

УДК 553.3(571.65)

ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ РУДНЫХ ЗОН ЮГО-ВОСТОЧНОГО ФЛАНГА НАТАЛКИНСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В. Н. Голуб¹, А. Н. Петров², Н. А. Горячев²

¹ОАО «Рудник Каральвеем», г. Магадан

E-mail: golubvn@yandex.ru

²Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт, г. Магадан

E-mail: regtecton@neisri.ru; goryachev@neisri.ru

Построена трехмерная модель строения юго-восточного участка Наталкинского месторождения. Дана геолого-структурная характеристика юго-восточного фланга и описывается морфология рудных зон. Рассмотрены тектоно-физические аспекты формирования разрывных нарушений и рудных зон месторождения, намечена пространственно-временная связь структурных элементов с рудными зонами.

Ключевые слова: Наталкинское золоторудное месторождение, структура, рудные зоны.

Наталкинское золоторудное месторождение – крупнейшее на Северо-Востоке Азии, разведка и эксплуатация которого проводится больше 60 лет (Гончаров и др., 2002). Оно расположено на юго-восточном фланге Яно-Колымского орогенного пояса, в юго-западном крыле Аян-Юряхского антиклинория (Гончаров и др., 2002). Месторождение открыто Е. П. Машко в 1944 г. С 1945 по 2003 г. его эксплуатировал рудник им. Матросова подземным и частично открытым способом как жильно-прожилковое. В соответствии с новой геолого-экономической концепцией предприятия рудные зоны с богатым жильно-прожилковым оруденением объединены с межзонными интервалами, сложенными преимущественно вкрапленным оруденением, в общую рудную залежь (Григоров, 2006; Коренюк, 2007). Это, по сути, позволило сделать рассматриваемое месторождение одним из крупнейших в России с запасами золота 1450 т при среднем содержании 1,71 г/т (Коренюк, 2007). Тем не менее структурным каркасом рудной залежи служат выявленные ранее пучки жильно-прожилковых рудных зон с содержанием 3–10 г/т золота, на долю которых приходится значительная часть запасов месторождения, что определяет повышенный интерес к структурным условиям формирования этих рудных зон.

Изучением геолого-структурных особенностей локализации оруденения на различных этапах разведки и эксплуатации месторождения занимались Вс. Д. Володин (1956 г.), В. П. Плутешко (1981 г.), А. М. Жирнов (1984), А. В. Пискунов (1985 г.), А. И. Калинин и В. В. Гаштольд (Калинин и др.,

1992; Гаштольд, 2006), С. В. Межов (2000). В результате детальных геолого-структурных исследований в пределах Наталкинского рудного поля Вс. Д. Володин (1956 г.) выделил основные крупные продольные (Главный, Северо-Восточный, Стержневой) и поперечные (Глухаринский и Геологический) рудоконтролирующие нарушения, которые ограничивают месторождение. Он показал приуроченность крупных рудных столбов к отложениям атканской свиты и экранирующую роль терригенных пород омчакской свиты. В. П. Плутешко (1981 г.) выявил блоковую структуру рудного поля с Наталкинским горстом (сформирован в условиях сжатия) и блок-пластиной между Главным и Северо-Восточным разломами (сформирован в условиях растяжения), в пределах последней и локализовано месторождение. А. И. Калинин, В. В. Гаштольд и С. В. Межов (Калинин и др., 1992; Межов, 2000; Гончаров и др., 2002; Гаштольд, 2006) охарактеризовали блоковую структуру распределения промышленного оруденения; определили перспективы глубоких горизонтов южного фланга, обусловленные наличием «слепых» рудных тел; показали, что ведущим фактором контроля оруденения на месторождении является тектонический.

Анализ исследований показал, что основные интересы указанных авторов были сосредоточены на структурно-морфологической характеристике рудных зон, условиях их локализации и описании рудных столбов. В то же время структурные условия формирования рудных тел оказались раскрытыми не в полной мере. Чтобы восполнить пробел, мы обработали собственные геологичес-

кие наблюдения в подземных горных выработках горизонтов 550, 600, 650. На основании этих данных, с учетом результатов разведочных работ прошлых лет (Вс. Д. Володин, А. В. Пискунов, В. В. Гаштольд, С. В. Межов), построена трехмерная геолого-структурная блок-диаграмма юго-восточного фланга месторождения, позволившая оценить структурные условия формирования рудных зон.

В геологическом строении Наталкинского месторождения принимают участие пермские терригенные отложения, расчлененные на пионерскую (алевролиты), атканскую (диамиктиты) и омчакскую (алевролиты, гравелиты, песчаники) свиты суммарной мощностью около 5 км (Гончаров и др., 2002). Магматические образования представлены дайками основного (диорит-порфириды, спессартиты) и кислого состава (гранит-порфиры, кварц-альбитовые порфиры) позднеюрско-раннемелового возраста (Гончаров и др., 2002). Метасоматические изменения выражены окварцеванием, альбитизацией, карбонатизацией и сульфидизацией. Вмещающие отложения смяты в систему линейных складок, вытянутых в северо-западном направлении. Складчатой структурой первого порядка для Наталкинского рудного поля является *Тенькинская антиклиналь*, осложненная синклинальной складкой второго порядка – *Наталкинской синклиналию*, вытянутой в северо-западном направлении на 4,5 км при ширине 2,5 км. Синклиналь осложнена крупными продольными (Главный и Северо-Восточный разломы) и поперечными дизъюнктивными нарушениями (Геологический и Глухаринский разломы) (Гончаров и др., 2002). *Главный разлом* ограничивает месторождение с юго-запада, местами являясь тектоническим контактом отложений пионерской свиты с атканской и омчакской. На контакте отмечаются довольно мощные (до 20 м) зоны смятия и развальцевания вмещающих пород. Простираение его северо-западное, падение северо-восточное с углами 70–80°. Но с глубиной разлом имеет тенденцию к выполаживанию до 50°. Амплитуда смещения Главного разлома по вертикали составляет около 1 км (Гончаров и др., 2002). *Северо-Восточный разлом* ограничивает месторождение на северо-востоке и вмещает дайки спессартитов и оруденение рудной зоны «Участковая». Разлом представляет собой зону смятия и дробления, нередко состоящую из нескольких сместителей шириной до нескольких метров, реже до 20 м. Мощность осевого тектонического шва от нескольких десятков сантиметров до 2–3 м. Амплитуда смещения Северо-Восточного разлома по вертикали до 250 м (Гончаров и др., 2002). Площадь месторождения подразделяется на три участка: Северо-Западный – в междуречье Геологического и Наталкинского; Центральный – в междуречье Наталкинского и Увальчика и Юго-Восточный –

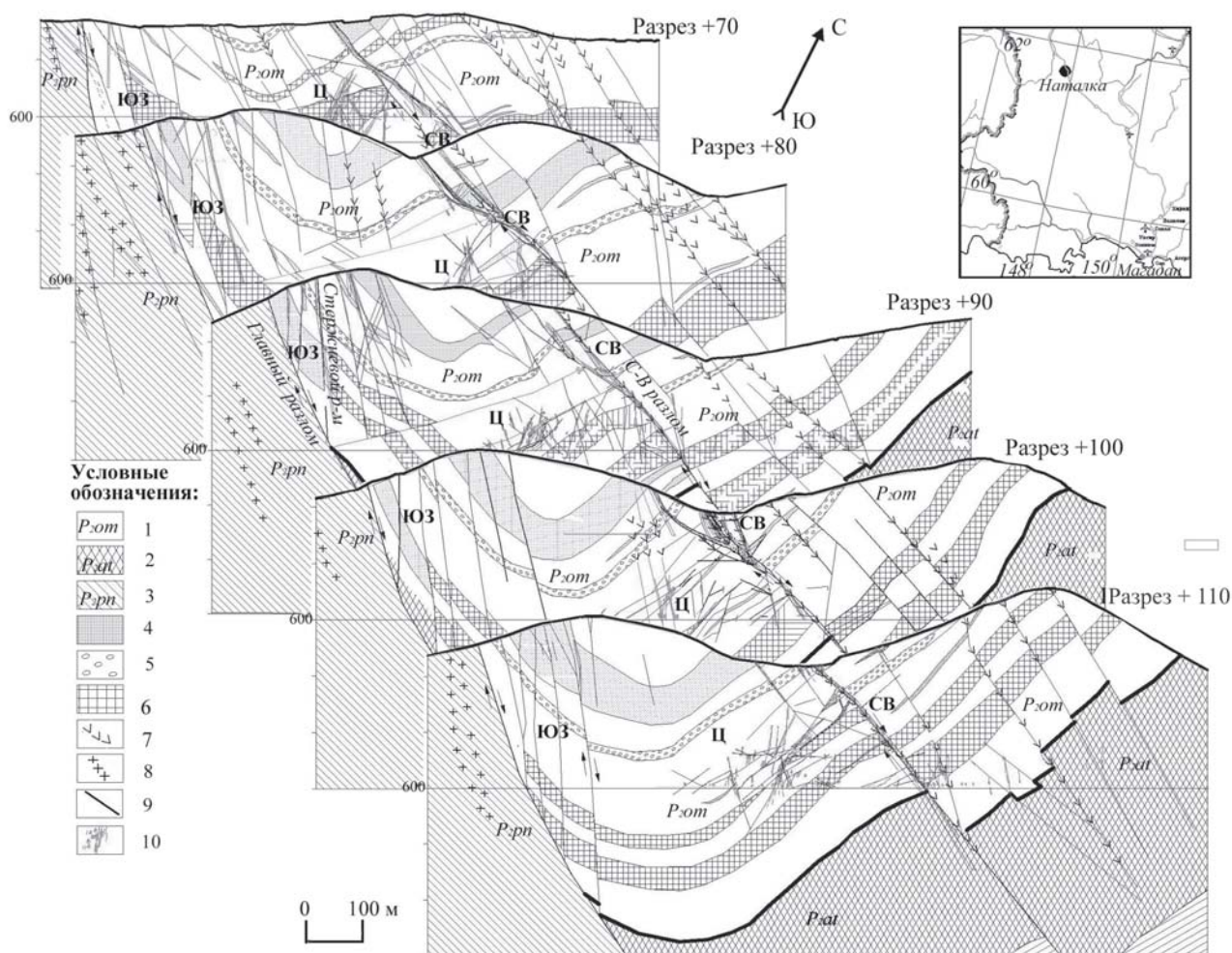
в междуречье Увальчика и Глухаря (Гончаров и др., 2002).

Наши исследования позволили составить первую трехмерную геолого-структурную модель юго-восточного участка в истории изучения месторождения (см. рисунок). Рассматриваемый участок сложен песчано-сланцевыми породами омчакской и атканской свит, образующих юго-западную часть Наталкинской синклинали. Падение ее северо-восточного крыла 25–45°, юго-западного – 45–50°. В пределах участка Главный разлом с северо-востока оперяют протяженные субвертикальные разрывные нарушения (см. рисунок). Среди них выделяется *Стержневой разлом*, контролирующий промышленное оруденение. *Северо-Восточный разлом* и в плане, и в разрезе разветвляется, распадаясь на отдельные разрывы. Северо-восточнее него залегают субпараллельные ему дайковмещающие разрывные нарушения. Между Главным и Северо-Восточным разломами фиксируются рудовмещающие нарушения с крутыми северо-восточными падениями, располагающиеся в основном кулисно (см. рисунок).

Большинство рудных зон залегает в отложениях омчакской свиты. Они образуют три ветви с разным структурным положением и морфологическими особенностями: *Северо-Восточную*, *Центральную* и *Юго-Западную* (Межов, 2000). Северо-Восточную ветвь (СВ – рис.) слагают: рудная зона «Участковая» с апофизами 53, 82, 85, Центральную (Ц – рис.): 3–62 с апофизами, 61, 63, 64 с апофизами, 69; в Юго-Западную ветвь (ЮЗ – рис.) входят рудные зоны 8–23, 54–58, 60. В соответствии с классификацией, принятой на месторождении (Межов, 2000), большая часть рудных зон юго-восточного фланга относится к прожилково-жильному структурно-морфологическому типу оруденения, которое имеет наложенный характер по отношению к вкрапленному оруденению.

Рудные зоны *Центральной ветви* на горизонте +600 м располагаются в северо-восточном крыле Наталкинской синклинали в пачке диамиктитов с переслаивающимися алевролитами и песчаниками мощностью 50–100 м и в 100–250 м к юго-западу от Северо-Восточного разлома, вмещающего оруденение рудной зоны «Участковая». *Северо-Восточная ветвь* приурочена к Северо-Восточному разлому и оперяющим его структурам. Разлом вмещает оруденение рудной зоны «Участковая». На участках изгибов и разветвления по восстанию и простираению Северо-Восточного разлома образовались рудные тела 52, 53 и др., представляющие собой минерализованные зоны. Рудные зоны *Юго-Западной ветви* локализируются в зоне Главного разлома и, как правило, приурочены к оперяющему его Стержневому разлому, за исключением рудной зоны 76.

Большинство рудных зон имеет близповерхностное залегание, за исключением рудных зон 57,



Геолого-структурная трехмерная модель юго-восточного участка Наталкинского месторождения (составлена В. Н. Голубом по собственным наблюдениям с использованием данных В. Д. Володина, В. П. Плутешко, А. В. Пискунова, А. И. Калинина, С. В. Межова): 1 – P_{om} – верхнепермские отложения омчакской свиты; 2 – P_{at} – верхнепермские отложения атканской свиты; 3 – P_{pn} – верхнепермские отложения пионерской свиты; 4 – песчаники; 5 – туфогравелиты; 6 – туфогенные сланцы и алевролиты; 7 – дайки диорит-порфиров и спессаритов; 8 – дайки гранит-порфиров; 9 – тектонические нарушения; 10 – рудные зоны ЮЗ (Юго-Западной), СВ (Северо-Восточной), Ц (Центральной) ветви

A 3-D geologic-structural model for the southeastern part of Natalka Lode (made by V. N. Golub on basis of his own data and also using data of V. D. Volodin, V. P. Pluteshko, A. V. Piskunov, A. I. Kalinin, S. V. Mezhov): 1 – P_{om} – upper Permian beds of Omchak Suite; 2 – P_{at} – upper Permian beds of Atkan Suite; 3 – P_{pn} – upper Permian beds of Pionerskaya Suite; 4 – sandstones; 5 – tuff gravelstones; 6 – tuffaceous shales and siltstones; 7 – diorite-porphyrite and spessartite dikes; 8 – porphyry granite dikes; 9 – tectonic disturbances; 10 – ore zones in the SW, NE and in the central part of the lode

58 и 76, которые прослежены горными выработками на подземных горизонтах.

Для анализа возможных пространственных и причинно-следственных связей между тектоническими элементами и расположением и формами рудных тел рассмотрим некоторые тектонофизические аспекты возникновения и развития разрывных нарушений. Заложение разрывных нарушений представляется как проявление квазихрупкого разрушения, определяется типом напряженного состояния и происходит в масштабах геологического времени практически мгновенно. Для анализа условия формирования систем разрывных

нарушений применимы критерии Кулона-Навье и наибольших нормальных напряжений (Егер, 1961). В соответствии с указанными критериями разрывы сколового типа возникают вблизи плоскостей максимальных тангенциальных напряжений, смещаясь на угол, определяемый коэффициентом внутреннего трения, в сторону оси максимального сжатия, а вдоль оси максимального сжатия и перпендикулярно оси максимального растяжения образуются трещины отрыва. Последние наиболее благоприятны для формирования на их месте прожилково-жильных тел. Динамическая классификация главных типов разрывных нару-

шений, предложенная Е. М. Андерсоном (Anderson, 1956), позволяет, опираясь на формы залегания разрывных нарушений, определить расположение главных осей тензора напряжений, т. е. реконструировать характер динамической обстановки в момент их образования.

Рассматривая с этих позиций систему складчатых и разрывных нарушений месторождения, мы приходим к выводу, что систему продольных разломов (Главный, Северо-Восточный и др.), согласно Е. М. Андерсону (Anderson, 1956), следует отнести к сбросам, образование которых происходит в напряженном состоянии, когда ось главного растяжения ориентирована горизонтально, а ось главного сжатия – вертикально. К числу нарушений, возникших как трещины отрыва, сопровождающие образование таких сбросов, можно отнести Стержневой разлом и подобные ему нарушения, падающие вертикально при простирании, практически совпадающем с ориентировкой Главного разлома. Последний характеризуется более крутыми падениями и является, по сути, границей горста. Судя по этому, первоначально данное нарушение образовалось в складчатый этап и испытало последующее горизонтальное сжатие. Учитывая, что система субпараллельных разрывов, в число которых входит Северо-Восточный разлом, пересекает Наталкинскую синклинали, можно утверждать, что они образовались в обстановке растяжения, наложенной на уже сформировавшуюся складку. Судя по характеру смещений, по дизъюнктивным границам, относительному выполаживанию и искривлению сместителей, общая тенденция к растяжению продолжалась и после образования сбросов. Этот вывод полностью согласуется с данными В. И. Гончарова с соавторами (2002), отмечавшими, что юго-восточный фланг месторождения испытал горизонтальное растяжение. В обстановке горизонтального растяжения в структуре, фрагментированной системой разрывов на множество узких блоков, возникают новые сколовые трещины и трещины отрыва более высоких порядков. Кроме того, в условиях горизонтального растяжения происходит раскрытие ранее образовавшихся сбросов, что дает возможность внедряться в них дайкам и формироваться рудным телам Северо-Восточной ветви. В это время образуется множество структурных форм сложной конфигурации, в том числе продольные рудомещающие трещины рудных тел Центральной ветви крутого юго-западного и северо-восточного падения.

Таким образом, анализ форм дизъюнктивных нарушений и их взаимосвязи с вмещающими отложениями и рудными зонами позволяет наметить следующую последовательность событий:

1) в процессе сжатия в области перехода от синклинали к антиклинали образовался крупный

сброс (Главный разлом). Вероятно, одновременно с ним сформировалась система вертикальных разрывов, в их числе Стержневой разлом;

2) последующее горизонтальное сжатие привело к разобщению большой амплитуды с воздыманием ядра антиклинали, трансформирующей систему антиклиналь – синклинали в систему горст – грабен. Вероятно, в это время сформировалась вкрапленная пирит-арсенопиритовая минерализация. Результатом этого же процесса является увеличение углов падения Главного разлома и юго-западного крыла Наталкинской синклинали. Синхронным или более поздним событием относительно сжатия на юго-западе является растяжение на северо-востоке, приведшее к образованию Северо-Восточного разлома и системы параллельных ему нарушений. Можно предположить, что в лежащем борту Северо-Восточного разлома возникли субвертикальные разрывы, контролирующие размещение рудных зон Северо-Восточной ветви, в их числе и апофизы рудной зоны «Участковая» (см. рисунок);

3) в обстановке горизонтального растяжения в структуре, фрагментированной системой разрывов на множество узких блоков, возникают новые дизъюнктивные нарушения более высоких порядков, способствующие образованию рудных зон сложной конфигурации, принадлежащих Центральной ветви (рудные зоны 61–64, см. рисунок). При их образовании существенную роль играют крупные поперечные разрывы (Голуб, Горячев, 2005). Вследствие этого рудные зоны Центральной ветви обладают более сложными формами. Кроме того, на размещение рудных зон Центральной ветви, возможно, влияет и их расположение в ядре вмещающей синклинали. Здесь, по всей видимости, играет роль не только тектонический фактор, но и литологический, поскольку «слепые» рудные зоны (№ 61–65) залегают в нижней пачке нижнеомчакской подсветы, сложенной переслаиванием диамиктитов с алевролитами, благоприятными для рудоотложения в силу своих физико-механических свойств.

Авторы благодарят профессора В. Г. Хомича, взявшего на себя труд просмотреть рукопись и высказать конструктивные замечания, способствовавшие ее улучшению.

Работа выполнена при содействии РФФИ (проект 06-05-64369) и ДВО РАН (проекты 06-1-ОН3-104 и 06-П-СО-08-029).

ЛИТЕРАТУРА

Гаитольд В. В. Геолого-структурные особенности локализации золотого оруденения наталкинского типа и его геолого-экономическая оценка на примере месторождений Омчакского рудного узла (Магаданская область) : автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Магадан, 2006. – 24 с.

Голуб В. Н., Горячев Н. А. О роли поперечных разломов в локализации золотого оруденения месторождения Наталка / Наука Северо-Востока России – начало века : Материалы Всерос. науч. конф., посвящ. памяти акад. К. В. Симакова и в честь его 70-летия (Магадан, 26–28 апр. 2005 г.). – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2005. – С. 158–161.

Гончаров В. И., Ворошин С. В., Сидоров В. А. Наталкинское золоторудное месторождение. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2002. – 250 с.

Григорьев С. А. Генезис и динамика формирования Наталкинское золоторудное месторождения по данным системного анализа геохимического поля // Руды и металлы. – 2006. – № 3. – С. 44–48.

Егер Дж. К. Упругость, прочность и текучесть. – М. : ГНТИ машиностроит. лит-ры, 1961. – 172 с.

Жирнов А. М. Локализация золотого оруденения в кольцевой структуре // Изв. АН СССР. – Сер. геол. – 1984. – № 3. – С. 98–111.

Калинин А. И., Канищев В. К., Орлов А. Г., Гаитольд В. В. Структура Наталкинского рудного поля // Колыма. – 1992. – № 10–11. – С. 10–14.

Кореньюк М. К. Перспективы развития геологоразведочных работ ОАО «Полос золото» // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2007. – № 2. – С. 58–60.

Межов С. В. Геологическое строение Наталкинского золоторудного месторождения // Колымские ВЕСТИ. – 2000. – № 9. – С. 8–17.

Anderson E. M. The dynamics of faulting and dike formation with applications to Britian. – L. : Oliver and Edinburgh, 1956. – 206 p.

Поступила в редакцию 20.05.2008 г.

GEOLOGY AND STRUCTURE OF ORE ZONES IN THE SOUTHEAST FLANK OF NATALKA GOLD LODE DEPOSIT

V. N. Golub, A. N. Petrov, N. A. Goryachev

A 3-D structural model is created for the southeastern part of Natalka Lode and is accompanied with descriptions of the geologic setting, structural relationships and morphology of ore zones there. Faulting and ore zone-forming processes are considered from viewpoints of their tectonic physics, and space-and-time relationships are assumed to have been existing between structural elements and ore zones in the study area.

Key words: Natalka Gold Lode, structure, ore zone.