

ГЕОЛОГИЯ. ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 550.83:551.2(282.256.86)

ЗОЛОТОНОСНЫЙ ШТОКВЕРК МЕСТОРОЖДЕНИЯ НАТАЛКА В РОТАЦИОННОЙ СТРУКТУРЕ СДВИГОВОГО ДУПЛЕКСА ТЕНЬКИНСКОГО РАЗЛОМА ЦЕНТРАЛЬНОЙ КОЛЫМЫ

Ю.П. Юшманов

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,
e-mail: yushman@mail.ru

В Центральной Колыме на месторождении Наталка впервые выделена ротационная роллинг-структура, контролирующая богатейший золотоносный штокверк в сдвиговом дуплексе Тенькинского разлома, в палеозойских терригенных толщах Вилигинского террейна. Наиболее продуктивный режим для рудоотложения отвечал условиям локального растяжения в режиме транстенсии при региональном горизонтальном сжатии СЗ 330–340° (режим транспрессии). Ротационно-сдвиговая модель штокверкового месторождения Наталка позволяет с новых позиций оценить его структуру и перспективы открытия новых рудных тел.

Ключевые слова: сдвиговый дуплекс, ротационная структура, штокверк, золото, месторождение Наталка.

Месторождение Наталка расположено на территории Магаданской области. Открыто в 1942 г. За годы эксплуатации было добыто более 90 т золота. Концепция отработки месторождения заключалась в селективной подземной и частично карьерной выемке богатых частей жильно-прожилковых рудных тел, что привело к истощению запасов. В начале XXI века месторождение было переоценено как штокверковое с гигантскими запасами золота (1500 т), что привело к изменению представлений о структуре месторождения, морфологии штокверковых рудных тел (Au 1,7 г/т) [7, 30]. По балансовым запасам оно занимает одно из первых мест в России. Результаты многолетних геологических исследований месторождения опубликованы в работах [2, 4, 7, 10, 12, 14, 26, 27 и др.].

В ходе изучения объекта в качестве основного фактического материала использованы разномасштабные геологические карты, монографии, статьи, диссертации и ресурсы сети Интернет, посвященные геологии, тектонике и структуре месторождений Центральной Колымы. При сборе и анализе литературных материалов использова-

лись инновационные технологии расшифровки геодинамических условий структурообразования месторождений по известным методикам изучения горизонтальных перемещений отечественных и зарубежных геологов [9, 11, 16, 18, 22–24, 29, 30]. В результате нами выделен новый тип золотоцентрирующих структур – ротационные (вихревые) роллинг-структуры в транстенсивных сдвиговых дуплексах Центральной Колымы [28]. Ротационная модель штокверкового месторождения Наталка в сдвиговом дуплексе Тенькинского разлома позволяет с новых позиций оценить его геологическую структуру и перспективы.

На геологической карте [5] месторождение Наталка расположено в юго-восточной части Аян-Юряхского аллохтона Вилигинского террейна в разломах Тенькинской сдвиговой зоны. Штокверк залегает среди пермских осадочных отложений (снизу вверх) – тасской ($P_2 ts$) (флишоподные аргиллиты, реже алевролиты), атканской ($P_2 at$) (гальковые туфогенные сланцы (или диамиктиты) и нерючинской ($P_2 nr$) (аргиллиты, реже алевролиты) свит суммарной мощностью около 5 км (рис. 1). Породы смяты в линейные склад-

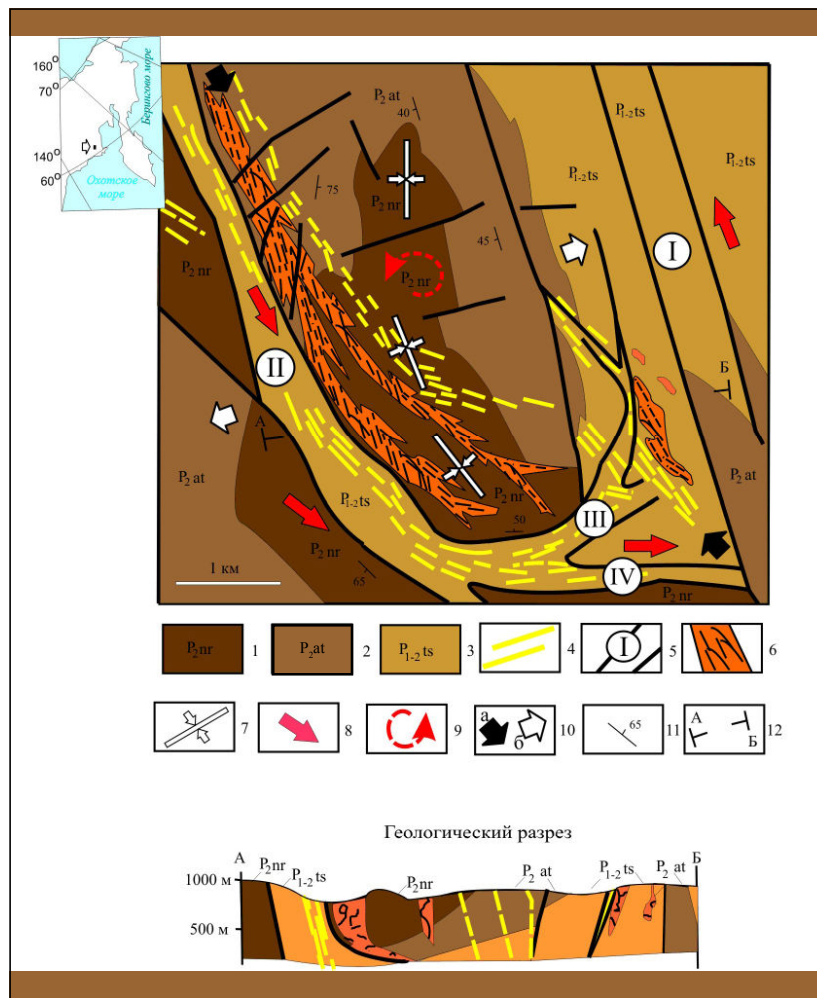


Рис. 1. Левозакрученная вихревая структура в сдвиговом дуплексе, контролирующая золотоносный штокверк месторождения Наталка, по Д.А. Дорофееву, с добавлениями:

1 – нерюнчинская свита (P_2 nr) – песчано-глинистые сланцы с редкими прослоями полимиктовых песчаников; 2 – атканская свита (P_2 at) – туфогенные сланцы с прослоями и линзами глинистых сланцев, алевролитов и аркозовых песчаников; 3 – тасская свита (P_2 ts) – глинистые и углисто-глинистые сланцы с редкими прослоями алевролитов, полимиктовых и аркозовых песчаников; 4 – позднеюрские дайки кислого и среднего составов; 5 – разломы и их номера: I – Тенькинский, II – Главный, III – Глухаринский, IV – Южный; 6 – штокверковые рудные тела; 7 – ось синклинали, 8–9 – направление перемещений: 8 – сдвиговые, 9 – ротационные; 10 – направление латерального сжатия (а) и растяжения (б); 11 – элементы залегания слоистости; 12 – линия геологического разреза

Fig. 1. Left-handed vortex structure in the shear duplex, controlling the Nataalka Deposit gold-bearing stockwork, according to D. A. Dorofeev, with additions:

1 – neryunchinska entourage (P_2 nr) – sandy-shales with rare interlayers of polymictic sandstones; 2 – atkanska entourage (P_2 at) – tuffaceous shales with interbeds and lenses gigistar shales, siltstones and sandstones arcosolia; 3 – tasska entourage (P_2 ts) – clay and carbonaceous-argillaceous shales with rare interbeds of siltstones, sandstones and polymictic arcosolia; 4 – late Jurassic dikes of acidic and intermediate composition; 5 – faults and their numbers: I – Tenkinsky, II – Main, III – Gluharinsky, IV – South; 6 – stockwork ore body; 7 – axis of synclinal, 8–9 – direction of movement: 8 – shear, 9 – rotational; 10 – direction of lateral compression (a) and stretching (b); 11 – elements of stratification; 12 – line of geological section

ки северо-западного простирания. Наталкинская синклиналь, вмещающая в западном крыле линейную штокверковую залежь, представляет собой асимметричную складку длиной 4,5 км, шириной 2,5 км. Западное крыло складки крутое – 70–80°, восточное пологое – 35–50° [7, 13]. Шарнир складки с поперечными сбросами дугообразно изогнут и простирается в северо-западном направлении на юге до меридионального на севере. Осадочные породы прорывают (J_3-K_1) дайки основного и кислого составов.

Геолого-структурная позиция месторождения определяется присдвиговым дуплексом растяжения, образованным Тенькинским и оперяющим Главным левыми сдвигами северо-западного направления. В терминологии [17, 29] сдвиговый дуплекс – сочетание двух кулисообразных левых или правых сдвигов, сомкнутых между собой системой субпараллельных дочерних оперяющих разрывов. Выделяются присдвиговые транспрессивные и транстенсивные структурные ассоциации, которые называются сдвиговым дуплексом сжатия и растяжения соответственно. Внутренние части дуплексных структур растяжения характеризуются широким развитием сбросов, сдвиго-сбросов и раздвигов, дуплексом сжатия – надвигов, взбросов, сдвиго-надвигов, сдвиго-взбросов. Сдвиги широко проявлены в Яно-Колымской складчатой области [6, 25–27]. Они контролируют осадконакопление, эффузивный и интрузивный магматизм, рудную минерализацию.

Штокверковое месторождение Наталка относится к арсенопиритовому типу золотокварцевой формации, к группе месторождений умеренных и значительных глубин [4]. Штокверк образует гигантскую залежь, конформную юго-западному крылу Наталкинской синклинали. Залежь прослежена по простиранию на 4500 м, падению – 1000 м, средней мощностью 400 м при бортовом содержании золота 0,4 г/т. Рудные тела представляют собой типичный пример сочетания жильных зон с прожилково-вкрапленными рудами в межжильном пространстве. Промышленное штокверковое рудное тело выделяется по данным опробования [10]. Его форма и размеры во многом зависят от структуры и литологии вмещающих пород. Известна приуроченность золотого оруденения к туфоалевролитам атканской свиты. Туфоалевролиты по своим физико-механическим свойствам являлись средой, благоприятной для развития зон трещиноватости с последующим их заполнением гидротермальными рудными растворами. Залегающие выше аргиллиты и алев-

ролиты нерючинской свиты являлись экраном и содержат более высокие концентрации золота. В этом случае первичное органическое вещество служило геохимическим барьером, способствуя отложению рудной минерализации. По данным В.А. Степанова [19], минимальные содержания золота установлены в туфоалевролитах (3,7 мг/т), несколько большие – в аргиллитах (4,2 мг/т) и песчаниках (5,5 мг/т), а максимальные – в алевролитах (6,4 мг/т). Вмещающие породы месторождения претерпели воздействие регионального динамо-термального метаморфизма на уровне зеленосланцевой фации [13].

Штокверк залегает в висячем боку Главного разлома. По простиранию на юго-востоке он расщепляется, образуя структуру типа «конский хвост». В плане разломы расположены кулисно и дугообразно изгибаются от северо-западного направления к широтному в сторону опущенных клиновидных блоков, смещенных по типу левого сдвиго-сброса. Пояса даек, линейные штокверки, разрывы растяжения (сбросы) образуют в плане рудно-магматический вихревой пучок, загнутый в форме крючка. Его форма и размеры свидетельствует о том, что он был образован в результате ротации клиновидного дуплексного блока против часовой стрелки. По данным бурения, вблизи поверхности сбросы круто (70–80°) склоняются на северо-восток. На глубине 600 м в киле Наталкинской синклинали они выполаживаются, простираясь вдоль контакта атканской и тасской свит. Параллельно этим главным листрическим сдвиго-сбросам протягивается серия синтетических сбросов, образование которых характерно для дуплексом растяжения (рис. 2). Разрывы и трещины кручения «конского хвоста» сформированы под действием пары сил, действующих на породы в разных направлениях, что обусловило развитие вращательных деформаций против часовой стрелки. В результате в дугообразной зоне скалывания сформировались эшелонированные разрывные структуры кручения со сложной системой золотокварцевых жил и прожилков, образующих штокверк. В основном это прожилки мощностью 3 см, причем 50% прожилков имеют мощность менее 5 мм [13]. Жилы присутствуют на отдельных интервалах, окруженные ореолами бедных прожилково-вкрапленных руд. В линейных штокверках выделяется две системы прожилков: продольная и диагональная, контролируемая парными круто наклонными сколами. Преимущественно развит северо-западная система жил и прожилков с северо-восточным падением до 80% от общего

количества. Руды месторождения арсенопиритовые, содержание сульфидов в рудах не превышает 1–2% [4]. Выделяется две продуктивные стадии минералообразования. В позднюю стадию было отложено 70% золота.

Внутри залежи оруденение развито неравномерно – на фоне бедных и рядовых руд выделяются участки с богатыми рудами. Они, как правило, образуются на пересечении рудных зон с поперечными разломами [19]. Эти нарушения представлены крутопадающими сколами, иногда

выполненными дайковыми телами. Обе системы нарушений имеют дорудный возраст, рудоотложение связано с их повторным обновлением. Рудные тела обрываются на поперечных дорудных блокирующих сколах. Амплитуды смещения по ним были невелики первые метры – десятки метров [7]. Поперечные нарушения в сочетании с продольными и диагональными разбивают линейную штокверковую залежь на большое число блоков различных форм и размеров. Рудоконтролирующая роль структур блокирования заключается в

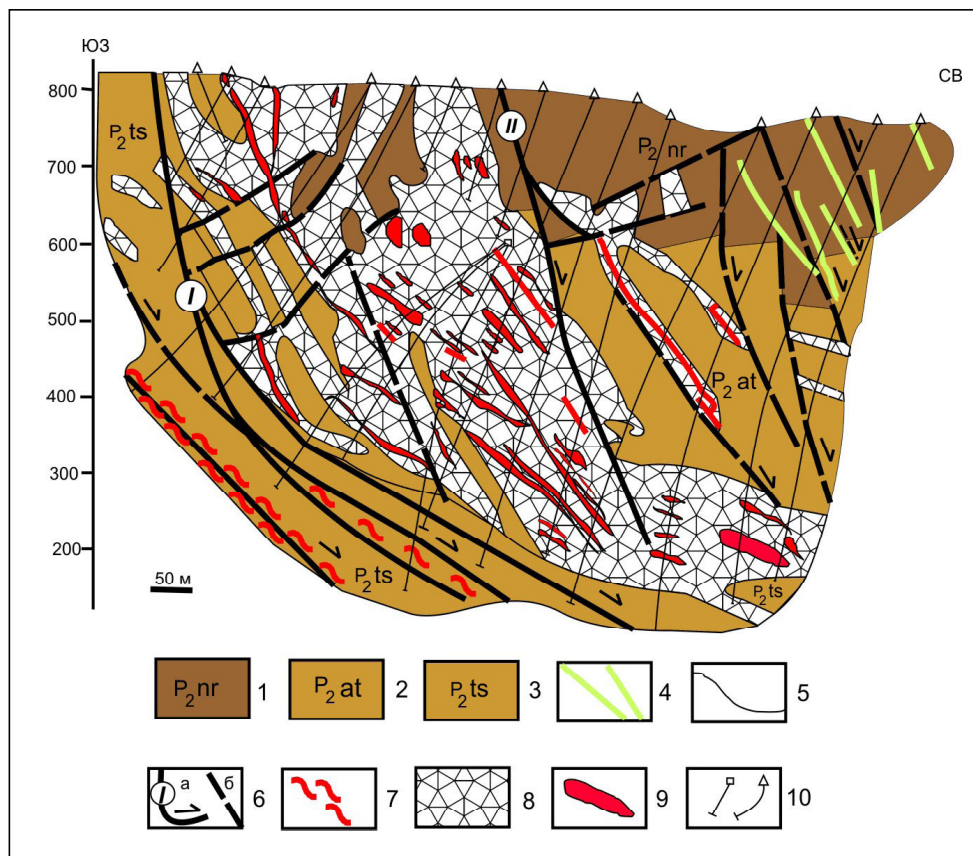


Рис. 2. Геологический разрез месторождения Наталка, иллюстрирующий морфологию рудного штокверка, развивавшегося в тектоническом режиме транстенсии, по данным рудника [8], с добавлениями:

1 – нерюнчинская свита (P_2 nr); 2 – атканская свита (P_2 at); 3 – тасская свита (P_2 ts); 4 – дайки; 5 – границы геологические; 6 – разломы с направлением смещения: а – главные (I – главный, II – северо-восточный), б – второстепенные; 7 – зоны смятия и рассланцевания; 8 – контуры рудной залежи (бортовое содержание Au 0,4 г/т); 9 – области повышенного содержания Au (> 2,0 г/т); 10 – буровые скважины

Fig. 2. Geological section of the Natalka Deposit, illustrating the morphology of the ore stockwork, which developed in the tectonic mode of transtension, according to the mine data [8], with additions:
 1 – neryunchinska entourage (P_2 nr); 2 – atkanska entourage (P_2 at); 3 – tasska entourage (P_2 ts); 4 – dikes; 5 – geological boundary; 6 – fault offset direction: a – main (I – Major, II – North-East), b – minor; 7 – shear zone and ruslanamaniac; 8 – contours of the ore Deposit (cut-off grade of 0.4 g/t Au); 9 – area of elevated contents of Au (> 2.0 g/t); 10 – the drilling wells

экранировании золото кварцевой минерализации при пересечении их с рудными телами. При блокировке кварцевые жилы расщепляются на стыке с блокирующими сколами, образуя более густую сеть прожилков и вкрапленников сульфидов. Бурением установлена зональность штокверка в разрезе. Она выражена в смене мощных золотоносных кварцевых жил в штокверке, прожилково-вкрапленными рудами на глубоких горизонтах [3, 20]. Околорудные метасоматиты вокруг рудных тел образуют три зоны: серицит-кварцевую, альбит-кварцевую и кварц-кальцитовую [3].

В рудах установлено 73 жильных и рудных минерала [4]. Среди жильных преобладает кварц (60–80%), альбит и карбонаты, подчиненное значение имеют серицит, хлорит, каолинит. Среди рудных – пирит, арсенопирит, сфалерит и галенит. В подчиненном количестве отмечаются пирротин, халькопирит, сульфосоли свинца и блеклая руда. Доля сульфидной минерализации в жильно-прожилковых образованиях не превышает 35%, во вкрапленных – менее 1%. В сульфидах установлены платина и палладий [15]. Самородное золото является концентратором благородных металлов. В золоте кроме Ag изредка присутствуют примеси As, Pb и Cu, которые не превышают долей %. Пробность золота от 730 до 890‰ [2].

В.Г. Шахтыровым [26, 27] в Центральной Колыме выделено несколько этапов знакопеременного сдвигового режима. На рудном поле месторождения Наталка отчетливо проявлено два этапа для Тенькинского сдвига: кинематически правосторонний соскладчатый (J_3-K_1) с послескладчатой амплитудой правого сдвига 2 км, определяется на геологических картах по Z повороту к меридиану оси Наталкинской синклинали. Послескладчатый левосторонний кинематический этап (K_1) характеризуется внедрением даек и мелких штоков, сопровождался гидротермальным золото кварцевым оруденением. Амплитуда перемещений крыльев по разломам не превышала 700–800 м [10, 13]. По данным [14], возраст золотого оруденения составляет 135–137 млн лет.

Формирование разрывной структуры месторождения Наталка было связано с тангенциальным сжатием, ориентированном в направлении СЗ 330–340°, параллельно простиранию большинства магматических даек и кварцевых жил, залегающих в трещинах отрыва (растяжения). При этом сжатии северо-западные левобочковые сдвиги привели к ротации блоков и образованию веерной структуры «конский хвост», которую обрамляют линейные и дуговые разломы (Тенькинский, Глав-

ный, Глухаринский и Южный) и образуют вихревой крючок. Веерная структура крючка протяженностью в северо-западном направлении около 7 км, мощностью от 1 до 2 км вмещает дайки и рудные тела в северо-западных разрывах растяжения, что свидетельствует об их неоднократном приоткрывании. По этим разрывам осуществлялась длительная связь с магматическим очагом или источником рудных флюидов. Мощность отдельных даек в трещинах растяжения (отрыва) составляет от 0,5–2 до 10–15 м, протяженность до 2 км и характеризуется преимущественно крутым падением на северо-восток [7, 20]. Дайки аргиллизированы и пронизаны сетью прожилков кварца, вкрапленностью пирита и арсенопирита. Минерализованные отрезки даек, как правило, расположены в контуре рудоносной залежи на пересечении с рудовмещающими разломами. Таким образом, дайки могут быть использованы как «маркирующие горизонты» для поисков невоскрываемых рудных тел.

В заключение следует отметить, что ротационно-сдвиговая модель месторождения Наталка позволяет с новых позиций оценить его структуру и перспективы.

Установлен новый тип золото концентрирующих структур месторождения Наталка – роллинг-структура в транстенсивном сдвиговом дуплексе Тенькинского разлома, где наиболее продуктивный режим для рудоотложения отвечал условиям локального растяжения в тектоническом режиме транстенсии при региональном горизонтальном сжатии СЗ 330–340° (режим транспрессии).

Структурно для локализации штокверковых залежей благоприятна площадь на стыке Глухаринского, Южного и Тенькинского разломов. Здесь на правом берегу р. Омчак расположено одноименное месторождение золота. Выявлено 15 минерализованных зон дробления, которые расположены кулисного в протяженной зоне скальвания (ширина 100–200 м, длина 1200 м, вскрыты на глубину 200 м), проходящей по бортам и долине р. Омчак в северо-западном направлении. Угол падения рудных тел 50–65° на северо-восток. Подобные зоны и штокверковые жилы, развитые в плотике и на бортах долины реки и ее притоков, являлись источником богатой россыпи, из которой было добыто более 150 т золота. При вертикальных смещениях блоков по разломам, составляющим вихревую структуру «крючок», в тектоническом режиме транстенсии развиваются трудно открываемые наклонные эшелонирован-

ные разрывные структуры. Их поиски представляют практический интерес, так как с ними связаны скрытые рудные залежи, не выходящие на дневную поверхность.

Ротационно-сдвиговая модель месторождения Наталка может быть использована при поисках и прогнозе месторождений аналогов на северо-востоке России.

Статья выполнена в рамках государственного задания ИКАРП ДВО РАН.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гис-Атлас «Недра России». URL: <https://vsegei.ru/> (дата обращения: 12.10.2019).
2. Голуб В.В., Горячев Н.А. Минералого-геохимические особенности рудных зон и столбов глубоких горизонтов месторождения Наталка // Рудогенез и металлогения Востока Азии: материалы конф. Якутск: ИГАБМ СО РАН, 2006. С. 45–46.
3. Голубев С.Ю. Условия локализации рудных тел Наталкинского месторождения золота // Руды и металлы. 2008. № 6. С. 72–76.
4. Гончаров В.И., Ворошин С.В., Сидоров А.А. Наталкинское золоторудное месторождение. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН. 2002. 250 с.
5. Государственная геол. карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Р-55 – Сусуман. Объясн. зап. / В.И. Шпикерман, И.В. Полуботоко, А.Ф. Васькин А.Ф. и др. СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016.
6. Гусев Г.С. Складчатые структуры и разломы Верхояно-Колымской системы мезозойд. М.: Наука, 1979. 208 с.
7. Жирнов А.М. Локализация золотого оруденения в кольцевой структуре // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1984. № 3. С. 98–111.
8. Золоторудные месторождения России / отв. ред. М.М. Константинов. М.: Акварель. 2010. 349 с.
9. Изосов Л.А., Ли Н.С. Проблемы вихревой геодинамики // Региональные проблемы. 2017. Т. 20, № 1. С. 27–33.
10. Калинин А.И., Канищев В.К., Орлов В.Г., Гаштольд В.В. Структура Наталкинского рудного поля // Колыма. 1992. № 10–11. С. 10–14.
11. Ли-Сы-Гуан. Вихревые структуры Северо-Западного Китая. М. ; Л.: Госгеолиздат, 1958. 352 с.
12. Межов С.В. Геологическое строение Наталкинского золоторудного месторождения // Колымские вести. 2000. № 9. С. 8–17.
13. Многофакторные прогнозно-поисковые модели месторождений золота и серебра Северо-Востока России [Карты] / науч. ред. М.М. Константинов и др.; сост. Е.В. Бельков и др.. М.: Сев.-Вост. геол. ком. : Ком. по геологии и использованию недр РФ, 1992. 1 атл. 140 с.
14. Ньюбери Р.Дж., Лейер П.У., Ганс П.Б. и др. Предварительный анализ хронологии позднемезозойского магматизма и оруденения на Северо-Востоке Азии с учетом датировок $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ и данных по рассеянным элементам изверженных и оруденелых пород // Золотое оруденение и гранитный магматизм Северной Пацифики Т. 1. Геология, геохронология и геохимия. Тр. всеросс. совещания, Магадан. 1977. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. С. 181–205.
15. Плюсица Л.П., Ханчук А.И., Гончаров В.И. и др. Золото, платина и палладий в рудах Наталкинского месторождения (Верхне-Колымский регион) // Доклады РАН. 2003. Т. 391, № 3. С. 383–387.
16. Полетаев А.И. Ротационная тектоника земной коры // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых: материалы XXXVIII тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2005. Т. 2. С. 97–100.
17. Прокопьев А.В., Фридовский В.Ю., Гайдук В.В. Разломы: морфология, геометрия и кинематика. Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2004. 148 с.
18. Руженцев С.В., Буртман В.С., Лукьянов А.В., Пейве А.В. Разломы и горизонтальные движения земной коры // Труды ГИН АН СССР. М.: Наука, 1963. Вып. 80. С. 5–32.
19. Степанов В.А. Зональность золото-кварцевого оруденения Центральной Колымы (Магаданская область. Россия). Владивосток: Дальнаука, 2001. 68 с.
20. Стружков С.Ф., Наталенко М.В., Чекваидзе В.Б. и др. С.Г. Многофакторная модель золоторудного месторождения Наталка // Руды и металлы. 2006. № 3. С. 34–44.
21. Уткин В.П. Сдвиговые дислокации и методика их изучения. М.: Наука, 1980. 144 с.
22. 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.
23. Уткин В.П. Сдвиговые дислокации и методика их изучения. М.: Наука. 1980. 144 с.

24. 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.
25. Читалин А.Ф. Сдвиговая тектоника и золотоносность Колымского региона // Золото и технологии. 2016. № 4. С. 122–126.
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. 50 с.
28. Юшманов Ю.П. Золотоносные вихревые структуры в сдвиговых дуплексах Дальнего Востока: Центральная Колыма, Нижнее Приамурье // Отечественная геология. 2019. № 3. С. 55–62.
29. Xie Xin–Shing Discussion on rotational tectonics stress field and We genesis of Circum-Ordos Ind-mass fault system // Acta Seismol. Sinica. 2004. Vol. 17. N 4. P. 464–472.
30. Woodcock N.M., Fischer M. Strike-slip duplexes // Journal of Structural Geology. 1986. N 8 (7). P. 725–735.

GOLD-BEARING STOCKWORK OF THE NATALKA DEPOSIT IN THE STRUCTURE
OF A ROTATIONAL SHEAR DUPLEX OF THE CENTRAL KOLYMA TENKINSKY FAULT

Yu.P. Yushmanov

On the Natalka Deposit of the Central Kolyma, it was first identified the rotary rolling structure controlling the richest gold-bearing stockwork in shear duplex of the Tenkovsky fault, in Paleozoic terrigenous strata of the Viliginsky terrane. The most productive mode for ore deposition met the conditions of local stretching in the mode of transtension at the regional horizontal compression of NW 330-340° (transpression mode). The rotational-shear model of the Natalka Deposit stockwork allows us to estimate its structure and prospects for the discovery of other same ore bodies from new positions.

Keywords: *shear duplex, rotational structure, stockwork, gold, Natalka Deposit.*