

## СТРУКТУРЫ РАННЕКОЛЛИЗИОННЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВЕРХОЯНСКОГО СКЛАДЧАТО-НАДВИГОВОГО ПОЯСА

*В.Ю. Фридовский*

*Академия наук Республики Саха (Якутия), г. Якутск*

Раннеколлизийные золоторудные месторождения формировались в поздней юре-неокоме в начале процесса коллизии Колымо-Омолонского супертеррейна и Охотского террейна с восточной окраиной Сибирского континента. Они образуют протяженный пояс в Западно-Верхоянском секторе и в западной зоне Южно-Верхоянского синклиория Верхоянского складчато-надвигового пояса. Подчеркивается связь золото кварцевого оруденения с тектоно-метаморфическими преобразованиями терригенных пород. Показано, что главными рудоконтролирующими структурами являются зоны скальвания, по которым происходили ранние надвиги. Установлены поздние наложенные деформации рудоконтролирующих структур, коррелирующиеся с региональными геодинамическими событиями. Охарактеризованы геологические структуры Дьяндинско-Охонсойского и Юрско-Бриндакитского рудных узлов. Рудные узлы имеют дискретное линзовидно-полосовое строение с чередованием интенсивно и слабо дислоцированных пластин, формирующих структуру чешуйчатого веера с листрическим типом смесителей. Пластическое течение пород является ведущим деформационным механизмом. Прослеживается связь морфологических особенностей рудных тел с различными типами зон скальвания. Выявленные особенности структурного контроля размещения оруденения детально изученных участков характерны также для других объектов Верхоянского пояса раннеколлизийных золоторудных месторождений.

### ВВЕДЕНИЕ

Раннеколлизийные золоторудные месторождения Верхоянского складчато-надвигового пояса образуют протяженный пояс, вытянутый в долготном направлении на расстояние около 1700 км от побережья моря Лаптевых на севере до р. Мая на юге. Их формирование связывается с началом коллизийных процессов на востоке Сибирского континента [21], обусловленных причленением к Сибири в поздней юре-неокоме Колымо-Омолонского супертеррейна и Охотского террейна [16].

Вопросы строения, структурной эволюции и геодинамических условий формирования золоторудных месторождений изучены недостаточно полно. Их анализ имеет важное значение, поскольку раннеколлизийные золоторудные месторождения по сравнению с другими типами наиболее тесно связаны с деформационно-метаморфическими событиями. Автором проведены специальные структурные исследования отдельных месторождений золота Верхоянского складчато-надвигового пояса, учитывающие новые данные о региональном строении и геодинамической эволюции территории [16, 25, 26]. В статье рассматриваются результаты этих исследований, ранее частично опубликованные [19-21, 24], позволившие установить особенности строения, структурного развития и размещения раннеколлизийных золоторудных месторождений Верхоянского складчато-надвигового пояса.

### ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА ВЕРХОЯНСКОГО СКЛАДЧАТО-НАДВИГОВОГО ПОЯСА

Верхоянский складчато-надвиговый пояс прослеживается к востоку от Сибирской платформы. Он сформирован на месте пассивной континентальной окраины, существовавшей с карбона до средней юры [16]. На западе пояс системой фронтальных надвигов отделяется от платформенных структур. На северо-востоке граница со смежными структурами Кулар-Нерского сланцевого пояса проводится по Адыча-Тарынской зоне разломов; а на юго-востоке - по Билякчанской зоне разломов, отделяющей пояс от структур Охотского террейна. Пояс разделяется на три сектора: Западный, Восточный и Южный (рис. 1).

Западно-Верхоянский сектор сложен преимущественно каменноугольными и пермскими терригенными толщами, Восточно-Верхоянский сектор - триасовыми и юрскими отложениями. По структурным особенностям и строению геофизических полей в Западно-Верхоянском секторе выделяются сегменты - Хараулахский, Орулганский, Куранахский и Бараинский [26].

Южно-Верхоянский сектор состоит из долготных Кыллахской, Сетте-Дабанской зон и Южно-Верхоянского синклиория [17]. Южно-Верхоянский синклиорий образован верхнепалеозойскими турбидитами и нижнемезозойскими лагунно-континентальными и

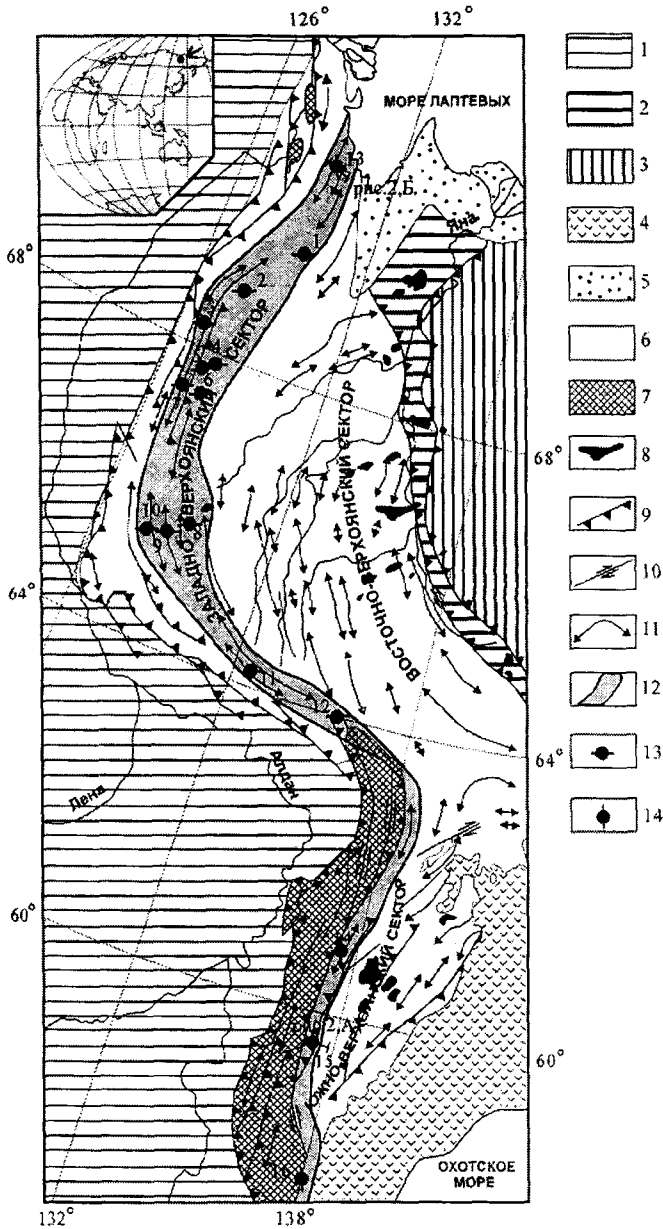


Рис. 1. Схема размещения раннеколлизийных золоторудных месторождений Верхоянского складчато-надвигового пояса.

1 - Сибирская платформа; 2 - Кулар-Нерский сланцевый пояс; 3 - Колымо-Омолойский супертеррейн; 4 - Охотско-Чукотский вулканогенный пояс; 5 - кайнозойские отложения; 6-7 - Верхоянский складчато-надвиговый пояс: 6 - верхнепалеозойские и нижнемезозойские отложения, 7 - средне- и нижнепалеозойские, вендские и рифейские отложения; 8 - граниты; 9 - надвиги; 10 - сдвиги; 11 - оси складок; 12 - пояс раннеколлизийных золоторудных месторождений; 13 - рудные зоны: 1 - Мейчанская, 2 - Джарджанская, 3 - Балаганахская, 4 - Серегинская, 5 - Айалырская, 6 - Судьядалахская, 7 - Имтачанская, 8 - Кыгылтасская, 9 - Саганджинская, 10 - Китинская, 11 - Бараинская, 12 - Харанкагская; 14 - рудные узлы: 1 - Дьяндинско-Охоносойский, 14 - Булар-Оночолохский, 15 - Юрско-Бриндакитский, 16 - Курун-Уряхский. Прямые линии показывают положение структурных разрезов поперек Юрско-Бриндакитского (рис. 2, А) и Дьяндинско-Охоносойского (рис. 2, Б) рудных узлов.

прибрежно-морскими терригенными толщами. В Южно-Верхоянском синклинии выделяются 5 магматических ассоциаций: диоритовая малых интрузий, гранодиорит-гранитная, диорит-гранодиорит-гранитная, лейкогранитная и дацит-липаритовая субвулканическая [22]. Граниты Южно-Верхоянского синклинии вместе с небольшими массивами Восточно-Верхоянского сектора объединены в продольный пояс в осевой части Верхоянского складчато-надвигового пояса [16].

Для Верхоянского складчато-надвигового пояса характерны протяженные (150-200 км) кулисообразно расположенные концентрические складки; интенсивная складчатость отмечается в узких зонах [6,7]. Морфолого-кинематические особенности разрывных нарушений детально изучены во фронтальной части Верхоянского складчато-надвигового пояса [17,26]. Здесь широко проявлены покровно-надвиговые и сдвиговые дислокации, установлено неоднократное проявление тектонических движений [14-17, 26].

В Верхоянском складчато-надвиговом поясе выделяются три группы структур золоторудных полей: раннеколлизийная, позднеколлизийная и субдукционная [21,24]. Оруденение раннеколлизийной структурной группы имеет наибольшее распространение. Оно древнее коллизийных гранитоидов, локализованных в осевой части Верхоянского складчато-надвигового пояса, которые датируются в 120-90 млн лет [25]. В Южно-Верхоянском синклинии контактовые роговики, сопряженные с гранитоидами, наложены на метаморфические породы, трассируемые продольными к складчатости рудоконтролирующими разломами. К позднеколлизийной группе относятся структуры рудных полей, связанные с кульминацией коллизии в раннем мелу. Субдукционная группа рудных полей связана с альб-позднемеловым Охотско-Чукотским вулcano-плутоническим поясом, трассирующим активную континентальную окраину на востоке Сибирского континента [21].

Пояс раннеколлизийных месторождений прослежен в Хараулахском, Орулганском, Куранахском и Бараинском сегментах Западно-Верхоянского сектора Верхоянского складчато-надвигового пояса [8]. К югу он продолжается в западной зоне Южно-Верхоянского синклинии, в пределах Аллах-Юньской золотоносной полосы, выделенной в 30-х годах Ю.А. Библиным [5]. Ширина пояса достигает 100 км. В его пределах оруденение концентрируется в отдельных рудных зонах и узлах (рис. 1). В Хараулахском сегменте расположен Дьяндинско-Охоносойский рудный узел. В Орулганском сегменте выделяются Мейчанская, Джарджанская, Балаганахская, Серегинская, Айалырская, Судьядалахская, Имтачанская рудные зоны, в Куранахском сегменте - Кыгылтасская, Саганджинская, Китинская рудные зоны [2,8]. К югу в Бараинском сегменте известна одноименная рудная

зона. На границе с Сетте-Дабаном расположена Харанкагская рудная зона. В Южно-Верхоянском синклинории размещаются Булар-Оночолохский и Юрско-Бриндакитский рудные узлы. На южной периферии пояса в бассейне р. Мая расположен Курун-Уряхский рудный узел [18].

Оруденение ассоциируется с зонами метаморфических изменений пород [2, 3]. Они характеризуются развитием рекристаллизационно-бластических структур, сланцеватых текстур, сульфидизации, обогащением дисперсным органическим веществом. Метаморфические изменения обычно соответствуют низким ступеням зеленосланцевой фации; известны участки более глубокой переработки пород [3, 23]. Преобразования пород сопровождаются перераспределением золота и других компонентов между петрографическими разностями, затронутыми метаморфизмом, что может служить основой прогнозных построений [4,9,10].

Оруденение представлено многоярусными меж- и внутрипластовыми телами на крыльях и в замках складок, штокверками и секущими жилами, подчиненными элементам стратификации пород. Согласно рудные тела получили максимальное распространение. Для них характерно отменяемое многими исследователями зональное строение. На контактах жил развит ранний кварц серого цвета тонкополосчатой текстуры, к центру сменяемый поздним молочно-белым кварцем массивной текстуры [2,8,11]. Ранний кварц размещается на участках складчатых структур, претерпевших активные межпластовые перемещения, с развитием межслоевых тонкого сланцевого кливажа и тектонитов. Он замещает рассланцованные породы и вследствие этого приобретает тонкополосчатое строение. Обычно жилы включают угловатые обломки вмещающих пород размером до первых десятков сантиметров в поперечнике. Наибольшее развитие ксенолиты получили в секущих внутрипластовых жилах. Максимальная мощность рудных тел составляет 3-4 м, протяженность до первых километров.

Вещественный состав рудных тел типичен для месторождений малосульфидной золотокварцевой формации и сохраняется на всем протяжении Верхоянского пояса раннеколлизийных золоторудных месторождений [2]. Количество рудных минералов редко превышает 1-2%. Наиболее часто встречаются пирит, арсенопирит, пирротин, сфалерит, галенит, халькопирит. Главные жильные минералы представлены кварцем и карбонатами. Выделяются четыре минеральные ассоциации: ранняя кварц-пирит-арсенопиритовая, существенно кварцевая, продуктивная кварц-золото-галенит-сфалеритовая, поздняя карбонат-кварцевая [11]. В значительном количестве (до сотен грамм на тонну) золото также содержится в пирите и арсенопирите ранней ассоциации.

## СТРУКТУРА ЮРСКО-БРИНДАКИТСКОГО РУДНОГО УЗЛА

Юрско-Бриндакитский рудный узел расположен в западном крыле Минорской зоны повышенной деформированности пород, отделяющей центральную и западную зоны Южно-Верхоянского синклинория (рис.2,А). Зона прослеживается в меридиональном направлении и на правом берегу р.Аллах-Юнь сменяется системой кулисообразных нарушений, объединяемых в Кидерикинский разлом. В осевой части Минорской зоны наблюдается крутое моноклинальное падение пород к востоку. В западном крыле зоны вскрываются верхнекаменноугольные толщи, смятые в складки различной напряженности. Восточное крыло характеризуется развитием нижнепермских отложений, деформированных в простые открытые складки.

Границы Юрско-Бриндакитского рудного узла проводятся по выходу на поверхность рудовмещающих отложений суркеченской и хальбиньской свит, которые в виде полосы шириной до 5 км вытягиваются в меридиональном направлении на расстояние 36 км.

Складчатая структура Юрско-Бриндакитского рудного узла представляет собой систему открытых слабооффрированных синклиналей и антиклиналей с зеркалом складчатости, погружающимся (10-15°) к востоку. Шарниры складок полого (5-20°) погружаются к центру рудного поля, подчеркивая наличие поперечного перегиба. Наиболее крупные складчатые структуры прослеживаются через рудное поле и имеют горизонтальный размах крыльев до 1 км. Вергентность складчатых структур меняется от западной (на севере и юге рудного поля) до восточной (в центральной части). Складки асимметричные с короткими западными и более протяженными восточными крыльями антиклиналей. Параллельно осевым поверхностям концентрических складок развит трещинный кливаж (кливаж разлома), макроскопически проявленный поверхностями частой делимости алевро-пелитовых пород и почти не развитый в псефо-псаммитовых толщах.

На отдельных участках напряженность складчатости возрастает. Появляются изоклинальные и сжатые складчатые формы, которые образуют линзовидно-полосовые узоры невыдержанной ширины. Сжатые и изоклинальные складки составляют до 25% поперечного сечения Юрско-Бриндакитского рудного узла. Отмечается наличие вертикальной структурной зональности - изоклинальные и сжатые складки на верхних горизонтах сменяются открытыми складками.

Напряженная складчатость сопровождается зоны скальвания (shear zone), являющиеся главными рудоконтролирующими структурами Юрско-Бриндакитского рудного узла [20]. Они представлены близкими к плоскостным зонами повышенной деформированности.

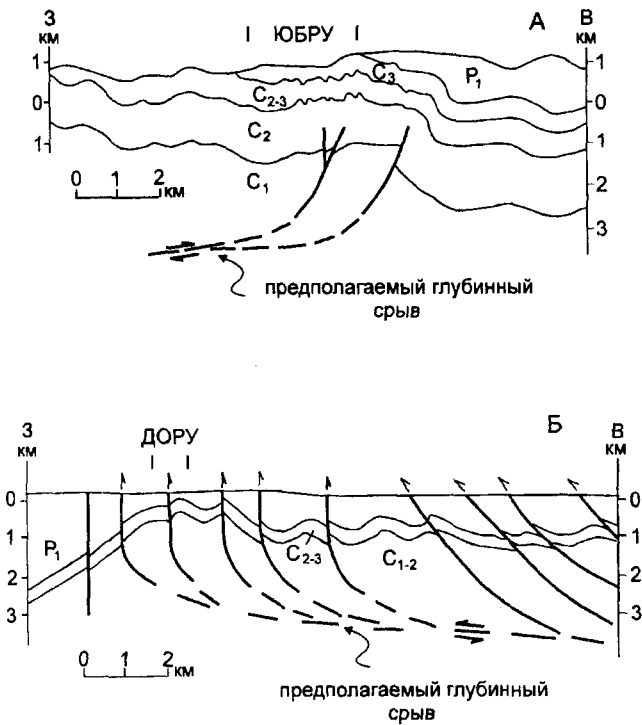


Рис.2. Структурные разрезы Юрско-Бриндакитского (А) и Дьяндинско-Охотонойского (Б) рудных узлов. Положение разрезов показано на рис.1. ЮБРУ - Юрско-Бриндакитский рудный узел, ДОРУ - Дьяндинско-Охотнойский рудный узел.

ти, в которых отношение длины к ширине более чем 5:1, окруженными менее деформированными породами [27, 28]. Выделяются три типа зон скалывания. Пластичные зоны скалывания (ductile shear zone) характеризуются развитием деформаций без нарушений сплошности пород с участием процессов тектонического течения. Хрупкие зоны скалывания (brittle shear zone) сопровождаются разломами и односистемными трещинами. Переходные структуры относятся к хрупко-пластичным зонам скалывания (brittle-ductile shear zone) [27, 28]. В зонах скалывания деформации осуществляются путем многочисленных дифференцированных трансляций пород по плоскостям сланцевого кливажа в направлении под углом к слоистости.

Детальное строение зон скалывания изучено на Юрском месторождении (рис. 3). Выделяются четыре зоны скалывания близдолготного простирания. Они располагаются согласно залеганию кливажа и осевых поверхностей ранних складок скалывания ( $F_1$ ). Около зон скалывания напряженность складчатости и деформированность пород возрастает. На рис.4 показано рудное тело, положение которого контролируется зоной скалывания. Рудное тело размещается в основании пласта песчаников мощностью от 0.1 до 1.3 м. Оно деформировано в разноамплитудные складки, полюса слоистости которых рассеиваются по дуге большого круга, что указывает на цилиндрический тип

складчатости (рис.4, А). В мульде западной синклинальной складки наблюдается радиальный кливаж. Нарушения кливажа связываются с коаксиальным дожатием в завершении первого этапа деформаций. В восточной части разреза интенсивность деформации нарастает. Отмечаются золотокварцевые жилы, смятые в изоклинальные складки с запрокидыванием к западу.

Анализ массовых замеров трещин указывает на развитие трех статистических максимумов, образующих два пояса полюсов трещин (рис.4,В). Вдоль первого пояса, проходящего через центр стереографической проекции, располагаются первый и второй статистические максимумы. Максимум  $S_1$  отвечает положению кливажных трещин,  $S_{II}$  сопоставим с близгоризонт-

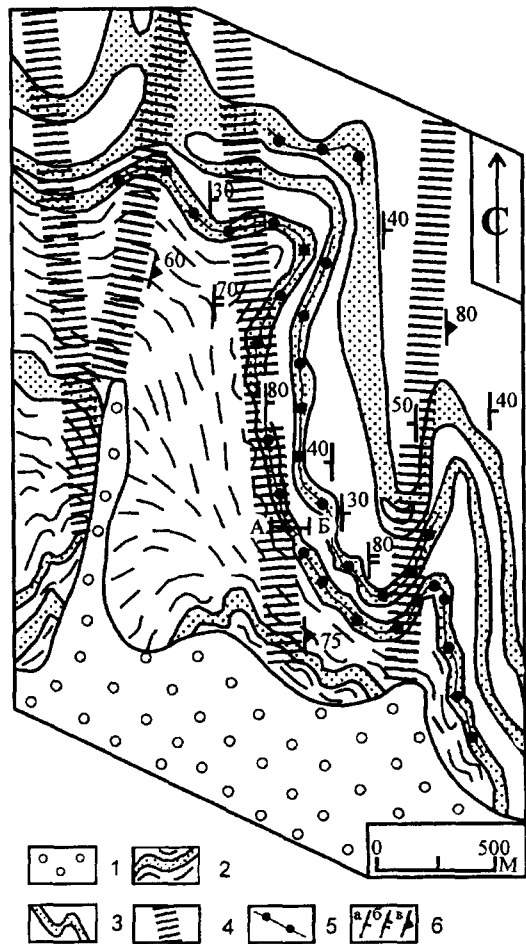


Рис. 3. Схема геологического строения Юрского месторождения.

1 - кайнозойские отложения; 2-3 - суркеченская свита: 2 - нижняя подсвита - алевролиты с прослоями песчаников и конгломератов, 3 - верхняя подсвита - алевролиты с прослоями песчаников; 4 - зоны скалывания; 5 - рудные тела; 6 - залегание: а - слоев, б - кливажа, в - зон скалывания; АБ - положение геологического разреза, показанного на рис. 4.

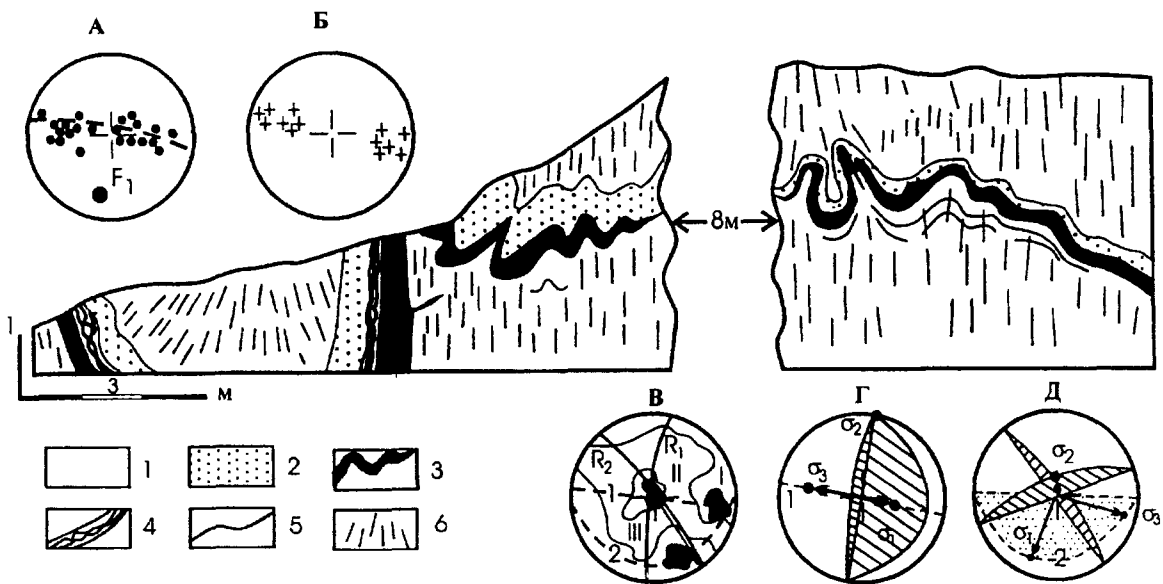


Рис. 4. Стратифицированное рудное тело Юрского месторождения.

1 - алевролиты; 2 - песчаники; 3-4 - кварцевые жилы: 3 - массивной текстуры, 4 - полосчатой текстуры, 5 - слоистость, 6 - кливаж. Стереограммы (даны в проекции на верхнюю полусферу): А - полюса слоистости,  $F_1$  - расчетное положение шарниров складок, прерывистой линией показан пояс полюсов слоистости, Б - полюса кливажа, В - полюса трещин (120 замеров, изолинии 1-4%), пунктир - пояс полюсов трещин (динамокинематическая плоскость), сплошные линии - проекции разломов (R), Г, Д - реконструкции ориентировок осей напряжений:  $\sigma_3$  - ось максимальных сжимающих напряжений,  $\sigma_1$  - ось минимальных сжимающих напряжений,  $\sigma_2$  - промежуточная ось.

тальными трещинами отрыва. Первый пояс полюсов трещин соответствует взбросовому полю тектонических напряжений с близширотной ориентировкой оси сжатия ( $\delta_3$  - аз.  $95^\circ$  угол  $38^\circ$ ,  $\delta_2$  - аз.  $190^\circ$  угол  $0^\circ$ ,  $\delta_1$  - аз.  $280^\circ$  угол  $52^\circ$ ) (рис. 4, Г). Второй пояс полюсов трещин фиксирует более позднее сдвиговое поле тектонических напряжений ( $\delta_3$  - аз.  $290^\circ$  угол  $4^\circ$ ,  $\delta_2$  - аз.  $170^\circ$  угол  $80^\circ$ ,  $\delta_1$  - аз.  $20^\circ$  угол  $10^\circ$ ) (рис. 4, Д).

С зонами скалывания пространственно сопряжены сланцевый кливаж, складки скалывания, муллион- и будинаж-структуры, транспозиционные элементы (рис. 5). С развитием сланцевого кливажа первичные осадочные текстурно-структурные признаки сохраняются в реликтовых блоках. Характерны ступенчатые смещения микролитонов амплитудой до нескольких сантиметров. В шлифах согласно кливажным направлениям располагаются реликтовые и новообразованные минералы (кварц, полевые шпаты, хлорит, серицит), образуя лепидогранобластовую структуру и сланцевато-линзовидную текстуру пород. Эллиптичность порфиороклавов возрастает, они испытывают вращение, а также разъединяются (микробудинаж).

Складки скалывания характеризуются увеличенной (в 2-5 раз и более) мощностью пород в замках, сравнительно с крыльями. Это связывается с перемещением вещества пород параллельно сланцевому кливажу. На участках высокоградиентного течения слоистость осложняется фестончатостью, желобчатостью,

бугорчатостью, муллион-структурами (рис. 5). Крылья складок разобщаются, формируя блок-будины неправильно угловатой, уплощенно-линзовидной и дисковидной формы, ограниченные кливажем (рис. 5, Ж). Величина деформации, рассчитанная по разобщению будин в направлении а-оси, оценивается в 500-600%.

В участках пересечения зонами скалывания толщ, сложенных тонко переслаивающимися песчаниками и алевролитами развиваются транспозиционные структуры - нарушения, формирующиеся при течении вещества пород по кливажу с утратой и разобщением слоистости. Здесь же устанавливается тектонический меланж, представленный включениями песчаников, заключенных в дислоцированном алевролитовом матриксе. Обломки имеют линзовидное строение, вытянуты длинными осями по падению кливажа. Будинаж от меланжа отличается цепочечным расположением обломков сходного состава и строения.

На структуры первого, главного этапа деформаций наложены складки с крутыми шарнирами, погружающимися к северо-западу (рис. 5, Е). Складки  $F_2$  развиваются на крыльях разломов близмеридиональной ориентировки со сдвиговым характером перемещения. На наложенные сдвиговые деформации указывают изгибы в-линейности пересечения слоистости и кливажа ( $S_1$ ), которые фиксируются на кливажных поверхностях. Во второй этап деформаций сформированы также разломы северо-западного простирания, смещающие золотокварцевые тела. Для них харак-

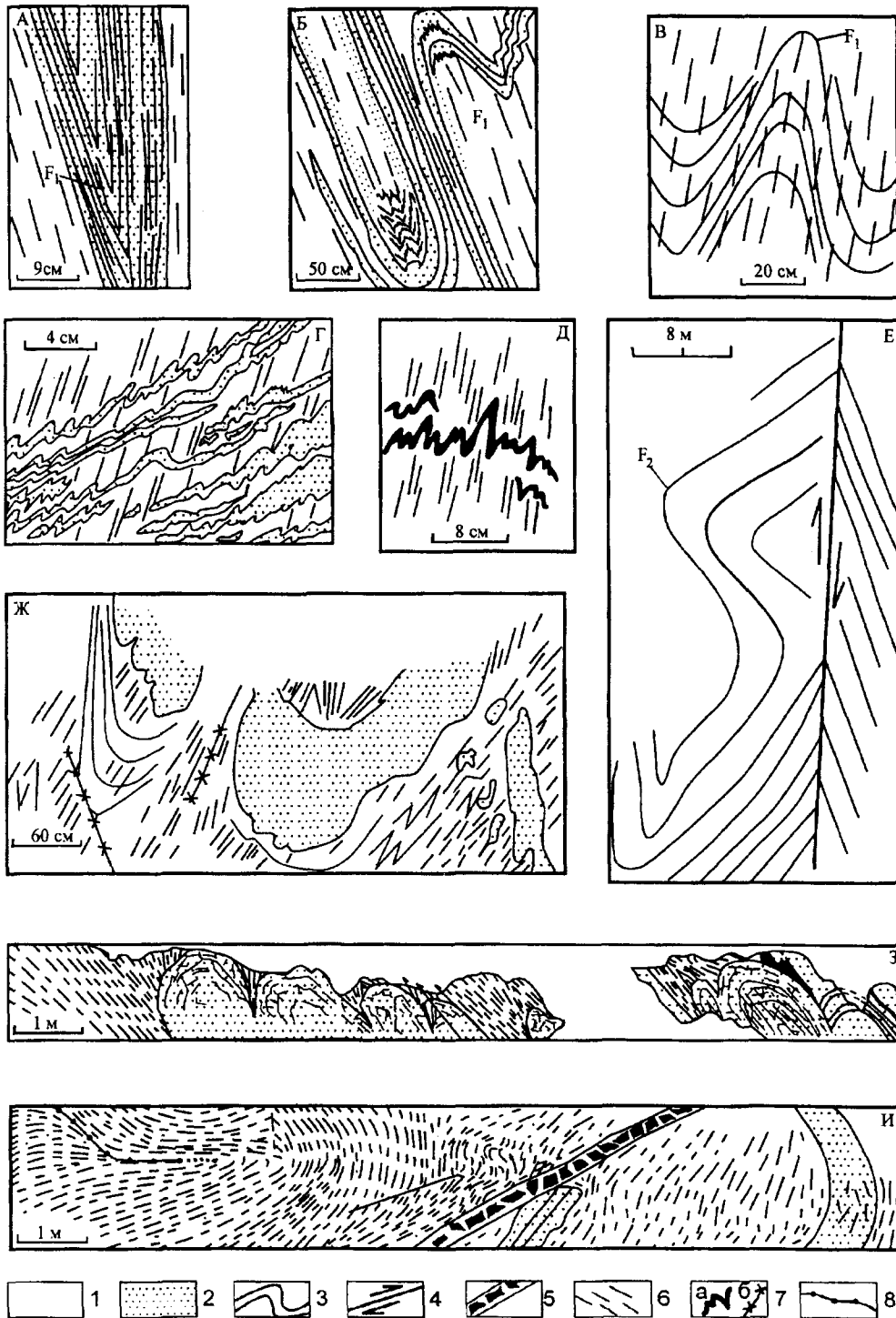


Рис. 5. Деформации в верхнекаменноугольных отложениях Юрско-Бриндакитского рудного узла.

1 - алевролиты, 2 - песчаники, 3 - слоистость, 4 - разломы, 5 - брекчии, 6 - кливаж, 7 - кварцевые: а - жилы, б - прожилки, 8 - осевая поверхность складки третьей генерации.

А, Б, В - изоклинальные и сжатые складки пластического течения первой генерации ( $F_1$ ); Г - структуры начальной транспозиции; Д - птигматитовые складки; Е - складки второй генерации; Ж - блок-будины, З - муллион-структуры; И - складки третьей генерации ( $F_3$ ).

терны левосдвиговые перемещения, с амплитудой до первых десятков метров. Разломы выполнены окварцованными брекчиями с убогой пиритизацией.

Наиболее поздние нарушения устанавливаются по деформациям кливажа и слоистости в верхьях руч. Смелый (рис. 5,И). Кливаж образует изоклиральную складку с шарниром полого погружающимся к юго-западу, формирование которой увязывается с перемещениями по надвигу юго-восточного падения.

### СТРУКТУРА ДЪЯНДИНСКО-ОХОНОСОЙСКОГО РУДНОГО УЗЛА

Дьяндинско-Охонсойский рудный узел расположен на севере Хараулахского сегмента Верхоянского складчато-надвигового пояса в зоне Центрально-Верхоянского разлома (см.рис.2,Б). Рудный узел сложен нерасчлененными средне-верхнекаменноугольными алевролитами с пластами песчаников, нижнепермскими турбидитами унгуохтахской и халджинской свит, представленными алевролитами, переслаивающимися с песчаниками и глинистыми сланцами (рис. 6). Отмечается приуроченность золото-кварцевого оруденения к трем стратиграфическим горизонтам, в пределах которых рудные тела представлены согласными и секущими жилами, штокверками в пластах песчаников [1].

Геолого-структурный разрез Дьяндинского месторождения, основанный на наблюдениях в береговых обрывах левого и правого бортов руч. Дьянди, показан на рис. 7. В разрезе вскрывается круто падающая хрупкая зона скалывания. Предполагается листрический характер сместителя и его слияние на глубине около 3 км с глубинным срывом (детachment), выделяющимся по данным [26] в основании Верхоянского терригенного комплекса (см.рис.2,Б). Восточный контакт зоны скалывания бронируется пластиной, сложенной переслаиванием алевролитов и песчаников верхней подсвиты унгуохтахской свиты, которые вмещают пластовые золотокварцевые тела (см.рис.7). Западное ограничение устанавливается по уменьшению интенсивности деформаций пород. Зона скалывания сложена деформированными блоками терригенных пород, заключенными в милониты с включениями кварцевого материала. Маломощные (15-40 см) пласты песчаников расчленяются кливажем на блок-будины с образованием изолированных тел, вовлеченных в ротационные процессы. На коренных зеркалах скольжения фиксируются борозды, ориентированные по падению, на аккреционных - сдвиговые борозды право- и левостороннего знака, что указывает на наложение на ранние надвиговые поздних сдвиговых перемещений.

В автохтоне слоистые алевролиты и песчаники слагают пологую (10-20°) моноклиаль с падением к западу. Слоистость гофрирована и образует открытые концентрические складки. Маломощные пласты пес-

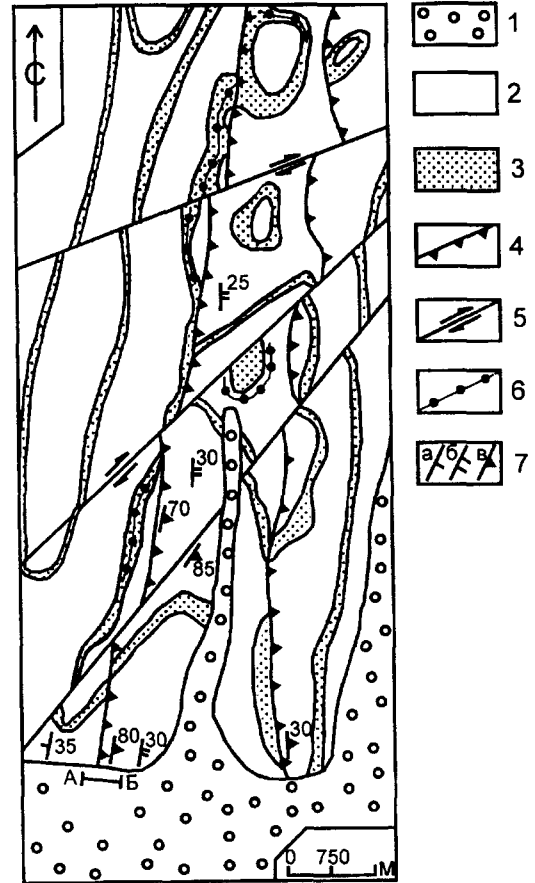


Рис. 6. Схема геологического строения Дьяндинского месторождения.

1 - кайнозойские отложения; 2 - алевролиты и аргиллиты; 3 - песчаники; 4 - надвиги; 5 - сдвиги; 6 - рудные тела; 7 - залегание: а - слоев, б - кливажа, в - разломов; АБ - положение геолого-структурного разреза, показанного на рис. 7.

чаников (13-15 см) расчленены кливажем на отдельные блоки длиной по падению от 22 до 72 см (см.рис. 7,А). По перекрытию блоков определен коэффициент укорочения, равный 55%.

К востоку от главного разлома отмечается несколько тектонических пластин мощностью от 2 до 4 м, ограниченных надвигами. Наблюдается различная дислоцированность пород в смежных пластинах и существенные перемещения по разделяющим их надвигам. Параллельно надвигам ориентированы главные плоскостные структурные элементы - кливаж и осевые поверхности складок ( $F_2$ ) (см.рис.7, Ж, З). Они характеризуются юго-восточным (аз.115°) пологим (20°) падением. По кливажу отмечаются дифференцированные перемещения вещества пород с формированием структур начальной транспозиции. Около надвигов развиты сжатые и изоклиральные складки с шарнирами, полого погружающимися к юго-востоку и горизонтальным размахом крыльев видимых в обнажениях

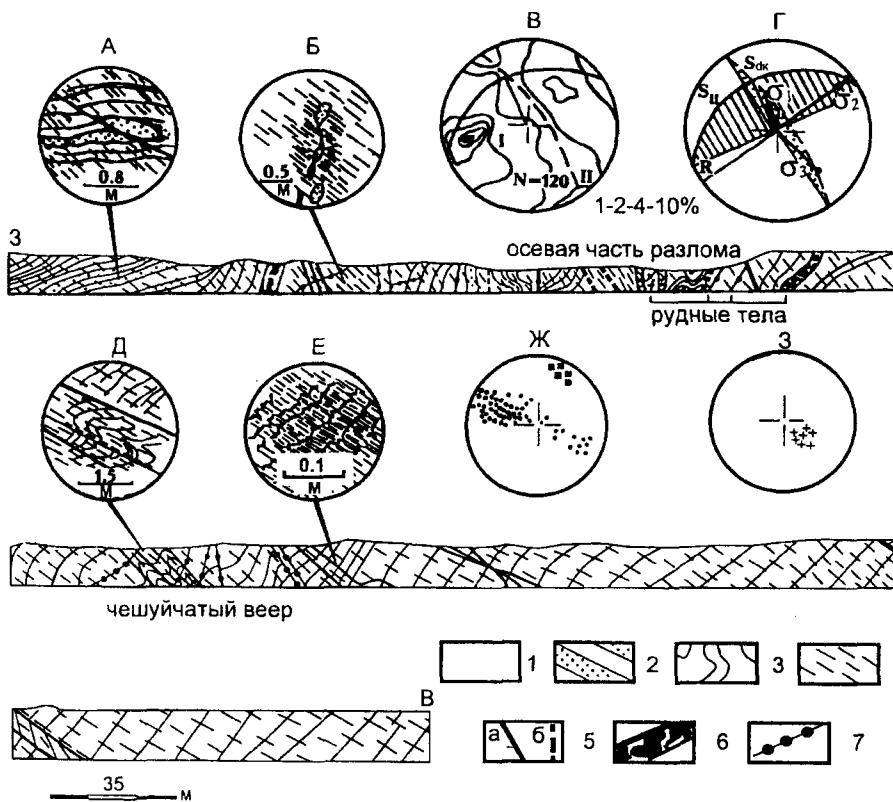


Рис.7. Геолого-структурный разрез Дьяндинского месторождения.

1 - алевролиты; 2 - песчаники; 3 - слоистость; 4 - кливаж; 5 - разломы; а - сдвиги, б - надвиги; 6 - милониты; 7 - кварцевые жилы.

А - деформации в автохтоне надвиговой зоны; Б - будинаж; В - стереограмма полюсов трещин; Г - реконструкция ориентировки осей напряжений, R - разломы, S - трещины, пунктир - пояс полюсов трещин ( $S_{dk}$  - динамокинематическая плоскость),  $\delta_3$  - ось максимальных сжимающих напряжений;  $\delta_1$  - ось минимальных сжимающих напряжений;  $\delta_2$  - промежуточная ось; Д, Е - складчатые деформации слоистости; Ж, З - стереограммы: Ж - полюсов слоистости (точки) и линий пересечения слоистости и кливажа (квадратики), З - полюса кливажа.

складок до первых десятков метров (см.рис. 7, Д, Е). На удалении от главного разлома интенсивность деформаций снижается - складки становятся открытыми, возрастают мощности тектонических пластин до 5-15 м и толщина кливажных литонов.

При анализе тектонической трещиноватости, связанной с рассматриваемыми нарушениями устанавливается надвиговое поле тектонических напряжений (см.рис. 7 В,Г). Ось сжатия ( $\delta_3$ ) погружается под углом  $30^\circ$  по азимуту  $320^\circ$ , ось растяжения ( $\delta_1$ ) погружается в южном направлении под углом  $60^\circ$ , промежуточная ось полого погружается к юго-западу (см.рис.7, Г).

В 5 км юго-восточнее месторождения Дьянди по правому борту руч. Нимтанджи алевролиты и песчаники унгуохтахской свиты нарушены разрывами, смяты в опрокинутые к западу складки, кливажированы (рис. 8, А). Надвиг сопровождается зона дробления пород мощностью до 2,5 м. Аллохтон расчленен на серию тектонических пластин, надвинутых друг на друга и выполненных породами различной степени дислоцированности - будинированных, нарушенных интенсивным сланцевым кливажем, образующих сжатые и изоклинальные складки. Стереограмма полюсов слоистости соответствует цилиндрическому типу складок с шарнирами, полого погружающимися к юго-западу. Вергентность структур указывает на продвижение пород с юго-востока на северо-запад.

К северу от Дьяндинского месторождения в устье руч. Охоносой около губы Буор-Хая надвиговые деформации сопровождаются транспозиционными структурами, тектоническим меланжем, опрокинутыми складками (см.рис. 8, Б). Последние предполагаются по более пологому залеганию кливажа относительно слоистости. Зона тектонического меланжа видимой мощностью до 9 м сложена обломками песчаников линзовидной формы размером до 30 см в поперечнике, окруженных тонко перетертым матриксом. Обломки вытянуты по кливажу, которому отводится главная роль координатора тектонических перемещений. Пласт песчаников мощностью от 4 до 5 м расчленяется кливажными клиньями на отдельные блок-будины. Контакты пласта осложнены множеством муллионоподобных структур с амплитудой до 10-15 см и отчетливой кливажной симметрией. В зоне контакта пласта с надвигом развивается тектонический меланж. Во фронтальной части Хараулахского сегмента тектонический меланж сопровождается надвиги с большими амплитудами горизонтальных перемещений [14]. В 400 м восточнее выхода золото-кварцевых жил Охоносойского рудопроявления устанавливаются фрагменты напряженных складок, выполняющих конформные кливажу аллохтонные пластины, что позволяет предположить участие надвиговых структур в контроле размещения оруденения.

Надвиги северо-восточного простираения и связанные с ними деформации ( $F_2$ ) наложены на ранние близдолготные складки ( $F_1$ ) и нарушены поздними



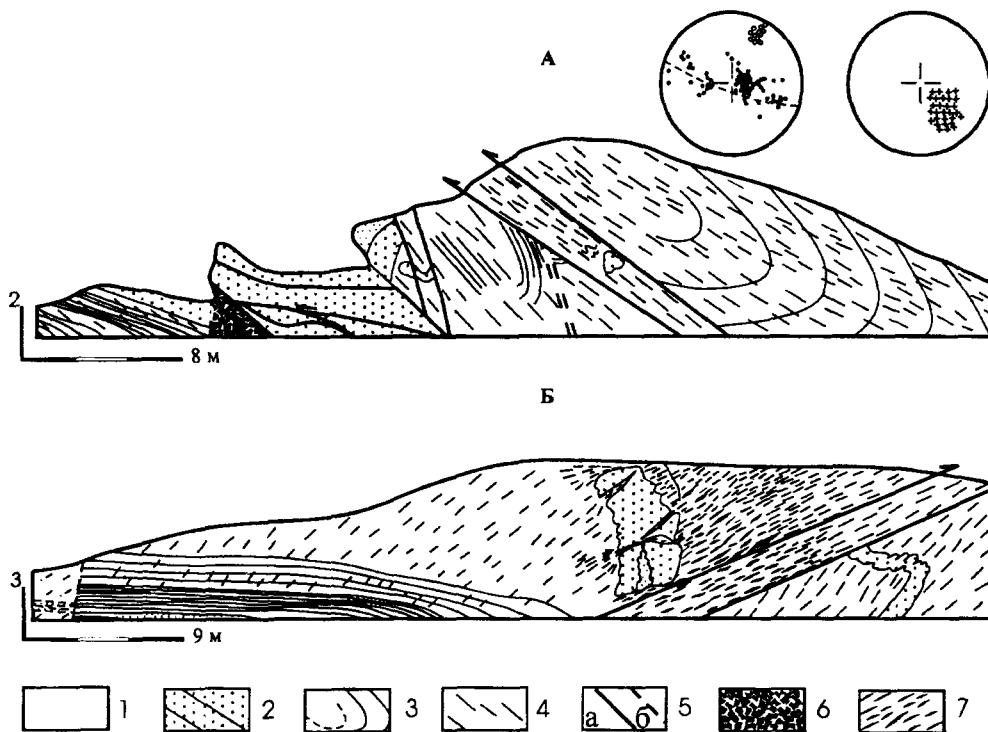


Рис. 8. Надвиги и связанные с ними деформации Дьяндинско-Охоносойского рудного узла.

А - руч. Нимтанджа, Б - руч. Охоносой; 1 - алевролиты; 2 - песчаники; 3 - слоистость; 4 - кливаж; 5 - разломы: а - надвиги; б - сдвиги; 6 - милониты; 7 - тектонический меланж.

Стереогаммы: точки - полюса слоистости, крестики - линии пересечения слоистости и кливажа, незалитые кружки - полюса кливажа.

крутыми разломами северо-восточной ориентировки. Разломы сложены черными катаклазитами мощностью до 60 см с включениями обломков кварцевых жил.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведенные структурные исследования показали, что главное значение в контроле размещения раннеколлизийного золотого оруденения имеют зоны скальвания. Они характеризуются вертикальной и горизонтальной структурной зональностью, с которой хорошо увязываются морфологические особенности рудных тел. С пластичными зонами скальвания сопряжены седловидные и пластовые жилы в замках и на крыльях складок, в хрупкопластичных зонах скальвания размещены пластовые, линзовидные и лестничные жилы, для хрупких зон скальвания типичны линзовидные жилы, пластово-штокверковые тела, минерализованные зоны дробления.

Раннеколлизийные золоторудные месторождения тесно связаны в своем развитии с преобразованиями (деформационными и метаморфическими) в зонах скальвания терригенных толщ Верхоянского комплекса при коллизии Колымо-Омолонского супертеррейна и Охотского террейна с восточной окраиной Сибирского континента в поздней юре-неокоме. Тектоно-метаморфические процессы происходили при пластическом течении вещества пород. В [12] показано, что пластические деформации являются одним из определяющих энергетических факторов метаморфизма. Они приводят к перестройке вещества на пород-

ном, минеральном и элементном уровнях, формированию новых структурно-вещественных парагенезисов и геохимических ассоциаций, перераспределению рудных и петрогенных компонентов.

Пластическое течение распределено неравномерно, что проявляется в различной нарушенности пород в смежных блоках и пластинах, контрастном стиле строения разрезов. Неоднородность пластических деформаций связывается с дифференциацией стресса [12]. По данным [6] кливажная складчатость и пластические деформации в Верхоянье формируются на глубинах 5-9 км. Близкие значения глубин образования рассматриваемых месторождений оценены по мощности перекрывающих их верхнепалеозойских и нижнемезозойских отложений. Однако, в зонах крупных нарушений, в связи с активными динамическими процессами возможно поднятие фронта пластического течения вещества пород и образование месторождений на меньших глубинах.

В Верхоянском складчато-надвиговом поясе зоны скальвания обычно являются наиболее ранними деформационными структурами, сопоставимыми с началом коллизийных процессов (поздняя юра-ранний неоком) на востоке Сибирского континента. В связи с латеральной миграцией складчатости к западу от Колымо-Омолонского супертеррейна и Охотского террейна деформации, оруденение и метаморфизм в Верхоянском складчато-надвиговом поясе более поздние по сравнению с временем главной коллизии (130-150 млн лет) [25]. По зонам скальвания устанавливаются взбросовые и надвиговые перемещения, на которые

наложены более поздние сдвиговые и надвиговые нарушения, которые увязываются [16] с изменением в позднем неокоме направления движений Колымо-Омолонского супертеррейна с юго-западного и Охотского террейна с западного на северо-западный.

Анализ строения раннеколлизионных золоторудных месторождений Западного и Южного секторов Верхоянского складчато-надвигового пояса с использованием данных [2,8,11], в совокупности с новыми сведениями о тектоническом строении и развитии региона [16, 26] свидетельствует о идентичности структурных особенностей формирования и локализации рассматриваемого оруденения на всем протяжении пояса. Зоны скальвания формируют системы чешуйчатых веерообразных с листрическим типом сместителей, причленяющихся к глубинному срыву, который коррелируется с кровельными надвигами аллохтонных дуплексов, предполагаемых [26] в основании верхоянского комплекса. В отдельных рудных полях в связи с неодинаковым уровнем эрозионного вскрытия региональными особенностями строения сегментов [13] морфолого-кинематические черты зон скальвания могут быть различны (наряду с надвиговыми возможны транспрессионные перемещения), но ведущие механизмы деформации вещества пород и образования рудных тел сохраняются. Поэтому установленные на примере Юрско-Бриндакитского и Дьяндиско-Охоносойского рудных узлов закономерности строения и размещения месторождений и рудных тел могут быть использованы на менее изученных территориях Верхоянского пояса раннеколлизионных золоторудных месторождений.

## ВЫВОДЫ

Использование методов детального структурного анализа золоторудных месторождений Верхоянского складчато-надвигового пояса позволило сделать следующие выводы:

1. Раннеколлизионные золоторудные месторождения образуют протяженный пояс, прослеживаемый в соответствии с простираемостью структур Верхоянского складчато-надвигового пояса. Формирование оруденения связывается с началом процесса коллизии в поздней юре-неокоме Колымо-Омолонского супертеррейна и Охотского террейна с восточной окраиной Сибирского континента.

2. Месторождения характеризуются сходными геолого-структурными условиями размещения в Верхоянском складчато-надвиговом поясе. Главными рудовмещающими структурами являются зоны скальвания, которые определяют строение месторождений и морфологический облик рудных тел. Они образуют системы чешуйчатых веерообразных с листрическим типом сместителями причленяющимися к глубинному срыву в основании Верхоянского терригенного комплекса.

3. По геолого-структурным данным, а также по результатам реконструкций тектонических полей напряжений устанавливается преобладающий надвиговой тип перемещения по зонам скальвания. Зоны скальвания нарушены поздними надвиговыми и сдвиговыми деформациями.

4. Пластическое течение, сопровождаемое тектоно-метаморфическими преобразованиями терригенных толщ, является главным деформационным механизмом в зонах скальвания. Оно приводит к перестройке пород, служит стартовым механизмом формирования структур и оруденения раннеколлизионных месторождений золота.

Автор признателен Л.М.Парфенову и А.В.Проккопьеву за обсуждение рукописи статьи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абель В.Е., Слезко В.А. О стратиформном золотом оруденении в Хараулахском антиклинории // Стратиформное оруденение Якутии. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО АН СССР, 1988. С.110-117.
2. Амузинский В.А. Малосульфидная золото-кварцевая формация Верхоянского мегантиклинория // Золоторудные формации и геохимия золота Верхояно-Чукотской складчатой области. М.: Наука, 1975. С. 121-153.
3. Андрианов Н.Г. О взаимоотношении процессов метаморфизма и золоторудной минерализации в Южно-Верхоянском синклинории // Докл. АН СССР. 1973. Т.211, №2. С.434-436.
4. Белозерцева Н.В., Кокин А.В., Силичев М.К. Основные принципы прогнозирования и оценки золотого оруденения в терригенных толщах // Геол. методы поисков и разведки месторождений металлических полезных ископаемых. Отечественный производственный опыт. Экспресс-информация ВИЭМС. 1987. Вып.2. С.7-12.
5. Билибин Ю.А. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1961.
6. Гусев Г.С. Складчатые структуры и разломы Верхояно-Колымской системы мезозойд. М.: Наука, 1979.
7. Зоненшайн Л.П. Тектоника и анализ складчатости Верхоянья // Геотектоника. 1965. № 2. С. 58-78.
8. Ивенсен Ю.П., Амузинский В.А., Невойса Г.Г. Строеение, история развития, магматизм и металлогения северной части Верхоянской складчатой зоны. Новосибирск: Наука, 1975.
9. Кокин А.В., Силичев М.К. Литолого-петрохимические и геохимические особенности отложений, вмещающих стратиформное золото-кварцевое оруденение в юго-восточной Якутии // Литология и полезные ископаемые. 1987. № 3. С. 119-128.
10. Коробицын А.В. Особенности распределения кларковых содержаний золота в верхне-палеозойских отложениях Верхоянского терригенного комплекса // Золоторудные формации и геохимия золота Верхояно-Чукотской складчатой области. М.: Наука, 1975. С. 260-293.
11. Константинов М.М., Косовец Т.Н., Орлова Г.Ю. и др. Факторы локализации стратиформного золото-кварцевого оруденения // Геология руд. месторожде-

- ний. 1988. № 5. С.59-69.
12. Леонов М.Г., Колодяжный С.Ю., Соловьев А.Ю. Пластическая деформация и метаморфизм // Геотектоника. 1995. № 2. С.29-48.
  13. Парфенов Л.М. Сегментации и складчатые дислокации Верхоянской складчатой зоны // Геология и геофизика. 1985. № 7. С. 12-24.
  14. Парфенов Л.М. Надвиги и связанный с ними меланж Хараулахских гор // Докл. АН СССР. 1987. Т. 296. № 3. С. 685-689.
  15. Парфенов Л.М. Два этапа мезозойской складчатости в Северном Верхоянье // Геология и геофизика. 1988. № 4. С. 3-10.
  16. Парфенов Л.М. Террейны и история формирования мезозойских орогенных поясов Восточной Якутии // Тихоокеан. геология. 1995. № 6. С.32-43.
  17. Прокопьев А.В. Кинематика мезозойской складчатости западной части Южного Верхоянья. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 1989.
  18. Соболев А.Е., Игошина И.И., Исправников А.В. Факторы контроля золотого оруденения Алданского типа в Южном Верхоянье // Региональная геология и металлогения. 1994. № 3. С. 108-116.
  19. Фридовский В.Ю. Надвиговые структуры в рудных районах Хараулахских гор // Ученые записки ЯГУ. Геология, география, биология. Якутск: Изд-во ЯГУ, 1994. С.47-62.
  20. Фридовский В.Ю. Структура и золотое оруденение Минорской зоны смятия // Геология, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Иркутск: Изд-во ИПИ, 1990. С. 75-86.
  21. Фридовский В.Ю. Классификация структур рудных полей и месторождений золота Восточной Якутии // Наука и образование. 1997. №1. 169-175.
  22. Шкодзинский В.С., Колодезников И.И., Недосекин Ю.Д. и др. Петролого-геодинамическая модель формирования позднемезозойских магматических пород и оруденения Центрального и Южно-Верхоянского секторов Верхояно-Колымской складчатой области // Генетические аспекты магматизма Восточной Якутии. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 1994. С. 29-47.
  23. Япаскурт О.В., Андреев В.С. Зональный метаморфизм и термальные купола в Северном Верхоянье // Докл. АН СССР. 1985. Т.280, № 3. С.714-717.
  24. Fridovsky V.Yu. Structural collisions of gold deposits of the Verkhoyansk fold belt, northeast Russia // 30th International Geological Congress. Beijing: China. 1996. V.2. P. 301.
  25. Fujita K., Stone D.B., Layer P.W. et al. Cooperative program helps decipher tectonics of northeastern Russia / EOS. Transactions. American geophysical union. 1997. V.78, №24. P.245, 252-253.
  26. Parfenov L.M., Prokopiev A.V., Gaiduk V.V. Cretaceous frontal thrusts of the Verkhoyansk fold belt, eastern Siberia // Tectonics. 1995. V. 14, №2. P. 342-358.
  27. Ramsay J.A. Shear zone geometry: a review // Journal Struct. Geol. 1980. V. 2. P. 83-99.
  28. Ramsay J.A., Huber M.J. The techniques of modern structural geology. San Diego. Calif. Academic. 1987. V. 1, 2. P. 700.

Поступила в редакцию 5 сентября 1997 г.

Рекомендована к печати Суховым В.И.

### V. Yu. Fridovsky

#### Structures of early collision gold ore deposits of the Verkhoyansk fold-and-thrust belt

Early collision gold ore deposits were formed in Late Jurassic-Neocomian at the beginning of collision of the Kolyma-Omolon superterrains and the Okhotsk terrain with the eastern margin of the Siberian continent. They form an extended belt in the western Verkhoyansk sector and western zone of the southern Verkhoyansk synclinorium of the Verkhoyansk fold-and-thrust belt. The connection of gold-quartz mineralization with tectonic metamorphic transformations of terrigenous rocks is emphasized. The major ore controlling structures are shown to be shear zones along which early thrust movements took place. Later superimposed deformations of ore controlling structures are found correlating with regional geodynamic events. The geological structures of the Dyandinsk-Okhonoisok and Yursk-Brindakit ore clusters are characterized. These have a discrete lenticular-banding structure with alternating intensely and poorly deformed plates, which form the structure of a scaly fan with a listric mixture type. The main deformation mechanism is plastic flow. The relation of the morphological features of ore bodies to different types of shear zones is traced. The revealed features of the structural control of mineralization of the minutely studied regions are also characteristic for other structures of the Verkhoyansk belt of early collision gold ore deposits.