

УДК 550.83:551.2(576.6)

## ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АГНИЕ-АФАНАСЬЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В НИЖНЕМ ПРИАМУРЬЕ

Ю.П. Юшманов

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,  
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 682200,  
e-mail: yushman@mail.ru

*Рассмотрено геологическое строение и структура Агние-Афанасьевского месторождения на территории Нижнего Приамурья. Установлено, что золоторудные кварцевые жилы контролируются S-образной флексурой, образованной терригенными породами нижнего мела в результате левого взбросо-сдвига амплитудой 500 м по северо-восточному разлому. Флексура характеризуется благоприятными геолого-структурными признаками для поисков новых золоторудных жильных и штокверковых рудных тел.*

**Ключевые слова:** золотокварцевые жилы, левый взбросо-сдвиг, флексура, штокверк, Нижнее Приамурье.

### Введение

Агние-Афанасьевское золоторудное месторождение расположено на левобережье нижнего течения р. Амур в верховьях р. Пильда в Ульчском районе Хабаровского края (рис. 1). Месторождение открыто в 1935 году старателями и обрабатывалось до 1956 г. штольнями и наклонными шахтами общей протяженностью около 100 км. Было выявлено около 50 кварцевых жильно-прожилковых зон на площади 3,2 км<sup>2</sup>. На долю золотоносных жил приходилось не более 12% от числа известных. За время эксплуатации было добыто более 10 т золота.

### Исходные материалы и методы исследований

В последние годы перспективы увеличения золотодобычи в Хабаровском крае связаны с поисками большеобъемных объектов на основе переоценки известных жильных месторождений золота [5, 14, 16, 21]. Одним из них является Агние-Афанасьевское месторождение – один из лидеров золотодобычи на юге Дальнего Востока в начале прошлого века. Обильный фактический материал, накопившийся за время разведки и эксплуатации Агние-Афанасьевского рудника (1935–1956 гг.), а также в результате проведения последующих поисковых и поисково-оценочных работ на флангах месторождения, требует обобщения. Работы по сбору и систематизации геолого-структурной документации проводились в ФБУ «Территориальные фонды геологической информации по Дальневосточному федеральному округу» в г. Хабаровске. Актуальной проблемой было выяснение структурно-динамического контроля магматизма

и рудной минерализации Агние-Афанасьевского месторождения с целью прогнозирования жильно-штокверковых рудных тел на глубине в ходе проектируемых поисково-оценочных работ.

Для решения поставленной задачи были изучены структурные парагенезы разных масштабов путем анализа геологических карт, планов, разрезов и документации горных выработок по известным методикам российских и зарубежных геологов [1–2, 8–9, 11, 13, 15, 19–26]. В результате установлены пространственные и временные соотношения разноранговых складок, разрывов, даек и кварцевых жил. Выделено три типа парагенезов: 1) сжатия (складки, надвиги, сдвиги, взбросы); 2) растяжения (трещины отрыва, раздвиги и сбросы, выполненные либо магматическим материалом, либо минеральным веществом); 3) сколы (сдвиги, надвиги и взбросы, которые отличаются только своей ориентировкой по отношению к горизонтальной плоскости или направлением относительного перемещения [17]). Формирование локальных структур растяжения происходило и при складчатых дислокациях (седловидные жилы). Статистическое обобщение структурных элементов производилось при составлении суммарных диаграмм с применением сетки Вульфа и планисферы Пронина. По доминирующему положению элементов структурных парагенезов определено направление сжатия и растяжения.

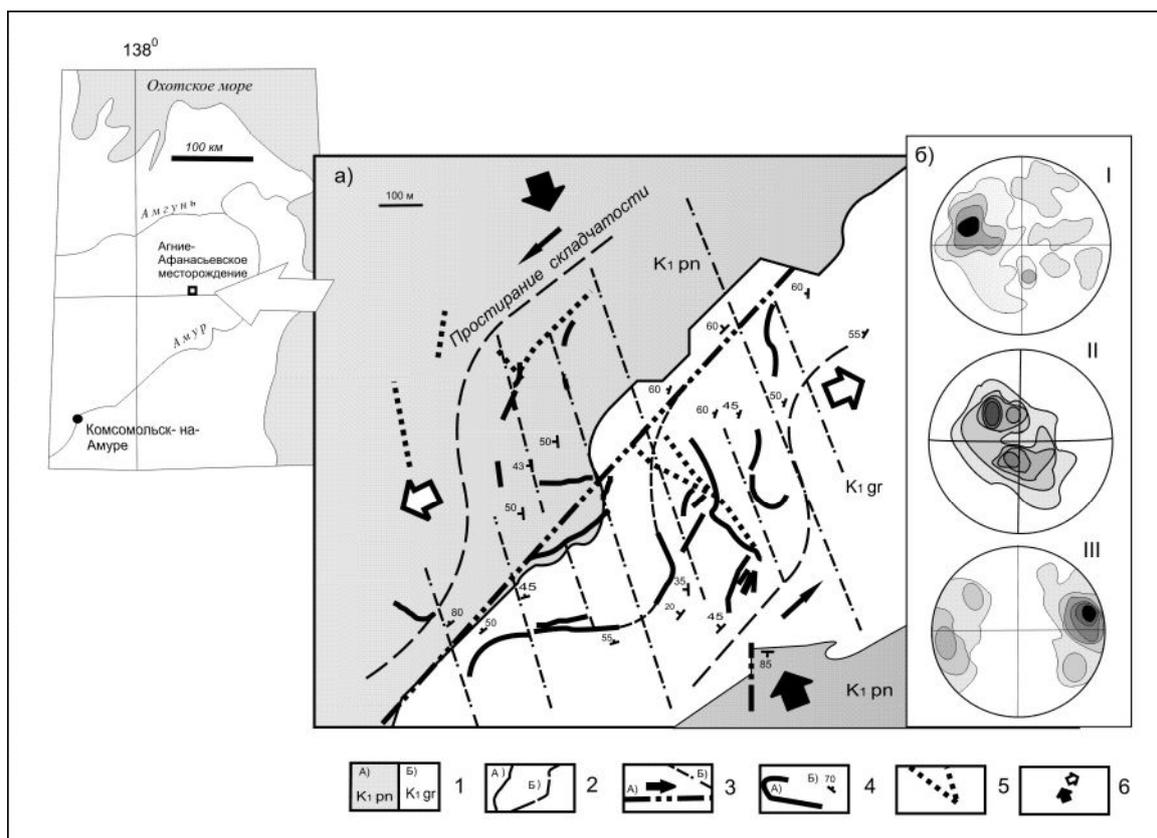
### Структурная позиция и геологическая обстановка

В структурном плане исследуемый объект, согласно [4], приурочен к нижнемеловым турби-

дителям Журавлевско-Амурского террейна, слагающим восточное крыло Лимурчанского сдвига. Это территория Нижнеамурской минерагенической зоны Сихотэ-Алинской провинции, центральной части Пильдо-Лимурийского золоторудного района, включающего в себя Агние-Афанасьевское золото-кварцевое месторождение [10].

Агние-Афанасьевское месторождение принадлежит к типу структур блокирования, по Ю.С. Шихину [20] (рис. 1а). Оно является хоро-

шим примером сдвиговых и надвиговых дислокаций, контролирующих золото-кварцевые жилы. Рудное поле месторождения расположено в надвигной зоне скрытого рудогенерирующего массива. Рудовмещающие нижнемеловые терригенные породы, относимые к горинской ( $K_1 gr$ ) и пионерской ( $K_1 pn$ ) свитам, слагают антиклинальную складку [7, 12]. В ядре складки обнажаются флишеидные отложения горинской свиты ( $K_1 gr$ ) с характерной многопорядковой ритмичностью при



**Рис. 1. Геолого-структурная схема Агние-Афанасьевского месторождения, по Э.Н. Бруско и М.Н. Дьякову, с дополнениями (а):**

1 – терригенные породы нижнего мела: преимущественно алевролиты (А), преимущественно песчаники (Б); 2 – геологические границы (А), простирание флексуры (Б); 3 – разрывы (А), кливажные сколы (Б); 4 – золото-кварцевые жилы; 5 – дайки; 6 – векторы сжатия (черное) и растяжения (белое). Суммарные диаграммы ориентировки структурных элементов (б), по данным подземных горных выработок: I – слоистости (300 замеров; 0,3-2-4-7%), II – золото-кварцевых жил (624 замера; 1-2-3-4-5-6%), III – разрывов (300 замеров; 1-2-3-4-5-6%). Все приведенные диаграммы выполнены на верхней полусфере

**Fig.1. Geological-structural scheme of Agnie-Afanasevsky deposit, by E. N. Brusco and M. N. Diakov, with additions (a):**

1 – terrigenous rocks of the lower chalk: mainly siltstone (a), mainly Sandstone (B); 2 – geological boundaries (a), flexure extension (B); 3 – breaks (a), cleavage (B); 4 – gold – quartz veins; 5 – dykes; 6 – compression vectors (black) and stretching vectors (white). Total diagrams of orientation of structural elements (b), according to underground mining: I – stratification (300 measurements; 0.3-2-4-7%), II – gold – quartz veins (624 measurement; 1-2-3-4-5-6%), III – breaks (300 measurements; 1-2-3-5-6%). All of the above diagrams are made on the upper hemisphere

чередовании ритмичных пачек с неритмичными. Три четверти объема свиты составляют песчаники мелко- и среднезернистые, с редкими прослоями алевролитов, в основании свиты присутствуют прослои и линзы конгломератов. На крыльях антиклинали залегает пионерская свита ( $K_1$  рп) с характерным преобладанием алевролитов над песчаниками и ритмической последовательностью напластования пород. Ритмы, как правило, двухкомпонентные. Мощность ритмов от первых сантиметров (тонкий флиш) до нескольких метров. Пачки ритмичного переслаивания нередко разделяются пластами алевролитов и, реже, песчаников мощностью до ста и более метров.

Дайки и штоки диоритов, кварцевых диоритов, спессартитов и одонитов распространены в центральной части рудного поля. Они относятся к золотоносной нижеамурской умеренно натровой интрузивной серии [6, 7]. Дайки простираются в северо-западном, реже северо-восточном направлении. Преобладают дайки с крутым падением, пологие встречаются реже. Протяженность даек от десятков до сотен метров, мощность от нескольких сантиметров до 1,5 м. На контактах вмещающие породы ороговикованы и метасоматически изменены. В дайках из вторичных минералов развиты кварц, серицит, хлорит, эпидот, гидрослюда, лимонит, амфибол. Особенно интенсивно изменены тектонизированные дайки. Эти дайки сложены практически полностью вторичными минералами – кварцем, серицитом, альбитом, гидрослюдой, хлоритом и лимонитом. На площади месторождения почти полностью отсутствуют гидротермальные изменения осадочных пород, так как магматические породы развиты незначительно. По данным Э.Н. Бруско (1989 г.), в керне одной из скважин, пройденных в пределах Агние-Афанасьевского месторождения, с глубиной степень термального воздействия на породы возрастает. Это свидетельствует о наличии на глубине криптоплутона или серии интрузивных массивов. По данным магниторазведки [7], глубина до кромки интрузии ориентировочно составляет 350–400 м.

Разрывные нарушения представлены зонами дробления или расщепления мощностью до 10–15 м. Среди них наиболее распространены северо-восточные, близмеридиональные и северо-западные разломы. В размещении кварцевожильного оруденения разрывные структуры играют большую роль.

Околожильные изменения вмещающих по-

род выражены слабо. Только вблизи рудных тел на расстоянии от 0,3 до 0,6 м, редко 1,0 м наблюдается окварцевание, пиритизация и карбонатизация вмещающих пород. Гидротермальные изменения зависят как от мощности рудных тел, так и литологического состава вмещающих пород.

#### **Вещественный состав руд**

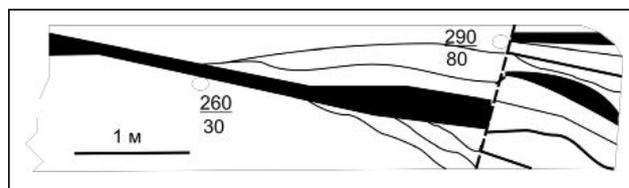
По данным Г.П. Воларовича (1966 г.), золото-кварцевые жилы состоят из брекчированных обломков вмещающих пород, сцементированных кварцем с включениями полевого шпата, хлорита и серицита. Кварц белый сливной, массивной или полосчатой текстуры. Рудные минералы в основном расположены в промежутках между кварцевыми прожилками во вмещающих алевролитах и песчаниках, представлены пиритом, арсенопиритом, халькопиритом, пирротинном, галенитом, иногда халькозином и ковеллином. Изредка встречаются молибденит и антимонит. Распределение золота в рудных телах крайне неравномерное – от первых граммов до 1–2 кг/т [12]. Наибольшие его концентрации (видимое золото) наблюдались в зальбандах кварцевых ядер, внутри обломков вмещающих пород, особенно алевролитов, насыщенных вкрапленниками сульфидов, рассеченных нитевидными кварцевыми прожилками. Размеры золотинок от 0,1 до 3–4 мм. Золото бледно-желтого цвета с зеленоватым оттенком 820-й пробы. Форма всех выделений золота – губчатая. В составе самородного золота ведущим элементом-примесью является Ag, присутствуют также As, Sb, Pb, Bi, Cu и Zn. В.А. Буряк [3] отмечает присутствие платины с содержаниями до 6,2 г/т. Методом вакуумной декрептации газово-жидких включений в кварце, по данным Ю.Г. Пискунова, установлена одноактность процесса рудообразования месторождения, происходившего в температурном интервале 150–200° [7].

#### **Рудоконтролирующие и рудовмещающие структуры**

Рудоконтролирующей структурой Агние-Афанасьевского месторождения является северо-восточный флексурный разлом, который имеет комбинированную взбросо-сдвиговую кинематику, простираясь в северо-восточном направлении почти вдоль контакта горинской и пионерской свит по азимуту СВ 45°. Горизонтальная амплитуда левого сдвига 500 м определяется по смещению пластов в S-ой флектуре. Вертикальная взбросовая амплитуда разлома не установлена, так как она рассеяна среди многочисленных опережающих пластовых надвигов и взбросов. Взбросо-сдвиг представлен зонами

дробления, расланцевания и приразломной складчатостью. Его северо-западное крутое падение, по-видимому, совпадает с максимумом ориентировки слоистости. Диаграмма (рис. 1б, диаграмма I) показывает, что пласты горных пород, слагающие флексуру, моноклиально погружаются на запад, северо-запад под крутыми углами ( $55-70^\circ$ ). В том же направлении под углом  $40^\circ$  падают золото кварцевые жилы север-, северо-восточного простирания (там же, диагр. II). Близширотные рудные жилы залегают более полого ( $20-30^\circ$ ) с северным и южным падением. На рис. 1а видно, что рудные тела простираются согласно S-ой флексуры. Это обусловлено приуроченностью жил к меж- и внутрипластовым малоамплитудным надвигам (взбросам), сопровождаемым приразломными складкам. Рудовмещающие разломы, как правило, представлены волнистой тектонической поверхностью, смещение по которой привело к приоткрытию пологих граней надвигов, что и отражено на приложенной диаграмме (рис. 1б, диагр. II). Рудные тела повсеместно через 3–5–15 м блокируют поперечные крутопадающие сколы преимущественно близмеридионального простирания (там же, диагр. III). Сколы являются малоамплитудными сдвигами, взбросами и сбросами, которые образовались одновременно с надвигами. Их максимальные горизонтальные амплитуды, по данным рудничной документации, составляют всего 10–12 м, вертикальные – от 2–3 до 6 м. Предрудные смещения по сопряженным сдвигам и послойным надвиговым разрывам скалывания привели к приоткрыванию последних. Существенных приоткрываний (раздвигов) вдоль них не было, на что указывает развитие тонкожилыного оруденения 0,2–0,5 м, редко 1–2,5 м. Рудоконтролирующая роль структур блокирования заключается в экранировании золото кварцевой минерализации при пересечении с рудными жилами (рис. 2). Здесь наблюдаются раздувы, уступы, коленообразные перегибы, расщепление рудных тел. При пересечении скачкообразно изменяется мощность жил вплоть до превращения в безрудный разлом. При расщеплении кварцевых жил на стыке с блокирующими сколами часто образуются линейные штокерковые рудные тела. При блокировке одной из жил бонанцевое содержание Au в кварце достигало 3 кг/т, в блокирующей жилу тектонизированной дайке – Au 5 г/т, а вмещающих алевролитах – Au 2–3 г/т. В этом случае вмещающие породы вдоль экрана сами являются рудными телами.

По своему строению рудные жилы бывают

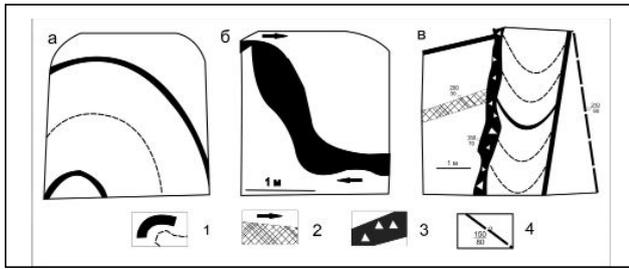


**Рис. 2. Пример структурного контроля развития штокерка и рудных столбов на пересечении пологих пластовых кварцевых жил с поперечным блокирующим разломом (290/80 – элементы залегания жил и прожилков: в числителе – азимут падения, знаменателе – угол падения)**

**Fig. 2. Example of structural control for the stockwork and ore pillars development at the intersection of shallow formation quartz veins with transverse blocking fault (290/80 – elements of occurrence of large and small veins: in the numerator – the azimuth of the fall, in the denominator – the angle of incidence)**

единичные, сопровождаемые параллельными тонкими прожилками, двойные жилы отделены друг от друга прослоями или пачками параллельных тонких жил и прожилков. Наиболее распространены единичные жилы.

Наряду с разрывными структурами определенную роль в размещении золото кварцевых жил играют складчатые структуры (рис. 3). В осадочных породах развиты складки трех генераций [21]: северо-восточные цилиндрические складки первой генерации ( $F_1$ ) с субгоризонтальными осями и вертикальными осевыми поверхностями. Система складок второй генерации ( $F_2$ ) конической морфологии с пологой ( $20-40^\circ$ ) ориентировкой шарниров интерпретируются как сохранившиеся складчато-надвиговые и взбросо-сдвиговые структуры раннего этапа деформаций на крыльях цилиндрических и изоклиналиных складок первой генерации. Наложенная аксоноклиальная складчатость с крутонаклонными шарнирами, достигающими  $90^\circ$ , развита на крыльях складок первой и второй генерации вдоль субвертикально стоящих пластов. Аксоноклинали образуют складки волочения третьего порядка ( $F_3$ ), связанные с многочисленными внутри- и межпластовыми сдвигами на границе пород разной компетентности. Оси складок ( $F_1$ ) простираются в двух направлениях: по азимуту СВ  $70-80^\circ$  и СВ  $10-20^\circ$ , что отражает закономерный разворот складчатых структур на  $60-70^\circ$  к меридиану в процессе ле-



**Рис. 3. Примеры золото кварцевых жил, контролируемых складчатыми и разрывными структурами, по документации Агни-Афанасьевского рудника:**

а – седловидные жилы в антиклинальной складке первой генерации  $F_1$ , б – Z-образная жила в надвиговой складке  $F_2$ , в – аксоноклиальная складка  $F_3$  в северо-восточной сдвиговой зоне. 1 – руда и слоистость (пунктир); 2 – зона дробления, стрелка – вектор смещения; 3 – рудная брекчия; 4 – сколовая трещина с элементами залегания: в числителе – азимут падения, знаменателе – угол падения

**Fig. 3. Examples of gold-quartz veins, controlled by folded and discontinuous structures, according to the Agnie-Afanasevsky deposit documentation:**

а – the saddle-shaped veins in the anticlinal fold of the first generation  $F_1$ , б – Z-shaped vein in thrust fold  $F_2$ , в –  $F_3$  fold in the North-Eastern shear zone. 1 – ore and stratification; 2 – crushing zone, arrow-displacement direction; 3 – ore breccia; 4 – falcon crack with elements of occurrence: in the numerator – the azimuth of the fall; in the denominator – the angle of incidence

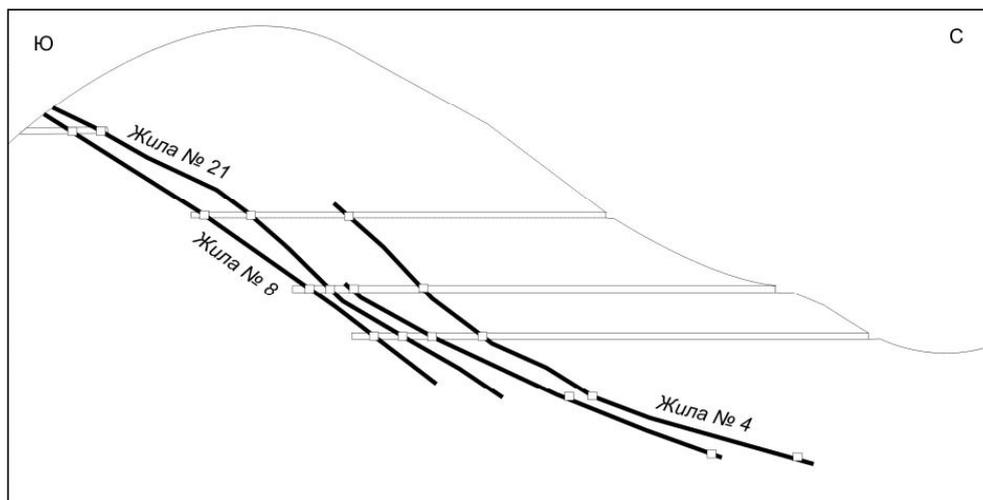
вого сдвига по северо-восточному флексурному разлому. В замках и на крыльях складок второго и третьего порядка отработаны подковообразные в плане золото кварцевые жилы (№ 2, 6). Ориентировка шарниров этих складок совпадает с погружением рудных столбов под углами от  $30-40^\circ$  до  $60^\circ$ . К листринговой (пропеллер) структуре S-ного вращения пластов приурочена наиболее богатая жила № 8-8 бис [22]. Из жил сложной морфологии добыта основная масса золота [18]. Полого погружаясь на север, северо-запад, жилы расположены кулисно в надвиговой зоне скалывания (рис. 4). Вертикальный размах оруденения, по данным бурения, составляет 780 м. На дневную поверхность выходит 50% жил, остальные являются слепыми. Они были обнаружены и отработаны на разных горизонтах.

### Заключение

Таким образом, изучив геолого-структурные особенности Агни-Афанасьевского месторождения, можно сделать выводы.

1. Структура месторождения была сформирована при тангенциальном сжатии, ориентированном в направлении СЗ  $330-340^\circ$ , параллельно простиранию большинства магматических даек, залегающих в разрывах растяжения (сбросах). При этом сжатии образовалась S-образная рудовмещающая флексура, контролируемая северо-восточным взбрососдвигом с амплитудой левого сдвига 500 м;

2. Установлено моноклиально-чешуйчатое строение приразломной флексуры, где золото-



**Рис. 4. Пример эшелонированного расположения золото кварцевых жил в геологическом разрезе Агни-Афанасьевского месторождения, по А.М. Дудко**

**Fig. 4. Example of gold-quartz veins layered arrangement in the geological section of Agnie-Afanasevsky deposit, according to A.M. Dudko**

кварцевые жилы в разрезе (рис. 4) образуют левоступенчатый кулисный ряд в субпослойной надвиговой зоне скальвания, что позволяет уверенно прогнозировать «слепые» жильно-штокверковые рудные тела на глубоких горизонтах. На поверхности индикаторами этих тел являются проявления сульфидной минерализации и литохимические ореолы рассеяния золота, контролируемые субмеридиональными дуплексами скальвания.

*Автор выражает благодарность С.И. Рудакову за помощь в ознакомлении с архивным материалом по Агние-Афанасьевскому месторождению, А.В. Кудымову за указание возможных недостатков в настоящей статье.*

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Бородаевский Н.И. Материалы по методам изучения структур и геологической оценки месторождений золота. М.: Труды ЦНИГРИ, 1960. 406 с.
2. Буртман В.С., Лукьянов А.В., Пейве А.В., Руженцев С.В. Разломы и горизонтальные движения земной коры // Труды ГИН АН СССР. М.: Наука, 1963. Вып. 80. С. 29–43.
3. Буряк В.А. Основы минерагении золота. Владивосток: Дальнаука, 2003. 261 с.
4. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2-х кн. / под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. С. 1–572.
5. Запорожцев В.М., Роганов Г.В., Змиевский Ю.П. Перспективы выявления месторождений рудного золота на территории Хабаровского края // Дальневосточный Международный экономический форум (Хабаровск, 5–6 окт. 2006 г.): материалы. Хабаровск, 2006. Т. 3: Топливо-энергетический комплекс и недропользование на востоке России: стратегия эффективного развития. С. 60–70.
6. Изох Э.П., Русс В.В., Кунаев И.В. и др. Интрузивные серии Северного Сихотэ-Алиня и Нижнего Приамурья, их рудоносность и происхождение. М.: Наука, 1967. 384 с.
7. Кайдалов В.А., Анойкин В.И., Т.Д. Беломестнова Т.Д. Геологическое доизучение масштаба 1:200 000 территории листа М-54-1 (Пильда-Лимурийский объект). Хабаровск, 2007. 219 с.
8. Кушнарев И.П. Методы изучения разрывных нарушений. М.: Недра, 1977. 248 с.
9. Лукьянов А.В. Парагенетический анализ структур в решении задач теоретической и практической геологии. Структурные парагенезы и их ансамбли. М.: ГЕОС, 1997. С. 87–90.
10. Металлогения Дальнего Востока России / В.И. Сухов, Ю.И. Бакулин, Н.П. Лошак и др. Хабаровск, 2000. 217 с.
11. Мишин Н.И., Стенина З.А., Панфилов А.Л. Структурная организация рудных полей. СПб: Автор: Акционер и К, 2007. 232 с.
12. Моисеенко В.Г., Эйриш Л.В. Золоторудные месторождения Востока России. Владивосток: Дальнаука, 1996. 352 с.
13. Невский В.А. Трещинная тектоника рудных полей и месторождений. М.: Недра, 1978. 224 с.
14. Невструев В.Г., Беспалов В.Я. Перспективы обнаружения крупнообъемных месторождений золота на территории Хабаровского края // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. Т. 4, № 12. С. 507–517.
15. Родыгин А.И. Признаки направления смещения при деформации сдвига. Томск: Изд-во Томского университета, 1991. 99 с.
16. Секисов Г.В., Нигай В.В., Соболев А.А. Перспективность освоения малых и весьма малых золоторудных месторождений в Восточно-Российском регионе // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2007. Т. 9, № 12. С. 66–74.
17. Ситтер Л.У. Структурная геология. М.: Изд-во иностранной литературы, 1960. 446 с.
18. Суматов М.В. Рудная геология Афанасьевского месторождения и перспективы расширения его сырьевой базы: сб. материалов по геологии золота и платины. М., 1948. Вып. 6. С. 14–26.
19. Уткин В.П. Сдвиговые дислокации и методика их изучения. М.: Наука, 1980. 144 с.
20. Шихин Ю.С. Геологическое картирование и оценка рудоносности разрывных нарушений. М.: Недра, 1991. 229 с.
21. Юшманов Ю.П. Структурно-тектонические закономерности размещения золота в Пильда-Лимурийском рудном районе Нижнего Приамурья // Тихоокеанская геология. 2014. Т. 33, № 4. С. 99–109.
22. Юшманов Ю.П. Золоторудные столбы и штокверки Агние-Афанасьевского и Покровско-Троицкого месторождений в Нижнем Приамурье // Тектоника, глубинное строение и минералогия Востока Азии / под ред. А.Н. Диденко, Ю.Ф. Манилова. Хабаровск: ИТИГ им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, 2016. С. 210–212.

23. Audein A., Nur A. Evolution of pull-apart basins and their scail indeptndence // *Tectonics*. 1982. Vol. 1. P. 91–105.
24. Cloos E. Experimental analysis of fracture patterns // *Geol. Soc. Am. Bull.* 1955. Vol. 66. P. 241–256.
25. Sylvester A.G. Strike-slip faults // *Geol. Soc. Amer. Bull.* 1988. Vol. 100, N 11. P. 1666–1703.
26. Woodcock N.H., Fischer M. Strike-slip duplexes // *Journal of Structural Geology*. 1986. N 8 (7). P. 725–735.

GEOLOGICAL STRUCTURAL FEATURES  
OF THE AGNIE-AFANASYEVSKY DEPOSIT IN THE LOWER PRIAMURYE

Yu.P. Yushmanov

*The author considers geological structure of the Agnie-Afanasevsky deposit in the Lower Priamurye. It is determined that the gold-quartz veins are controlled by the S-shaped flexure, formed by terrigenous rocks of the Lower Cretaceous because of the 500 m amplitude left up-and-up shift along the northeastern fault. The flexure has geological and structural features, which are favorable for the new gold ore veins and stockwork ore bodies.*

**Keywords:** *gold-quartz veins, left up-and-up shift, flexure, stockwork, Lower Priamurye.*