структур совершалось в обстановке регионального латерального сжатия (режим транспрессии), при котором внедрение магм разного состава и рудных флюидов происходило в обстановке локального растяжения (режим транстенсии). Актуальность исследований отвечает задачам нелинейной металлогении по изучению особенностей локализации рудных месторождений и их прогнозу.
Ключевые слова: сдвиговый дуплекс, вихревая структура, ротация, структурные парагенезы, транстенсия, транспрессия, золото, Дальний Восток.

Юшманов Юрий Петрович
кандидат геолого-минералогических наук

yushman@mail.ru

Gold vortex structures in shear duplexes of the far east: The Central Kolyma, Lower Priamurye

Yu.P.YUSHMANOV (Institute of Complex Analysis of Regional problems)

For the first time in the ancient ore-placer regions of the Far East (Central Kolyma and the Lower Amur region), specific gold-bearing vortex (rotational) structures are paragenetically associated with shear duplexes that control the richest gold ore areas in the Mesozoic terrigenous black shale strata. The formation of vortex structures occurred in the setting of regional lateral compression (transpression mode), in which the introduction of magmas of different composition and mineralization corresponded to the conditions of local stretching (transcension mode). The relevance of the research corresponds to the problems of nonlinear metallogeny in studying the localization features of ore deposits and their prediction.
Key words: extensional strike-slip duplex, vortex structure, rotation, structural parageneses, transience, transpression, gold, the Far East.

Первые исследования вихревых (ротационных, вращательных) геологических структур были проведены в Северо-Западном Китае в 20-х годах прошлого века. Китайский геолог Ли-Сы-Гуан на большом фактическом материале обосновал их образование в результате сдвигов, возникших при вращении отдельных блоков земной коры, и дал монографическое описание [8]. Ретроспективное развитие взглядов и современное состояние проблемы происхождения вихревых структур приводится в работах [2, 6, 22]. Их роль в локализации рудных месторождений ещё слабо изучена и не привлекла внимание большинства геологов, занимающихся металлогенией золота, несмотря на отдельные публикации [14]. Дальний Восток – один из главных золотодобывающих регионов России и полигон геологических исследований. Проведённая во второй половине прошлого века и в последние годы геологическая съёмка и специализированные геолого-структурные исследования месторождений установили важную роль сдвиговых дислокаций в контроле магматизма, рудообразования и осадконакопления [5, 17, 21, 24, 26, 27]. На геологических картах разного масштаба структуры вращения проявлены в виде сдвиговых дислокаций, имеющих форму флексур, спиралей, колец, дуг и вихрей в дуплексных зонах скалывания [10, 13, 25].

В качестве основного фактического материала были использованы изданные разномасштабные геологические карты [30] и планы горных выработок давно известного Агние-Афанасьевского месторождения и одноимённого рудного узла в «Территориальных фондах

геологической информации по Дальневосточному федеральному округу» в г. Хабаровск. Проведён анализ научных статей и монографий, посвящённых геологии, тектонике, глубинному строению и металлогении Центральной Колымы и Нижнего Приамурья. В ходе работ применялись инновационные технологии структурно-парагенетического анализа [15, 16, 18, 21, 25], что позволило на геологических картах и планах выделить ротационные (вихревые) структуры в сдвиговых дуплексах, контролирующих богатейшие золото-россыпные площади Дальнего Востока и месторождения. Актуальность исследований отвечает задачам нелинейной металлогении по изучению особенностей локализации рудных месторождений и их прогнозу.

Объекты исследований расположены в двух старейших Дальневосточных регионах золотодобычи: Центральной Колыме и Нижнем Приамурье. Рассмотрим геолого-структурную обстановку локализации месторождений золоторудной кварцевой формации в мезозойских терригенных черносланцевых толщах, контролируемых северо-западными правыми сдвигами Яно-Колымской и северо-восточными левыми сдвигами Сихотэ-Алиньской системы [17, 21, 24, 26, 27]. Образование вихревых тектонических структур возникает при горизонтальных перемещениях горных масс в зонах скалывания и частичной ротации блоков земной коры в сдвиговых дуплексах. Сдвиговым дуплексом называют тектонические структуры, ограниченные двумя главными, круто ориентированными сдвиговыми зонами или двумя зонами повышенной трещиноватости пород [15].

Ярким свидетельством проявления ротационных процессов в размещении золотой минерализации является Берелёхская «правозакрученная» вихревая структура, закартированная на четырёх листах: P-55-X, XI, XVI, XVII в междуречье Аян-Юрях и Матылага, в верховьях Колымы [30]. Она расположена в тектоническом блоке шириной 130 км и протяжённостью более 200 км, ограниченном с флангов Чай-Юринским и Буркандинским глубинными разломами (рис. 1). В геологическом строении территории принимают участие терригенные породы юры, триаса и верхней перми (верхоянский комплекс), смятые в складки северо-западного простирания и прорванные интрузиями гранитоидов колымского интрузивного комплекса (Оханджа и Чьорго), небольшими штоками и многочисленными роями даек преимущественно кислого и среднего состава [4, 9]. Возраст гранитоидных тел и даек от поздней юры до позднего мела включительно. Золотое оруденение локализовано в виде золото-кварцевых жил, прожилково-вкрапленных зон в терригенных толщах, а также минерализованных даек. На геологических картах ареал распространения поясов даек и мелких интрузивных тел в плане имеет вихревую линейно-подковообразную форму, блокируемую с флангов Чай-Юринско-Буркандинским сдвиговым дуплексом. По геофизическим данным [23] глубина заложения разломов 28–37 км. Дизъюнктивные зоны 2-го порядка (зоны внедрения магматических образований) уходят корнями на глубину 10–17 км, иногда до 20 км. Сдвиги на глубине ограничены пологими субгоризонтальными срывами пониженной вязкости и разуплотнения материала, приводящими к разделению литосферы на отдельные относительно жёсткие литопластины [19]. При горизонтальных перемещениях литопластин в результате трения, вероятно, происходило выплавление гранитной магмы из кристаллических пород, которая была «смазочным» слоем при скольжении [29]. Сдвиговые смещения по северо-западным глубинным разломам Яно-Колымской системы происходили в интервале от верхней юры до середины конца палеогена [17]. В этот период, по данным [24, 26, 27], региональное поле напряжений меняло свою ориентировку от пяти до семи раз. Вероятно, это было связано с ротацией Земли.

Берелёхский правозакрученный вихрь, по-видимому, сформировался в конце мезозоя при знакопеременном региональном горизонтальном сжатии. В поздней юре–раннем мелу стресс был субмеридиональным, ориентированным в направлении СЗ 340° субпараллельно длинным осям батолитов, внедрившихся в сосдвиговые раздвиги. Амплитуда правого сдвига дуплексной зоны около 50 км определяется по суммарной мощности раздвигов, выполненных дайками и гранитоидами колымского интрузивного комплекса. В расположенной южнее Элэгынья-Бохапчинской металлогенической зоне амплитуда правого сдвига составляет 200–250 км. Амплитуда правосторонних смещений рассеяна в многочисленных послойных срывах, образующих широкую зону вязкого сдвига. В режиме транспрессии дуплексный блок вращался по часовой стрелке в условиях правого сдвига (см. рис. 1). На южной границе вихревой структуры осадочные породы развёрнуты на 45°–50° к широтному направлению от генерального простирания СЗ 320° складчатых структур, что подтверждает её ротационную природу.

В раннем мелу произошла реверсия знака ротационно-сдвиговых тектонических движений (северо-западное сжатие) – против часовой стрелки (левый сдвиг) [24, 27]. Один из примеров формирования золото-кварцевых жил при северо-западном сжатии – месторождение Светлое (рис. 2). В средине мела (апт–сеноман?) устанавлена ещё одна смена направления сдвиговых деформаций (кинематически правосторонняя), которая совпадает с формированием Охотско-Чукотского вулканогенного пояса [26]. В результате знакопеременного кручения дуплексного блока образовались сдвиговые аксоноклинальные складки с вертикальными шарнирами и вихревая линейно-подковообразная система роев даек. Полностью замкнутые вихревые структуры образуются в редких случаях при длительном периоде формирования вихрей [10].

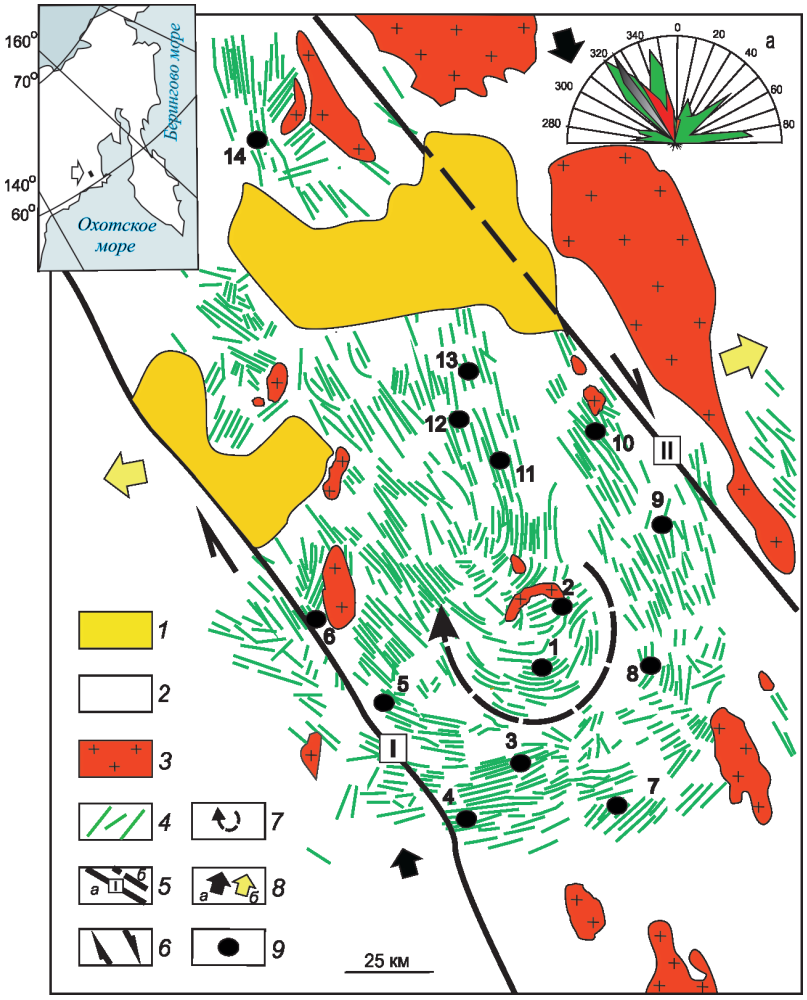


Рис. 1. Правозакрученная вихревая структура в северо-западном сдвиговом дуплексе, контролирующая богатейшую золотоносную площадь Колымы в Берелёхском рудно-россыпном районе. *По [4, 9, 30], с дополнениями*:

1 – контуры третично-четвертичных впадин (pull-apart); *2* – верхоянский комплекс, представленный терригенными отложениями юры–триаса и верхней перми; *3* – гранитоидные интрузивы (колымский комплекс); *4* – дайки; *5* – глубинные разломы – сдвиги (*а*) и их номера: I – Чай-Юринский, II – Буркандинский, скрытые разломы (*б*); *6–7* – направление перемещений: *6* – сдвиговые, *7* – ротационные; *8* – направление латерального сжатия (*а*), растяжения (*б*); *9* – месторождения золота и их номера: 1 – Светлое, 2 – Дорожное, 3 – Холодное, 4 – Уюнку, 5 – Чай-Юринское, 6 – Чебанья, 7 – Жданное, 8 – Новое, 9 – Мальдяк, 10 – Богатырь, 11 – Корота, 12 – Евгар, 13 – Стахановское, 14 – Контраньдинское; розы-диаграммы простираний (а): даек (зелёное), длинных осей интрузий гранитоидов колымского комплекса (красное) и разрывов скалывания (серое)

По данным [9], дайки, как правило, небольшой протяжённости, но большой мощности до 50 м (3–4 дайки разного состава в одной трещине). Это связано с неоднократным приоткрыванием разрывов. Контакты даек неровные и непараллельные с раздувами и в форме комковидных и линзовидных разобщённых тел неправильной формы. Подобной морфологией обладают и отдельные золото-кварцевые жилы на Холодном, Челбаньинском и других месторождениях. Магмовмещающие разрывы неоднократно приоткрывались в режиме транстенсии, образовывая дренажную систему раздвигов в радиусе более 100 км, благоприятную для внедрения жидкой магмы и рудных флюидов. Источники гранитной магмы, а также зоны контакта различных по плотности пород расположены на глубине 10 км [23]. Общеизвестно, что магмы основного состава формируются в самом верхнем слое мантии толщиной несколько десятков километров. Андезитовые магмы, по-видимому, образуются на таком же уровне.

Берелёхский рудно-россыпной район – богатейшая золотоносная площадь Колымы, где сосредоточены многие месторождения россыпного и рудного золота. Из россыпей добыто 941 т золота [4]. Большая часть

коренных месторождений (проявлений) золота относится к золотоносной кварцевой формации к жильному и дайковому структурно-морфологическим типам. По запасам месторождения мелкие. По данным А.В.Волкова с соавторами [9], оруденение ранее относимое к золото-кварцевому типу, наложенному на дайки, по изотопным и термобарохимическим данным указывает на его близость к месторождениям золота, приуроченным к интрузивам – «золото-редкометалльному» типу. Глубинный магматический очаг мог служить источником серы сульфидов в березитах и кварцевых жилах в колымских дайках.

Пространственное размещение золоторудной минерализации в контурах Берелёхской правозакрученной вихревой структуры типично для структур центрального типа. Месторождения и рудопроявления золота расположены дискретно на периферии (Холодное, Уюнку, Чай-Юринское, Чебанья, Жданное, Новое, Мальдак, Богатырь, Корота, Стахановское, Евгар) и в центре вихря (Светлое, Дорожное). Между ними – безрудная зона. Вертикальный размах золото-кварцевого оруденения составляет 600 м. Рудно-магматическая зональность установлена в пределах эндо- и экзоконтакта небольшого Моджорского массива, где проявлено золото-редкометалльное оруденение, а на удалении от интрузива золото-кварцевое, что является обычным закономерным явлением в различных регионах России (в том числе в Приамурье, Приморье и на Колыме) [1, 9].

Проведённый анализ разрывных структур показал, что большинство разрывов и трещин являются сколами. Наиболее протяжённые глубинные разломы-сдвиги скалывания простираются в северо-западном направлении по азимуту 30°, срезая под острым углом 15° складчатые структуры (см. рис. 1, а-диаграммы). Они прямолинейные и формировались в режиме транспрессии. Широко распространённые магмовмещающие разломы простираются преимущественно в северо-западном направлении, образуя два максимума – 325° и 345°. Первый максимум образуют соскладчатые сколы, второй – разрывы растяжения (раздвиги), параллельные наибольшему главному напряжению и перпендикулярные наименьшему напряжению. Раздвиги в режиме транстенсии глубоко проникали в земную кору и мантию, являясь каналами для магмы. Разломы северо-восточного и близширотного направления формировались как сколы поперёк складчатых структур, по которым происходили левые и правые сдвиги, соответственно. При смене полей напряжений и вращении дуплексного блока они многократно приоткрывались в режиме транстенсии и служили каналами для магмы и рудных растворов.

Месторождение Светлое расположено в центральной части Берелёхского «вихря» в хорошо выраженной левозакрученной ротационной флексуре (см. рис. 2). Геологическая позиция месторождения определяется приуроченностью к юго-западному крылу одноимённой антиклинали вблизи её периклинального замыкания

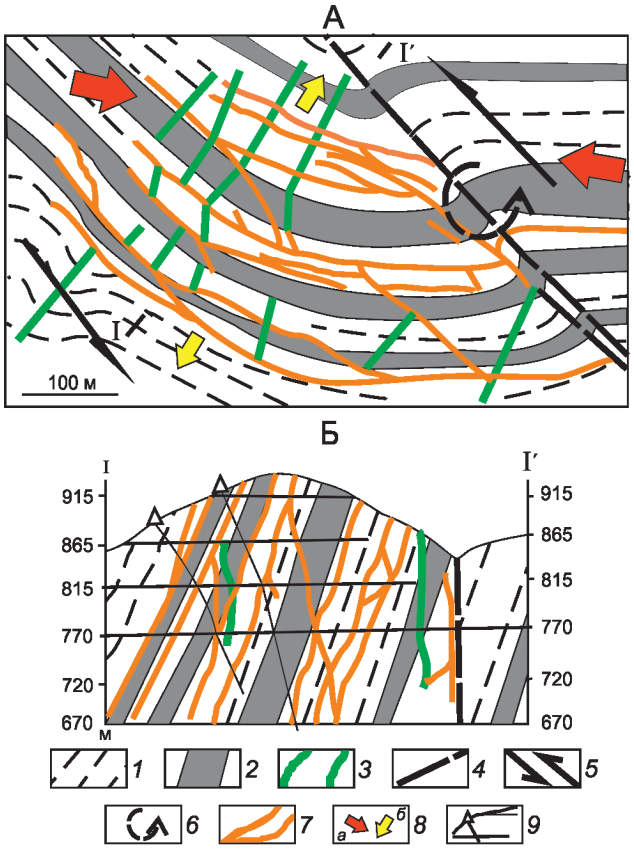


Рис. 2. Левозакрученная рудовмещающая флексура в зоне скалывания на месторождении Светлое: геологический план горизонта 815 м (А) и разрез (Б). *По А.И.Калинину, Б.Н.Шавкунову, 1992 [11, 12], с дополнениями*:

1 – алевролиты и глинистые сланцы среднеюрской толщи; *2* – песчаники; *3* – дайки диоритовых порфиритов; *4* – разломы; *5–6* – направление перемещений: *5* – сдвиговые, *6* – ротационные; *7* – рудные жилы; *8* – направление сжатия (*а*) и растяжения (*б*); *9* – буровые скважины и разведочные горизонты; I–I′ – линия геологического разреза

[11, 12]. Рудовмещающими являются пласты песчаников сланцево-алевролитовой жуковской свиты (900 м) и лещевской толщи (около 1100 м) средней юры. Осадочные породы интрудируют дайки, внедрявшиеся в гомодромной последовательности от средних к кислым [20]. Золото-кварцевые жилы секут все магматические тела на площади 1 км^2. Флексура с вертикальной осью вращения против часовой стрелки образовалась в результате левого сдвига амплитудой 50 м по сколу северо-западного простирания. Вероятно, эти смещения происходили при боковом сжатии, ориентированном в направлении СЗ 290°–300°. Золото добывалось из восьми кварцевых жил, моноклинально погружающихся на юг, юго-запад под крутыми углами (60°–80°). Жилы прослежены на глубину 150–300 м. По простиранию

протяженность жил до 1 км. Как правило, рудные тела развиты на границе пород разной компетентности. Установлены также секущие короткие жилы. Система жил наложена на серию северо-восточных дорудных даек. Месторождение Светлое принадлежит к типу структур блокирования. В них поперечные к жилам дайки и сколы являлись экранами при рудоотложении, что обусловило столбообразный и бонанцевый характер рудных тел. Преобладают крутопадающие рудные столбы шириной 2,5–3,0 м, длиной 20–200 м. В них добыто 60% запасов золота. Месторождение по запасам мелкое, но с богатыми рудами.

Агние-Афанасьевская левозакрученная вихревая структура расположена на левобережье нижнего течения р. Амур в бассейнах его притоков Пильда, Джатка, Битки в Хабаровском крае. Согласно [3], золото-кварцевая минерализация приурочена к нижнемеловым турбидитам Журавлевско-Амурского террейна, слагающего восточное крыло Лимурчанского сдвига. Это территория Пильдо-Лимурийского золоторудного района, включающего Агние-Афанасьевский рудно-россыпной узел.

Золотоносная площадь сложена нижнемеловыми терригенными породами (алевролиты, песчаники, аргиллиты и гравелиты), смятыми в линейные складки северо-восточного простирания, и интрудированными магмой разнообразного состава. Интрузивные образования отнесены к двум возрастным комплексам – позднемеловому и раннепалеогеновому. К позднемеловому относятся интрузии гранодиоритов, кварцевых диоритов, диоритов, гранитов и дайки соответствующего состава нижнеамурской серии. В состав раннепалеогенового входят дайки, штоки базальтов, андезитов, долеритов, дацитов, риолитов. С позднемеловыми натровыми гранитоидами нижнеамурской серии предполагается связь вольфрамового, молибденового, золотого, мышьякового и сурьмяного оруденения [7].

Главным структурным элементом является транстенсивный сдвиговый дуплекс, ограничивающий с флангов интрузивно-купольную структуру в надинтрузивной зоне скрытого рудогенерирующего плутона (рис. 3). На аэрофотоснимках и топографических картах в радиусе 12 км она дешифрируется как морфоструктура центрального типа, проявленная радиально-концентрической системой мелких водотоков, расходящихся от центра и дугообразными изгибами долин рек. Спиралевидный вихревой рисунок образуют ареалы развития многочисленных мелких интрузивных тел и даек, поля роговиков, дуговые, радиальные и линейные разломы. Крупные разломы прослежены геофизическими методами. Анализ разрывных структур (см. рис. 3, а-диаграммы) показал, что протяжённые разрывы скалывания субвертикальны и ориентированы преимущественно в северо-восточном направлении по азимуту СВ 30°–35°, образуя широкую зону вязкого послойного сдвига, ограничивающую с флангов интрузивно-купольную структуру. Подавляющее большинство трещинных интрузий, даек основного и среднего состава контролируют разрывы северо-восточного и близмеридионального направления, реже северо-западного и очень редко широтного, образуя в плане спиральную и радиальную сеть мелких интрузий. Магмовмещающие разрывы хорошо выделяются в геофизических полях по резкому изменению параметров магнитного и радиохимических полей, по цепочкам геофизических аномалий [28]. Дайки кислого состава и крупная Балахойская гранитная интрузия залегают преимущественно в северо-западных разрывах растяжения, дугообразно огибая центр вихревой структуры с северо-востока. Большинство дуговых разломов, вскрытых горными выработками, имеет крутое (60°) падение к центру вихря.

Установлена латеральная концентрическая рудно-магматическая зональность. Магматические породы образуют два пояса. Внутренний (рудоносный) пояс, насыщенный разновозрастными магматическими породами основного, среднего, редко кислого состава, окаймляет центральную (ядерную) часть ротационной структуры. Внешний (периферический) пояс представлен крупной Балахойской интрузией гранитов и её сателлитами. Ядро вихря (диаметром 5 км) безрудно. В обрамляющем рудоносном поясе шириной 3–4 км совмещены месторождение и рудопроявления Au, Mo, W, Pb, Ag, As, Sb. Различные *PT*-условия осаждения минералов, по-видимому, обусловили концентрическую металлогеническую зональность рудно-магматической системы. Чёткой постоянно наблюдающейся пространственной приуроченности оруденения к определённым магматическим породам не устанавливается. Высокотемпературные проявления Mo, W, Pb, Ag, Au расположены ближе к центру, как и в других рудно-магматических структурах центрального типа в Верхнем и Среднем Приамурье. Основные рудопроявления и Агние-Афанасьевское месторождение Au расположены на удалении от интрузивных тел. На флангах рудоносной зоны развиты низкотемпературные проявления Sb, редко As с Au. Во внешней периферической части концентрической рудно-магматической системы оруденение отсутствует, несмотря на широкое развитие пояса гранитных интрузий.

Анализ структурных парагенезов (трещин скалывания, отрыва, тектонической штриховки на зеркалах скольжения, складчатых структур, эшелонированных разрывных нарушений и др.) на геологических картах, планах и полевой документации горных выработок свидетельствует об образовании Агние-Афанасьевской левозакрученой вихревой концентрической структуры в условиях локального растяжения (режим транстенсии) при региональном сжатии СЗ 330°–340° (режим транспрессии). Поворот дуплексного блока (вокруг вертикальной оси) против часовой стрелки на 60°–70° происходил при левом сдвиге амплитудой около 6 км по северо-восточным сколовым разломам. Амплитуда сдвига с транстенсивной составляющей определяется

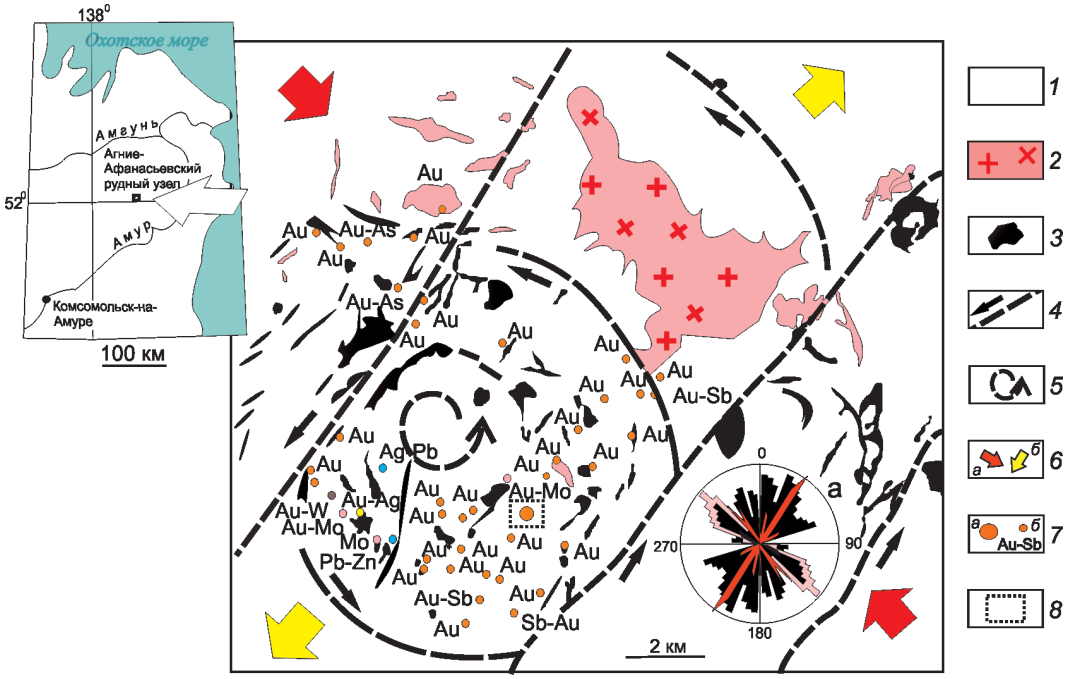


Рис. 3. Левозакрученная вихревая структура в северо-восточном сдвиговом дуплексе с элементами рудно-магматической зональности, Агние-Афанасьевский рудно-россыпной узел. *По А.Н.Минаевой, 1987, М.К.Дьячкову, 1989, А.М.Перфильеву, 2013, с дополнениями*:

1 – нижнемеловые флишоидные отложения (алевролиты, песчаники, гравелиты, линзы конгломераты); *2* – позднемеловые интрузии и дайки кислого состава (кварцевые диориты, гранодиориты, граниты, гранит-порфиры); *3* – позднемеловые интрузии, штоки и дайки основного и среднего состава (габбро, диабазы, диориты); *4* – сдвиги; *5* – направление вращения дуплексного блока; *6* – вектор латерального сжатия (*а*) и растяжения (*б*); *7* – месторождения (*а*) и рудопроявления (*б*) с преимущественной металлогенической специализацией; *8* – местоположение Агние-Афанасьевского месторождения; розы-диаграммы простирания (а): разрывов растяжения, выполненных магмой среднего и основного (чёрное), кислого (розовое) состава, и разломов скалывания (красное)

по суммарной мощности внедрившихся магматических тел, без учёта образования складчатых структур. При этом по сопряжённым дуговым северо-западным и широтным сколовым разломам происходили вращательные правые сдвиго-сбросовые смещения.

Свидетельством ротационных сдвиговых процессов на геологической карте являются спиралевидные ареалы распространения мелких интрузий и даек, флексурные изгибы слоёв вблизи дуговых и линейных разломов, горизонтальная и вертикальная тектонические штриховки на зеркалах скольжения, приразломные складки с вертикальными шарнирами и структурами закручивания. В режиме транстенсии в широкой зоне вязкого сдвига приоткрывались многочисленные присдвиговые раздвиги (pull apart) северо-западного, близмеридионального, северо-восточного, редко широтного простирания (см. рис. 3, а-диаграммы). Раздвиги различных форм и размеров служили каналами для магмы и рудного вещества. Глубина проникновения раздвигов определяется химическим составом внедрившейся магмы и руд.

В Агние-Афанасьевском рудном узле давно известно одноимённое золото-кварцевое жильное месторождение, отработанное в середине XX в. (1936–1956 гг.). Было выявлено 50 кварцево-прожилковых зон, из них промышленная золотоносность установлена в 15, а основная масса золота добыта из 6 зон. Распределение золота в рудных телах крайне неравномерное – от первых граммов до 5 кг/т [12, 28]. Кварцевые жилы расположены кулисно как по простиранию, так и падению слоёв осадочных пород в левозакрученой роллинг флексуре, развитой в северо-западном крыле Пильденской антиклинали (рис. 4). Ядро складки сложено нижнемеловыми флишоидными отложениями преимущественно песчаников горинской свиты, крылья – алевролитами пионерской свиты. Осадочные породы прорывают дайки и штоки кварцевых диоритов, спессартитов и одонитов, распространены в центральной части рудного поля. Они относятся к позднемеловой золотоносной нижнеамурской умеренно натровой интрузивной серии [7]. Дайки простираются в северо-западном, реже северо-восточном направлении. Преобладают дайки с

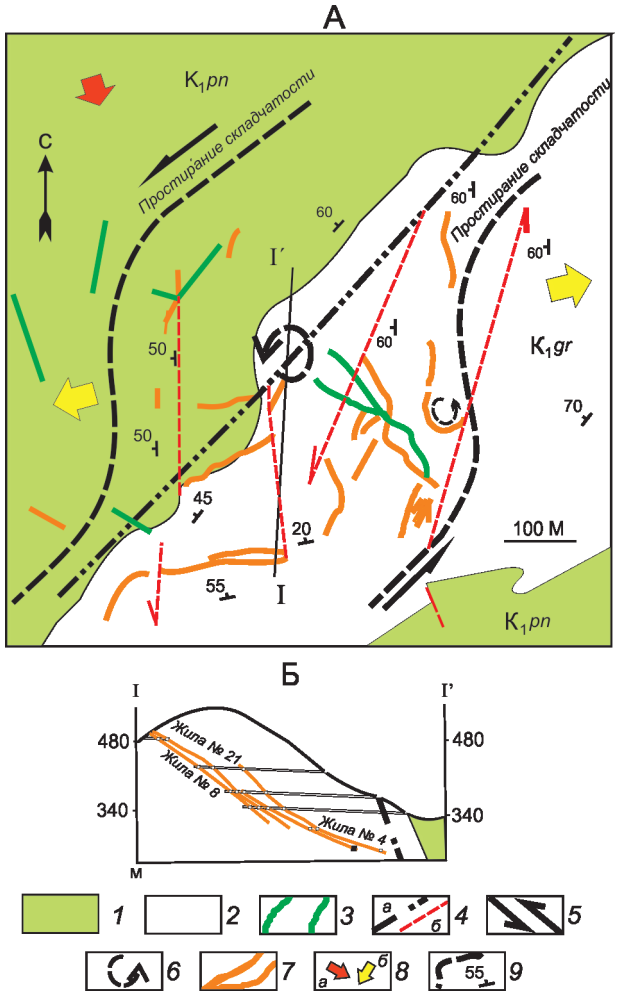


Рис. 4. Схема размещения золото-кварцевых жил в роллинг флексуре, контролируемой северо-восточным взбросо-сдвигом Агние-Афанасьевского месторождения (А), и геологический разрез (Б). *По А.М.Анашкиной, 1953, Н.Н.Степанову, 1989, А.М.Перфильеву, 2013, с дополнениями [28]*:

1–2 – терригенные породы: *1* – преимущественно алевролиты пионерской свиты, K_1pn, *2* – преимущественно песчаники горинской свиты, K_1gr; *3* – дайки диоритовых порфиритов; *4* – разлом (*а*) и зоны скалывания с кулисным рядом рудных тел (*б*); *5–6* – направление перемещений: *5* – сдвиговые, *6* – ротационные; *7* – рудные тела; *8* – вектор сжатия (*а*) и растяжения (*б*); *9* – контуры рудовмещающей флексуры и элементы залегания пород; I–I´ – линия разреза

крутым падением, пологие встречаются реже. Протяжённость даек от десятков до сотен метров, мощность от сантиметров до 1,5 м. На контактах вмещающие породы ороговикованы и метасоматически изменены. С глубиной степень термального воздействия возрастает. Глубина до кромки интрузии составляет 350–400 м [28]. Рудовмещающая ротационная флексурно-разрывная зона имеет взбросо-сдвиговую кинематику. По-видимому, она образовалась при региональном субмеридиональном латеральном сжатии, ориентированном в северо-западном направлении по азимуту 330°–340° параллельно простиранию даек. Горизонтальная амплитуда левого сдвига, составляющая 500 м, определена по смещению пластов осадочных пород. Вертикальная взбросо-надвиговая амплитуда не установлена.

Пласты горных пород, слагающие левозакрученный флексурный изгиб, контролирует северо-восточная зона скалывания, которая простирается вдоль контакта горинской и пионерской свит. Флексуры погружаются на запад, северо-запад под крутыми углами (55°–70°). В том же направлении под углом 40° склоняется большинство золото-кварцевых жил север-северо-восточного направления. Близширотные жилы залегают полого (20–30°) с северным и южным падением. Как правило, жилы простираются согласно изгибу флексуры. Протяжённость жил 200–300 м, жильных серий – 600–700 м различной мощности. Поверхности рудовмещающих разломов, как правило, волнистые по падению и простиранию. Сложная ротационная взбросо-сдвиговая кинематика разломов обусловила приоткрывание пологих граней при взбросе и крутых при сдвиге, что создало сложную морфологию рудных тел. Кроме того, рудные тела повсеместно через 3–5–15 м блокируют поперечные крутопадающие сколы преимущественно близмеридионального простирания, иногда выполненные дайковыми телами. Сколы являются малоамплитудными сдвигами, взбросами и сбросами. Вероятно, они образовались одновременно с надвигами (взбросами). Их максимальные горизонтальные амплитуды составляют 10–12 м, вертикальные – от 2–3 до 6 м. Рудоконтролирующая роль блокирующих дорудных сколов заключается в экранировании золото-кварцевой минерализации при пересечении с рудными жилами. В надвиговых зонах скалывания отработаны Z-образные жилы кручения, в сдвигах – линейно-подковообразные, серповидные, крючковые, дугообразные крутильные рудные тела. В листринговой (пропеллер) структуре кручения отработана самая богатая жила № 8-8 бис. Из жил сложной морфологии добыта основная масса золота. Погружаясь на север, северо-запад, жилы расположены кулисно в надвиговой зоне скалывания (см. рис. 4, разрез). На дневную поверхность выходит 50% жил, остальные являются слепыми. Они были обнаружены и отработаны на разных горизонтах до глубины 345 м. Вертикальный размах золото-кварцевого оруденения составляет 780 м. Рудный потенциал Агние-Афанасьевского месторождения окончательно не установлен. Вмещающие породы при разведке и отработке кварцевых жил, где содержание золота достигало 2–12 г/т, систематически не опробовались. Таким образом, сами вмещающие породы являются рудными телами.

В заключение следует отметить, что сравнительный анализ Берелёхского района (Центральная Колыма) и Агние-Афанасьевского рудного узла (Нижнее Приамурье)

показывает не только заметное сходство, но и ряд различий в геодинамическом развитии золотоносных площадей. Общими закономерностями являются:

1) отчётливая парагенетическая связь образования золотоносных вихревых (ротационных) структур разных иерархических уровней со сдвиговыми дуплексами, широко проявленными в мезозойских терригенных черносланцевых толщах Яно-Колымской и Сихотэ-Алиньской складчатых систем;

2) формирование вихревых структур в сдвиговых дуплексах происходило в обстановке знакопеременного регионального латерального сжатия (режим транспрессии), при котором внедрение магм разного состава и рудоотложения происходило в условиях локального растяжения (режим транстенсии);

3) моноклинально-чешуйчатое строение роллинг флексур в зонах скалывания месторождений Светлое (Центральная Колыма) и Агние-Афанасьевское (Нижнее Приамурье) позволяет уверенно прогнозировать «слепые» жильные, жильно-штокверковые и бонанцевые рудные тела на глубоких горизонтах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Буряк В.А.* Основы минерагении золота. – Владивосток: Дальнаука, 2003.
2. *Вихри* в геологических процессах. – Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004.
3. *Геодинамика*, магматизм и металлогения Востока России. В 2-х кн. / Под ред. А.И.Ханчука. – Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1.
4. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист P-55 – Сусуман. Объяснительная записка / В.И.Шпикерман, И.В.Полуботоко, А.Ф.Васькин А.Ф. и др. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016.
5. *Иванов Б.А.* Центральный Сихотэ-Алиньский разлом. – Владивосток, 1972.
6. *Изосов Л.А., Ли Н.С.* Проблемы вихревой геодинамики // Региональные проблемы. 2017. Т. 20. № 1. С. 27–33.
7. *Интрузивные* серии Северного Сихотэ-Алиня и Нижнего Приамурья, их рудоносность и происхождение / Э.П.Изох, В.В.Русс, И.В.Кунаев и др. – М.: Наука, 1967.
8. *Ли-Сы-Гуан* Вихревые структуры Северо-Западного Китая. – М.–Л.: Госгеолиздат, 1958.
9. *Месторождения* золота в дайках Яно-Колымского пояса / А.В.Волков, В.Н.Егоров, В.Ю.Прокофьев и др. // Геология рудных месторождений. 2008. Т. 50. № 4. С. 311–337.
10. *Мирлин Е.Г.* Вихревая тектоника // Доклады Академии наук. 2009. Т. 426. № 5. С. 649–652.
11. *Многофакторные* прогнозно-поисковые модели месторождений золота и серебра Северо-Востока России / Под ред. М.М.Константинова, И.С.Розенбаума, М.З.Зиннатулина. – СПб.: ВСЕГЕИ, 1992.
12. *Моисеенко В.Г., Эйриш Л.В.* Золоторудные месторождения Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 1996.
13. *Онухов Ф.С., Меркулова Г.В.* Неотектонический роллинг блоков и условия сдвиговых дислокаций / Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии // Под ред. А.Н.Диденко, Ю.Ф.Манилова. – Хабаровск: ИТИГ ДВО РАН, 2016. С. 276–278.
14. *Полетаев А.И.* Ротационная тектоника земной коры / Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых: мат-лы XXXVIII тектонического совещания. – М.: ГЕОС, 2005. Т. 2. С. 97–100.
15. *Прокопьев А.В., Фридовский В.Ю., Гайдук В.В.* Разломы: (Морфология, геометрия и кинематика). – Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2004.
16. *Разломы* и горизонтальные движения земной коры / В.С.Буртман, А.В.Лукъянов, А.В.Пейве, С.В.Руженцев // Труды ГИН АН СССР. – М.: Наука, 1963. Вып. 80. С. 5–32.
17. *Разломы* и горизонтальные движения горных сооружений СССР. – М.: Наука, 1977.
18. *Тверитинова Т.Ю., Викулин А.В.* Геологические и геофизические признаки вихревых структур в геологической среде // Вестник Краунц серия наук о Земле. 2005. № 5. С. 59–76.
19. *Тектоническая* расслоенность литосферы новейших подвижных поясов. – М.: Наука, 1982.
20. *Условия* зарождения и эволюции гранитоидных золото-магматических систем в мезозоидах Северо-Востока Азии / Г.Н.Гамянин, Н.А.Горячев, А.Ш.Бахарев и др. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003.
21. *Уткин В.П.* Сдвиговые дислокации, магматизм и рудообразование. – М.: Наука, 1989.
22. *Хаин В.Е., Полетаев А.И.* Ротационная тектоника: предыстория, современное состояние, перспективы развития. Ротационные процессы в геологии и геофизике. – М.: КомКнига, 2007. С. 17–38.
23. *Цыганкова И.П.* Моделирование глубинной структуры центральной части Яно-Колымского орогенного пояса / Тектоника, глубинное строение и минерализация Восточной Азии: IX Косыгинские чтения: мат-лы конференции / Отв. ред. А.И.Диденко, Ю.Ф.Манилов. – Хабаровск: ИТиГ им. Ю.А.Косыгина ДВО РАН, 2016. С. 93–95.
24. *Читалин А.Ф.* Сдвиговая тектоника и золотоносность Колымского региона // Золото и технологии. 2016. № 4 (34). С. 122–126.
25. *Чурилин М.А.* Спиралевидные системы геологических структур и некоторые приемы их выявления // Тектоника Сибири. – Новосибирск: Наука СО, 1980. Т. VIII. С. 73–80
26. *Шахтыров В.Г.* Верхне-Колымский золотоносный район в свете сдвиговой тектоники // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. 2009. Вып. 35. С. 89–98.
27. *Шахтыров В.Г.* Сдвиговые структурные ансамбли и золотое оруденение Яно-Колымской складчатой системы // Автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук. – Иркутск: Иркутский университет ГТУ, 2000.
28. *Юшманов Ю.П.* Геолого-структурные особенности Агние-Афанасьевского месторождения в Нижнем Приамурье // Региональные проблемы. 2018. Т. 21. № 3. С. 15–21.
29. *WAN Tian Feng, HAO Qingle* The genesis of tectono-magmatism in esten China / Ears Sciences. 2012. Vol. 55. № 3. P. 347–354.
30. *www.vsegei.ru* / Гис-Атлас «Недра России».