



ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА РУДНЫХ РАЙОНОВ ДЛЯ ПОИСКА ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Е.М. НЕКРАСОВ

ФГУНПП «Аэрогеология»
8, стр. 2, ул. Академика Волгина, г. Москва 117485, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В 2020 г. Счетная палата РФ на основании представительного доклада своих экспертов-аналитиков М. Меня и А. Каульбарса предложила расширить поиски месторождений ряда металлов, и в том числе золота. В связи с тем что фонд легко открываемых месторождений золота, выходящих на дневную поверхность, значительно сократился, встала необходимость выбора рудных районов, наиболее перспективных на обнаружение руд золота.

Цель работы. В связи с изложенной задачей в пределах известных в настоящее время золоторудных провинций наиболее целесообразно наметить территории, на которых при минимальных затратах времени и средств удалось бы обнаружить предпосылки и признаки золотых руд и заверить их проявление бурением.

Материалы и методы. Материалами проведенного исследования служили подсчеты долей мировых запасов золота, приходящихся на каждый тип выделенных месторождений, размещающихся в различных породах. Из опыта многолетних поисковых работ, проведенных в последние десятилетия и завершившихся открытием мирового лидера золоторудных месторождений Мурунтау в Узбекистане и отечественных крупнейших месторождений и месторождений-гигантов: Наталкинского, Сухоложского, Нежданинского, Дегдеканского, Майского, Октябрьского, месторождений Павлик, Купол, а также Бакырчик в Казахстане и др., со всей очевидностью вытекает, что наиболее перспективные и крупные месторождения избирательно локализируются в благоприятных породах и масштабных разрывных нарушениях — разломах. Для выявления благоприятных пород было проанализировано размещение мировых запасов золота в различных породах, а также распределение запасов на участках крупнейших месторождений в рудоносных разломах как в наиболее благоприятном типе разрывов, вмещающих максимально мощные и протяженные золоторудные тела.

Результаты. Сопоставление долей запасов показало, что наиболее перспективными для поисков выступают комплексы пород, заключающие максимально высокие доли мировых запасов золота. В статье приводится распределение долей мировых запасов золота для близповерхностных и глубокосформированных месторождений различных типов. Показывается, что главная доля мировых запасов золота в глубокосформированных месторождениях сосредоточена в фанерозойских толщах песчанико-глинистосланцевого состава и в прослоях легкозамещаемых карбонатных и амфиболитовых сланцев, развитых в протерозойских кварцито-филлитовых породах. Запасы близповерхностных золото-серебряных и золото-теллуридных руд избирательно размещаются в молодых мезозойско-кайнозойских вулканитах базальт-андезитового состава, сопровождающихся дайками, субвулканическими штоками и трубками эксплозивных брекчий с приуроченными к ним масштабными золоторудными телами. Таким образом, наиболее перспективными для поисков новых месторождений выступают районы, сложенные названными комплексами пород и пересеченные рудоносными разломами, в зонах которых сосредотачиваются главные наиболее масштабные рудные тела.

Заключение. Проведенное исследование распределения мировых запасов золота в месторождениях различных типов, а также избирательной локализации руд на месторождениях с главными и масштабными рудными телами в зонах рудовмещающих разломов (а соответственно, и содержащими сосредоточение главной доли запасов на конкретном месторождении) позволит с наименьшими затратами времени и средств обнаружить новые месторождения благородного металла и увеличить ресурсную базу Российской Федерации.

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ, МЕТОДИКА ИХ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ / USEFUL MINERALS, METHODS OF THEIR PROSPECTING AND EXPLORATION

Ключевые слова: запасы, ресурсы, месторождения, типы месторождений, золото, разломы

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Некрасов Е.М. Принципы выбора рудных районов для поиска золоторудных месторождений. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2020;63(6):77—86. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2020-63-6-77-86>

Статья поступила в редакцию 15.12.2020

Принята к публикации 06.09.2021

Опубликована 21.02.2022

PRINCIPLES GOVERNING THE SELECTION OF ORE REGIONS FOR GOLD DEPOSIT SEARCH

EVGENIY M. NEKRASOV

*The Federal state unitary enterprise "Aerogeologiya"
8, bld. 2, Akademika Volgina str., Moscow 117385, Russia*

ABSTRACT

Background. In 2020, the Auditing Chamber of the Russian Federation, based on a representative report by its expert analysts M. Men' and A. Kaulbars, proposed expanding the search for deposits of a number of metals, including gold. Since the fund of easily discovered gold deposits coming to the surface has been significantly reduced, prospecting of ore regions most promising in terms of gold deposits becomes highly relevant.

Aim. In connection with the above task, it seems expedient to outline territories within the currently known gold provinces, where the prerequisites and signs of gold ores could be detected with minimal expenditures for their subsequent verification by drilling.

Materials and methods. The study involved calculating the shares of the world's gold reserves attributable to each type of distinguished deposits located in various rocks. The extensive experience of prospecting work carried out in recent decades and culminated in the discovery of the Muruntau deposit in Uzbekistan, a world leader in the development of gold deposits, and Russian largest and giant deposits – Natalka, Sukholozhskoe, Nezhdaninsky, Degdekansky, Maisky, Oktyabrsky, Pavlik, Kupol, as well as the Bakyrchik deposit in Kazakhstan and others, clearly shows that the most promising and largest deposits are selectively localized in favourable rocks and large-scale disjunctive dislocations, or faults. To identify favourable rocks, the distribution of the world's gold reserves in various rocks was analysed, as well as the distribution of reserves in the areas of the largest deposits in ore-bearing faults as the most favourable fault types containing the most powerful and extended gold ore bodies.

Results. A comparison of the shares of reserves has shown that the most promising for prospecting are those rock complexes containing the highest proportions of the world's gold reserves. The article presents the distribution of shares of the world's gold reserves for near-surface and deep-formed deposits of various types. The main share of the world's gold reserves in deeply formed deposits is shown to be concentrated in the Phanerozoic strata of sandy-clayey composition and in the interlayers of easily replaceable carbonate and amphibolite shales developed in the Proterozoic quartzite-phyllite rocks. The reserves of near-surface gold-silver and gold-telluride ores are selectively located in the young Mesozoic-Cenozoic volcanic rocks of basalt-andesite composition, accompanied by dikes, subvolcanic stocks and the pipes of explosive breccias with large-scale gold ore bodies confined to them. Thus, the most promising areas for prospecting new deposits are those composed of the mentioned rock complexes and crossed by ore-bearing faults, in the zones of which the main largest ore bodies are concentrated.

Conclusion. The conducted study into the distribution of the world's gold reserves in the deposits of various types, as well as the selective localization of ores in deposits with the main and large-

scale ore bodies in the zones of ore-bearing faults (and, accordingly, containing the concentration of the main share of reserves in a particular deposit), provides a basis for discovering new deposits of the precious metal with minimal expenditures, thus contributing to increasing the resource base of the Russian Federation.

Keywords: reserves, resources, deposits, types of deposits, gold, faults

Conflict of interest: the authors declare that there is no conflict of interest.

Financial disclosure: no financial support was provided for this study.

For citation: Nekrasov E.M. Principles governing the selection of ore regions for gold deposit search. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2020;63(6):77—86. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2020-63-6-77-86>

Manuscript received 15 December 2020

Accepted 06 September 2021

Published 21 February 2022

В 2020 г. М. Мень и А. Каульбарс — эксперты-аналитики Счетной палаты РФ — составили представительный отчет [8], в котором показали, что поиски и разведка рудных месторождений в стране значительно отстают от темпов роста производства металлов, в том числе и благородных. В связи с изложенным, по мнению Счетной палаты, объемы поисков должны быть существенно увеличены и финансово обеспечены. Учитывая это решение, автор посчитал необходимым учесть все достижения последних десятилетий поисков золоторудных объектов при выборе рудных районов.

В настоящее время большинство проявлений золота, обнаруженных при проведении плановых съемок, либо достаточно надежно изучено и проверено, либо ревизовано и оценено как не представляющее промышленного интереса. При этом фонд сравнительно легко открываемых месторождений, выходящих на поверхность, существенно сократился. К обнаруженным точкам минерализации, видимо, следует относиться как к проявлениям возможного скрытого и слепого оруденения.

В связи с этим поиск и переоценку подобных точек минерализации наиболее рационально проводить в рудных районах, максимально перспективных на образование золоторудных месторождений. При выборе таких районов необходимо использовать весь накопленный опыт многолетних поисков месторождений. Именно поэтому автор решил напомнить о двух подтвержденных главных правилах или фактически принципах (постулатах), подтвердившихся в результате многолетних поисково-разведочных работ. Автор надеется, что подавляющая часть геологов согласится с ними. Перед изложением их необходимо

напомнить, что мировой знаток рудных месторождений В.М. Крейтер [7] считал, что все эндогенные месторождения золота, включая скарновые и пластовые, проявленные в районах Бендигго, Шотландии, а в настоящее время — и в районе Карлин (США), являются трещинными объектами, размещающимися в разрывных нарушениях, оказавшихся доступными для золотосодержащих растворов. Эти разрывы либо наложены на смятые в складки породы, либо использовали пластовые трещины, приоткрывшиеся в процессе оруденения. Последние нередко расположены вблизи секущих рудоконтролирующих разрывов и ответвляются от них.

Итак, первый вывод: эндогенные золоторудные месторождения избирательно используют для локализации наиболее благоприятные комплексы пород.

Этот вывод вытекает из анализа размещения мировых запасов и ресурсов золота в различных породах. Необходимо заметить, что подобный анализ не всегда опирается на опубликованные и достаточно достоверные данные, но, по мнению автора и многих других специалистов, оперирование огромными величинами запасов «сглаживает» эффект частных ошибок. Расчеты, проведенные автором и его помощниками [9, 10], показали, что на конец 2015 г. существенная доля запасов «эндогенного» золота (13,5 тысяч тонн из примерно 90 тысяч тонн мировых) сосредоточена в однородных и мощных толщах песчанико-глинистосланцевых фанерозойских и протерозойских кварцито-филлитовых пород. В частности, в однородных и мощных песчанико-сланцевых толщах развиты такие месторождения, как Мурунтау — лидер золоторудных месторождений по запасам, а также мало уступающие ему отечественные

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ, МЕТОДИКА ИХ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ / USEFUL MINERALS, METHODS OF THEIR PROSPECTING AND EXPLORATION

месторождения Сухой Лог, Наталкинское, Неждановское, Благодатное и др. [4, 10].

Если в указанной рудовмещающей среде заключены пласты и пачки хрупких песчаников, пояса даек, интрузивных и субвулканических штоков, а также пласты пористых и поэтому легко замещаемых карбонатных, карбонатсодержащих и туфогенных пород, а в районах развития близповерхностных руд — оруденелые трубки эксплозивных брекчий, то в них и вдоль их контактов (пример: крупнейшие месторождения Кочбулак, Паскуа-Лама, Багио, Рошиа-Монтанэ и др.) широко проявляются трещинные залежи контактовых и протяженных пластовых, а также линзо- и трубообразных рудных тел. В совокупности они образуют крупные и крупнейшие месторождения (по убыванию суммы запасов): Голдстрайк и Донлин-Крик, отработанный Хомстейк, Карлин и Кортез, Олимпиадинское и Майское месторождения, Бакырчик и др., а также руды рядовых скарных месторождений (Тарор, Синюхинское, Новогоднее Манто и др.). Месторождения в сланцевых и филлитовых толщах заключают не менее 15% мировых запасов и ресурсов золота, а рудные районы с широким проявлением таких пород чрезвычайно перспективны для поиска в них руд золота.

Сопоставимые со сланцевыми запасы золота (не менее 14 тысяч тонн) установлены в рудных районах проявления близповерхностных месторождений, таких как Янакоча, Лихир, Крипл-Крик и Пуэбло-Вьехо, Купол и др. Месторождения этого типа отличаются проявлением оруденения в пределах одного рудоносного участка на двух рудоносных уровнях — на верхнем и с небольшим перерывом — на нижнем. Обычно разведываются только руды верхнего уровня — золото-серебряные и золото-теллуридные, так как они обнаруживаются всего в нескольких сотнях метров (и меньше) от древней палеоповерхности. Это ритмично-полосчатые, друзовые, крустификационные, кокардовые и вкрапленные образования. Руды нижнего уровня, обнаруженные на месторождениях Янакоча и Крипл-Крик, а также в глубокой скважине Карамкена, в капитальной штольне (ныне затопленной) Тасеевского и других месторождений — золото-теллуридные и золото-медно-порфиновые брекчиево-цементирующей, сетчатой и штокверковой, порфировой, вкрапленной, прожилковой или массивной текстур обычно не разведываются, так как они размещаются очень глубоко — в 600—1000 м ниже современной поверхности, и есть риск не вскрыть

их первыми скважинами, а значит существенно «затянуть» разведку и вызвать финансовые затруднения. Кроме того, обнаружение их на значительных глубинах, как это случилось на месторождениях Янакоча, Крипл-Крик и Тасеевском, не всегда дает возможность извлекать и перерабатывать их с достаточной выгодой (что показали предварительные (но, скорее всего, завышенные) подсчеты затрат для этих месторождений; в подсчеты не принимали во внимание уже осуществленные затраты на инфраструктуру объекта, а также поиск и разведку месторождения). Возможно, по этой причине на эксплуатирующихся отечественных месторождениях Купол, Многовершинное, Тасеевское, Двойное и др. не делается даже попыток обнаружить руды нижнего уровня.

Значительные запасы золота (3 или даже около 5 тысяч тонн) разведаны также в джаспероидных месторождениях тонкого золота, развитых в терригенно-карбонатных толщах раннего палеозоя. В частности, такие месторождения давно эксплуатируются на Американской платформе, в пределах ее южного Калифорнийско-Колорадского сегмента, в штате Невада [20, с. 104—105]. Отечественное однотипное месторождение Ольча в Омолонской золотоносной провинции (Северо-Западная Камчатка) разведано недостаточно [10] и не оценено. В последнее десятилетие геологи вернулись также к поискам новых и ревизии заброшенных месторождений, считавшихся выработанными, размещающихся в протяженных поясах кварц-хлорит-серицитовых и амфиболовых сланцев позднего архея. Считается, что в этих структурных постройках заключено более 6 тысяч тонн запасов и ресурсов золота [11]. В России поиск и разведка архейского золота в значительных масштабах ведется только в золотоносных районах Кольского полуострова. Здесь в приграничном районе Финляндии — Киттила (всего в 100—120 км западнее границы с Россией) много лет разведывается крупнейшее месторождение с ресурсами не менее 400 т золота. Проявленные в его пределах богатые золоторудные зоны оказались приуроченными к мощным разрывным нарушениям, унаследовавшим осевые плоскости сжатых субмеридианальных антиклиналей. Аналогичная обстановка может быть обнаружена и на примыкающей обширной российской территории.

Таким образом, в комплексах максимально благоприятных пород, заключающих крупнейшие запасы и ресурсы золота, обнаружение

новых месторождений самого различного масштаба намного более перспективно в сравнении с другими рудными районами иного строения. Конечно, известны случаи обнаружения золотых руд в ином комплексе пород, а песчанико-глинисто-сланцевые образования фанерозоя оказывались совершенно безрудными и неперспективными или очень слабо рудоносными. Но если собрать воедино ресурсы и запасы всех месторождений золота от самых мелких до крупных, крупнейших и месторождений-гигантов, залегающих в однородной песчанико-глинисто-сланцевой фанерозойской среде или в кварц-филлитовых образованиях позднего протерозоя, то они перевесят все частные примеры противоположного значения. Максимально перспективными на проявление руд золота и наиболее часто встречающимися окажутся руды, локализующиеся в однородной фанерозойской песчанико-глинисто-сланцевой среде и руды в кварцито-филлитовых образованиях протерозоя, особенно когда в них заключены прослои карбонатсодержащих пород (известняков и доломитов), а также и сланцев (например, сидероплезитовых или куммингтонитовых). Запасы и ресурсы буквально одного-двух месторождений, выявленных в названных продуктивных средах, превысят запасы всех проявлений в иной геологической обстановке опосредованного района.

Второй вывод, с которым согласятся почти все геологи-поисковики и особенно разведчики, также следует из результатов прошлых многолетних полевых работ. Он может быть сформулирован следующим образом: все крупные и крупнейшие месторождения золота и, особенно месторождения-гиганты, сформировались только в пределах протяженных и мощных зон плавно изгибающихся рудоносных разломов (любого возраста, вплоть до кайнозойского). При этом оруденению, как правило, подвергаются плавно изгибающиеся интервалы разломов со «сглаженными» тектоническими швами, в пределах которых отсутствуют геологические элементы, которые могли бы «тормозить» движение тектонических блоков вдоль главных пограничных плоскостей разломов (см. рис. 1). Руды золота приурочиваются к зонам дробления разломов или брекчиям метасоматитов [14], как правило, сложного внутреннего строения. Обычно они развиваются на рудоносных участках, где колленчатые интервалы разломов постепенно сменяются сглаженными протяженными и мелкоизогнутыми интервалами нависающих тектонических

(обычно глинистых) швов главного пограничного висячего (иногда и лежащего) бока разломов. На этих участках отсутствуют поперечные дислокации и в первую очередь мелкие поперечные разрывы и апофизы даек и штоков, которые могли бы «тормозить» движение тектонических блоков вдоль разрывов в период оруденения (см. рис. 1).

Напомним [10, 14], что такие наиболее благоприятные (и нередко с «уникально-богатыми» рудами) мелко и плавноизогнутые участки мощных нарушений отличаются специфическим *внутренним строением*. В их пределах между пограничными плоскостями висячего и лежащего бока развились: 1) продольные оруденелые зоны дробления с мощными и выдержанными рудными телами нередко богатых вкрапленно- жильнопрожилковых и жильных руд, непрерывно протягивающиеся на многие сотни метров — 2000 м и более в плане (и свыше 1000—1500 м по падению, например на Калгурли в Австралии, Хомстейке в США и Бакырчике (рис. 2) в Казахстане), под нависающими и, очевидно, экранирующими тектоническими плоскостями висячего бока разломов; и 2) две системы соединительных разрывов, связывающих пограничные плоскости висячего и лежащего боков разлома: одна — сравнительно протяженных *субпродольных* (названных автором «длинными») оруденелых разрывов, другая — «коротких», почти поперечных трещин (смещителей «длинных», см. рис. 1). Обычно названные разрывы также залечиваются богатыми рудами, но состоящими сравнительно маломощные, чаще короткие (первые метры в плане и разрезе) прожилковые и жильно-линзовидные золоторудные кварцевые и карбонатно-кварцевые образования массивного облика с пучками «своих» оруденелых мелких и непротяженных оперяющих отрывов и сколов-апофиз, в совокупности образующих *золоторудные гнезда трещинного типа*. В результате геолог-разведчик обычно обнаруживает золоторудные гнезда богатых руд, представленные сравнительно мощными жильными, либо прожилковыми или обильно-вкрапленными образованиями в однородной рудовмещающей среде, либо контактными телами на границе различных пород, но всегда «скрывающими» концентрацию мелкого и тонкого золота — золото-содержащих или собственных минералов золота. Все упомянутые оруденелые разрывы, развившиеся в зоне дробления, как и стержневые разрывы (по Н.В. Петровской [15]), вмещающие основную массу гнезд на конкретном месторождении,

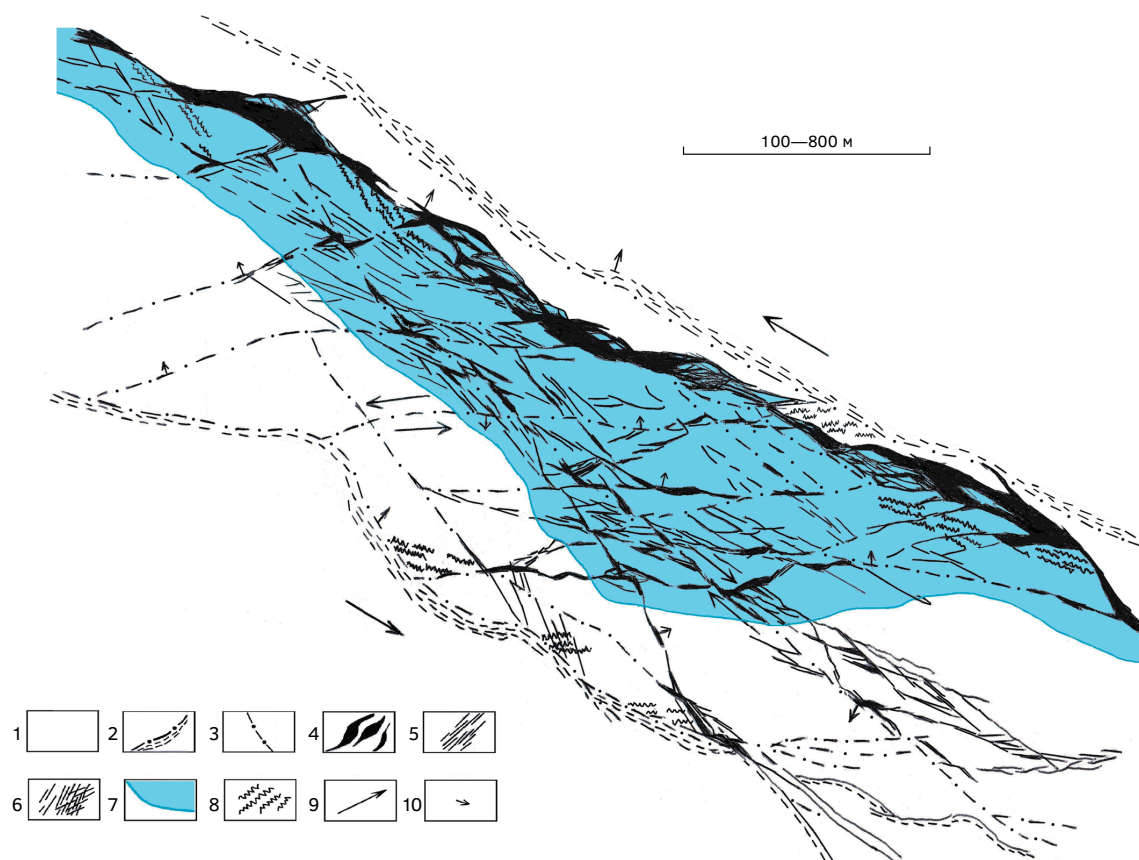


Рис. 1. Фрагмент обобщенной схемы внутреннего строения мощной оруденелой зоны дробления рудоносного разлома, заключающего в однородной среде крупнейшие запасы золота (на примерах месторождений Мурунтау, Наталкинское, Нежданинское, Ашанти, Калгурли, Комшток и др.). План. Приведен условный масштаб: от крупных до крупнейших объектов. 1 — рудовмещающие песчанико-глинистосланцевые породы; 2 — главные (пограничные) тектонические швы разлома с гидротермально-измененной глиной трения; 3 — разрывные нарушения в рудоносной зоне дробления разлома; 4 — массивные золоторудные жилы, линзы и зоны сульфидно-кварцевого, сульфидно-теллуридно-кварцевого или карбонатно-кварцевого состава; 5 — прожилковые и тонкопрожилковые зоны аналогичного состава, преимущественно залечивающие боковые оперяющие сколы; 6 — непротяженные участки и гнезда прожилковых, сетчатых и штокверковых сравнительно богатых руд; 7 — протяженная продольная и мощная зона вкрапленных сравнительно богатых руд, представленных обильной вкрапленностью сульфидов (в том числе золотосодержащих, а также мелким и тонким золотом) или сульфидами, сульфосолями и теллуридами (в том числе золота и серебра), протягивающаяся под экранирующей тектонической поверхностью глинистого шва висячего бока разлома; 8 — золоторудные прожилки, залечивающие оперяющие трещины отрыва; 9 — возможные направления относительных перемещений пород по разрывам в зоне дробления рудоносного разлома; 10 — направления падения пограничных тектонических глинистых швов рудоносного разлома, прочих разрывов в его зоне, жил, жильных и прожилковых зон

Fig. 1. A fragment of a generalized scheme of the internal structure of a powerful mineralized zone of crushing of an ore-bearing fault containing the largest gold reserves in a homogeneous medium (using the examples of Muruntau, Natalkinskoye, Nezhdaninskoye, Ashanti, Kalgoorlie, Komshtok, and other deposits). Planar view. Relative scale: covering objects from large to the largest. 1 — ore-bearing sandstone-clay-shale rocks; 2 — main (boundary) tectonic fault seams with hydrothermally altered friction clay; 3 — discontinuous faults in the ore-bearing fracture zone of the fault; 4 — massive gold veins, lenses, and zones of sulfide-quartz, sulfide-telluride-quartz, or carbonate-quartz composition; 5 — veined and thin-veined zones of similar composition, mainly filling lateral feathering chips; 6 — short length areas and nests of veined, reticulated, and stockwork relatively rich ores; 7 — longitudinal long and powerful area interspersed with relatively rich ores, represented by abundant disseminated sulphides (including gold-bearing, as well as small and fine gold) or by sulfides, sulfosalts and tellurides (including gold and silver), which extends under the shielding tectonic surface of the clay seam of the hanging side of the fault; 8 — gold-ore veins filling the feathering cracks of the separation; 9 — possible directions of relative movement of rocks along breaks in the crushing zone of an ore-bearing fault; 10 — directions of falling of boundary tectonic clay seams of an ore-bearing fault, other breaks in its zone, veins, vein and veinous zones

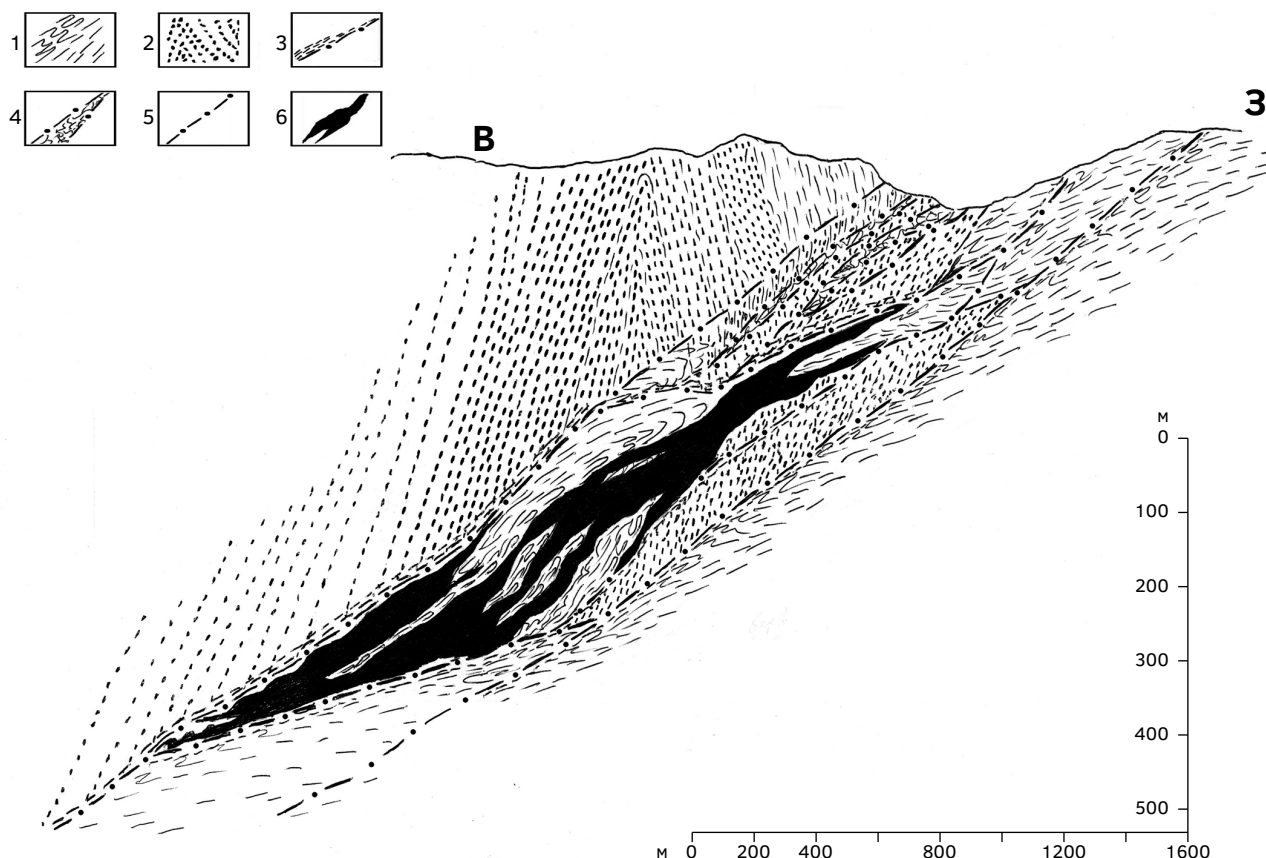


Рис. 2. Месторождение Бакырчик. Поперечный разрез. Внутреннее строение зоны дробления мощного рудоносного надвига (разлома). По В.М. Яновскому. Рудовмещающие породы каменноугольного возраста: 1 — углеродсодержащие алевритовые сланцевые породы различного состава, тонко переслаивающиеся с песчаниками; 2 — песчаники; 3 — главные сглаженные и выдержанные мощные пограничные швы (висячего и лежащего боков разлома); 4 — участки дробления и рассланцевания; 5 — прочие разрывы; 6 — выдержанные протяженные и мощные золоторудные тела вкрапленных и подчиненных жильно-прожилковых руд

Fig. 2. Bakyrchik gold deposit. Cross-section. Internal structure of the crushing zone of a powerful ore-bearing thrust fault. By V.M. Yanovsky. Ore-bearing rocks of Carboniferous age: 1 — carbon-containing siltstone shale rocks of various compositions, thinly interbedded with sandstones; 2 — sandstones; 3 — main smoothed and sustained strong boundary seams (of the hanging and lying sides of the fault); 4 — crushing and spreading sections; 5 — other faults; 6 — sustained extended and powerful gold-ore bodies of interspersed and subordinate vein and small vein ores

при оконтуривании мощных и сверхмощных (более 100 м) рудных тел по низким бортовым содержаниям золота (от 0,4 до 1,0 г/т) повышают его концентрацию в золоторудных столбах в 2—4 раза и более сравнительно со средними содержаниями золота, а в пределах *рядовых рудоносных участков* разломов, по крайней мере до промышленных значений его (например, на Приморском месторождении [4]).

Но главная особенность оруденелых участков разломов — это широкое развитие *межпрожилковой* и *межжильной* рудной вкрапленности, то обильной на стыках разноориентированных нарушений, то более редкой при ее проявлении

вдоль зон разрывов (см. рис. 1). Таким образом, оруденелые участки протяженных разломов оказываются обычно представленными метасоматитами и их брекчией (нередко кварцевого или альбит-карбонатно-кварцевого состава) с рудными прожилками и короткими жилами. Они сопровождаются то обильной, то сравнительно редкой вкрапленностью сульфидов, сульфосолей и теллуридов (в близповерхностных месторождениях), местами со скоплениями мелкого или тонкого (от десятых до сотых и тысячных долей мм) золота. Железо- и медьсодержащие сульфиды и сульфосоли, особенно ранние пирит, арсенопирит, халькопирит, борнит, сульфосоли меди и железистый

сфалерит, нередко содержат золото, которое находится в микропрожилках кварца, иногда рудных минералов, цементирующих микрообломки названных минералов. В результате участки рудоносных разломов с описанным внутренним строением (т.е. с благоприятным строением их «внутриразломных зон») выступают по представлению известных геологов [1, 2, 4—6, 10, 13, 15, 16, 20] и тектонофизиков [3, 17, 19], структурными ловушками для поступающих золотосодержащих растворов и подвергаются масштабному оруденению (рис. 1 и 2, см. также [12]). Очевидно, после обнаружения в пределах района поиска разлома с признаками минерализации следует изучить и провести картирование его зоны, ответвляющихся от него разрывов и примыкающей к ним территории. Обнаружение участков разлома с интервалами плавного мелкоизогнутого облика должно рассматриваться в качестве предпосылки возможной локализации руд [5, 18] в пределах опрашиваемой территории.

Краткое заключение

Из приведенных материалов следует:

При выборе перспективных районов для поисков золотых глубоко сформированных руд максимально благоприятными являются территории с преобладанием однородных мощных песчанико-глинистосланцевых толщ фанерозоя и кварцито-филлитовых толщ позднепротерозойских пород, заключающих прослои известняков и доломитов, а также сидероплезитовых и куммингтоновых сланцев.

При обнаружении в названных комплексах пород разломов: 1) с отделяющимися мощными боковыми ветвями и 2) с узлами пересечения разломов иного направления или других поперечных дислокаций на подобных участках необходимо проведение детальных поисков

с применением всех методик опрашивания. При обнаружении признаков минерализации и, тем более, «пятен» карбонат-кварцевых метасоматитов и их брекчий необходимо более детальное изучение поисковой площади, сопровождающееся бурением скважин для заверки обнаруженных точек минерализации.

Аналогично изложенной последовательности поисковых работ в районах предполагаемого развития близповерхностных месторождений наиболее перспективно проведение поисков на территориях развития молодых мезозойско-кайнозойских андезитовых и базальт-андезитовых вулканитов с сопровождающими их «местными» (локальными) узкими поясами даек и малых магматических (и субвулканических) штоков сиенитовых, диорит-сиенитовых, основных и риолитовых пород, а также трубок взрывных брекчий.

Обнаружение указанных геологических элементов с признаками минерализации в областях возможного развития как глубинного, так и близповерхностного оруденения должно рассматриваться как предпосылка выявления золотых руд *на глубине*. В этом случае следует провести детальное изучение и прослеживание возможно минерализованных зон дробления в разломах и на прилегающей к ним территории, в пределах которых, наряду с рудоконтролирующими, могут проявляться и рудовмещающие разрывы и руды.

При обнаружении на поверхности окисленных рудных минералов, а в отобранных пробах пробирного анализа — весовых значений золота подобный участок становится кандидатом для выявления руд золота промышленного масштаба. В этом случае необходимо провести как поисковые работы на поверхности, так и бурение на глубину не менее 200—400 м от современной поверхности, не забывая о возможности обнаружения руд на нижнем рудоносном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородаевский Н.И. Материалы по методам изучения структуры и геологической перспективной оценки месторождений золота. М.: Труды ЦНИГРИ, 1960. Вып. 35. 417 с.
2. Вольфсон Ф.И., Дружинин А.В. Месторождения золота // Главнейшие типы рудных месторождений. М.: Недра, 1982. С. 274—302.
3. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. 535 с.
4. Константинов М.М. Золоторудные месторождения России. М.: Акварель, 2010. 349 с.
5. Кинг Ф.Б. Вопросы тектоники Северной Америки. М.: изд. МГУ, 1969. 251 с.
6. Константинов М.М. Золоторудные провинции мира. М.: Научный мир, 2006. 355 с.
7. Крейтер В.М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Госгеолтехиздат, 1960. 332 с.
8. Мень М., Каульбарс А. Анализ воспроизводства минерально-сырьевой базы Российской Федерации // Бюллетень Счетной палаты Российской Федерации. 2020. № 5 (270). 250 с.

9. Некрасов Е.М., Дудкин Н.В. Запасы и добыча золота в начале XXI века из месторождений различных геолого-промышленных типов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2013. № 6. С. 45—56.
10. Некрасов Е.М., Дорожкина Л.А., Дудкин В.Н. Особенности геологии и структуры крупнейших золоторудных месторождений эндогенного класса. М.: Астрей-центр, 2015. 191 с.
11. Некрасов Е.М., Косовец Т.Н. Возможный рост ресурсов золота на трех отечественных месторождениях — Бамском, Многовершинным, Олча // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2017. № 6. С. 73—78.
12. Некрасов Е.М. Поиски и разведка золоторудных месторождений на основе структурных предпосылок // Руды и металлы. 2019. № 1. С. 26—36.
13. Некрасов Е.М., Дорожкина Л.А., Дудкин Н.В., Косовец Т.Н. Систематика, структура и запасы золоторудных месторождений. М.: Астрей-центр, 2019. 241 с.
14. Некрасов Е.М. Локализация руд золота в разломах различных типов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2019. № 6. С. 33—43.
15. Петровская Н.В., Бернштейн П.С., Мирчинк С.Г., Андреева М.Г. Геологическое строение, минералогия и особенности генезиса золоторудных месторождений Балецкого рудного поля (Восточное Забайкалье) // Труды ЦНИГРИ. 1961. Вып. 45. Ч. 1. 93 с. Ч. 2. 128 с.
16. Семинский К.Ж., Гладков А.С., Лунина О.В. и др. Внутренняя структура континентальных разломных зон. Прикладной аспект. Новосибирск: изд-во СО РАН, Филиал «Гео», 2005. 291 с.
17. Смирнов В.И. Гидротермальные месторождения // Геология месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1976. С. 234—345.
18. Шер С.Д. Металлогения золота (Северная Америка, Австралия и Океания). М.: Недра, 1972. Т. 1. 295 с.
19. Шерман С.И., Семинский К.Ж. Тектонофизические исследования в Институте земной коры СО РАН: принципиальные достижения и актуальные задачи. Геодинамика и тектонофизика. 2010. Т. 1. № 1. С. 4—23.
20. Хиллс Ш.А. Элементы структурной геологии. М.: Иностранная литература, 1967. 478 с.

REFERENCES

1. Borodayevskiy N.I. Materials on Methods of Structural Study and Perspective Geological Evaluation of Ore Deposits. Moscow: Transactions of CNFGSS, 1960. Iss. 35. 417 p.
2. Vol'fson F.I., Druzhinin A.V. Gold Deposits // Major types of gold deposits. Moscow: Nedra, 1982. P. 274—302.
3. Gzovskiy M.V. Tectonophysics Foundations. Moscow: Nauka, 1975. 535 p.
4. Konstantinov M.M. Gold Deposits of Russia. Moscow: Aquarel Ltd, 2010. 349 p.
5. King F.B. On tectonics of North America. Moscow: MSU publ., 1969. 251 p.
6. Konstantinov M.M. Gold provinces of the World. Moscow: Scientist World, 2006. 355 p.
7. Krejter V.M. Search and exploration of mineral deposits. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1960. 332 p.
8. Men' M., Kaulbars A. Analysis of reproduction of the mineral resource base of the Russian Federation // Bulletin of the Audit Chamber of the Russian Federation. 2020. No. 5 (270). 250 p.
9. Nekrasov E.M., Dudkin N.V. Gold reserves and production at the beginning of the XXI century from deposits of various geological and industrial types // Izvestiya vuzov. Geology and exploration. 2013. No. 6. P. 45—56.
10. Nekrasov E.M., Dorozhkina L.A., Dudkin N.V. Specific Geology and Structure of the Largest Ore Deposits of Endogenic Class. Moscow: Astrea-Center Ltd, 2015. 191 p.
11. Nekrasov E.M., Kosovets T.N. Possible growth of gold resources at three domestic deposits — Bamskoye, Mnogovershinnoye, Olcha // Izvestia vuzov. Geology and exploration. 2017. No. 6. P. 73—78.
12. Nekrasov E.M. Prospecting and exploration of gold deposits based on structural assumptions. Moscow: Ores and metals, 2019. No. 1. P. 26—36.
13. Nekrasov E.M., Dorozhkina L.A., Dudkin N.V., Kosovets T.N. Systematics, structure and reserves of gold deposits. Moscow: Astrea-Center Ltd, 2019. 241 p.
14. Nekrasov E.M. Localization of gold ores in various types of faults // Izvestiya vuzov. Geology and exploration. 2019. No. 6. P. 33—43.
15. Petrovskaya N.V., Bernshtein P.S., Mirchink S.G., Andreeva M.G. Geological structure, mineralogy, and genesis specifics of gold deposits in the Baleyskoye ore field (Eastern Transbaikalia) // Transactions of CNFGSS. 1961. Iss. 45. Vol. 1. 93 p. Vol. 2. 128 p.
16. Seminskiy K.Z., Gladkov A.S., Lunina O.V. et al Internal structure of continental fault zones. Applied aspect. Novosibirsk, SB RAS Publ., "Geo" branch, 2005. 291 p.
17. Smirnov V.I. Hydrothermal deposits / Geology of mineral deposits. Moscow: Nedra, 1976. P. 234—345.
18. Sher S.D. Metallogeny of gold (North America, Australia and Oceania). Moscow: Nedra, 1972. Vol. 1. 295 p.
19. Sherman S.I., Seminskiy K.Z. Tectonophysical Studies in the Institute of the Earth's Crust SB RAS: Major Achievements and Actual Problems. Geodynamics and Tectonophysics. 2010. V.1. No 1. P. 4—23.
20. Hills S.A. Elements of structural Geology. Moscow: "Foreign Literature" publ., 1967. 478 p.

ВКЛАД АВТОРА / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Некрасов Е.М. — разработал концепцию статьи, подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Nekrasov E.M. — contributed to the development of the article concept, prepared the text, approved the final version of the manuscript and accepts responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Некрасов Евгений Михайлович — доктор геолого-минералогических наук, профессор, ведущий специалист ФГУНПП «Аэрогеология».

8, стр. 2, ул. Академика Волгина, г. Москва 117485, Россия

Тел.: 8 (495) 610-73-53, 8 (915) 231-12-86

E-mail: nekrasov@ibdc.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9287-5776>

Evgeniy M. Nekrasov — Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof., leading specialist of the Federal state unitary enterprise “Aerogeologiya”.

8, bld. 2, Akademika Volgina str., Moscow 117385, Russia

Tel.: 8 (495) 610-73-53, 8 (915) 231-12-86

E-mail: nekrasov@ibdc.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9287-5776>