

ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В СКАРНАХ СЕВЕРНОГО ФЛАНГА ТЫРНЫАУЗСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ, КАБАРДИНО-БАЛКАРСКАЯ РЕСПУБЛИКА

В.В.Столяров

ФГБУН Институт аридных зон ЮНЦ РАН,
г. Ростов-на-Дону

В соответствии с новыми данными о составе и условиях локализации золотых руд на Северном фланге Тырныаузского рудного поля разработана прогнозная-поисковая модель оруденения нетрадиционного для региона золото-скарнового геолого-промышленного типа с легко извлекаемым свободным (амальгамируемым) золотом. Показано, что многообразие поисковых предпосылок связано с развитием альпийского тырныаузского магматического комплекса. Обоснованы геологические, минералогические, геохимические и геофизические поисковые признаки.

Ключевые слова: прогнозная-поисковая модель, золото, скарны, геохимическая аномалия, магнитное поле, Северный Кавказ, Тырныауз.

Первые сведения о золотоносности геологических образований в пределах Тырныаузского рудного поля получены И.Н.Ситковским в 1928–1929 гг. при поисковых работах на полиметаллы. С 1934 г. во главе с Б.В.Орловым проводились поисковые и геологоразведочные работы на вольфрам, молибден, полиметаллы, сурьму. С 1935 г. комбинатом «Севкавзолото» под руководством Б.П.Кулеша начались целевые поисковые работы на коренное золото, в результате которых пришли к выводу о бесперспективности исследованного района в отношении промышленного золотого оруденения. С 1948 г. работы по оценке золотоносности территории Тырныаузского рудного поля возобновились и продолжались до 1973 г. Они выполнялись в основном на северном фланге объекта силами Северо-Кавказского геологического управления и ГРЭ Тырныаузского вольфрам-молибденового комбината под ру-

ководством С.А.Шмарьяна (1952 г.), А.С.Еремеева (1953 г.), Д.Ф.Ворожбенко (1949–1954 гг.), В.Г.Микиртумова (1965–1968 гг.), Ф.А.Трифонов (1972 г.), Е.В.Аксаментова (1973 г.) и др. Кроме того, определялась золотоносность вольфрам-молибденовых руд собственно Тырныаузского месторождения путем анализа дубликатов отобранных ранее проб. В итоге зафиксированы вторичные ореолы рассеяния Ag, Sn, As, Sb, 11 аномалий магнитного поля, в том числе Аномалия № 3, связанная со скарнами Зыгыркольской зоны, установлены повышенные содержания Au в разрозненных пробах из различных гидротермальных и метасоматических образований и в вольфрам-молибденовых рудах. На северном фланге выявлены золотоносные участки Сухие Балки, Аномалия № 3, Молибденовый штокверк и Рудная зона 69, рудопроявления Февральское, Новое и др., отмечены пространственная связь золотого оруденения с дайками

лейкократовых гранитов тырныаузского интрузивного комплекса и приуроченность его к крупным разрывным структурам северо-западного направления (Зыгыркольской и Хромитовой). Рекомендованы подземные горные и буровые работы на золото.

Научно-исследовательские работы в пределах Тырныаузского рудного поля касались главным образом различных аспектов вольфрам-молибденового оруденения, так как обнаруженные в то время золоторудные проявления не имели промышленных перспектив из-за низких содержаний золота и незначительных параметров. Минералогию и условия формирования вольфрам-молибденовых руд, вмещающих и околорудных метасоматитов изучали сотрудники МГУ Е.Н.Граменицкий, Л.Я.Аранович, О.В.Кононов, Н.Г.Зиновьева, И.В.Нестеров, Е.А.Дзгоева, Р.А.Виноградова, Л.И.Рогачева, Ростовского государственного университета В.Н.Труфанов, М.И.Гамов, Ю.А.Сафаров, Новочеркасского политехнического института А.Д.Каленов, В.С.Исаев, З.И.Курдюкова, Е.А.Нырков, Н.С.Скрипченко и др. Геологические условия локализации вольфрам-молибденового оруденения и его связь с магматизмом рассмотрены в работах А.В.Пэка, В.И.Андрианова, А.Г.Гурбанова, В.И.Рехарского, Ю.И.Блинова, Л.А.Варданянца, В.В.Веселова, В.А.Москалева, В.И.Старостина, Р.Н.Соболева, Г.А.Семочкина, С.П.Соловьева, Н.С.Скрипченко, В.С.Попова, А.А.Кременецкого, В.В.Ляховича, Н.Г.Родзянко, А.Ф.Свириденко, Н.К.Нефедова. При этом золотоносность вольфрам-молибденовых и сопутствующих сульфидных руд изучалась лишь в качестве второстепенной.

На Северном Кавказе в последние годы активизировались геологоразведочные работы по выявлению нетрадиционных для региона золоторудных месторождений. В результате поисковых работ ООО «Каббалкгеология» открыто и в настоящее время оценивается несколько рудопроявлений золота в северной части Тырныаузского рудного поля (Кабардино-Балкарская Республика). Золотоносная минерализация, в том числе с повышенными содержаниями золота, установлена в различных гидротермально-метасоматических образованиях: в кварце-

вых жилах участка Сухие Балки, кварцевых прожилках и их зальбандах на участке Молибденовый штокер, в проявлениях кварцевых прожилков и сульфидной вкрапленности в терригенных породах севернее Молибденового штокера и в районе Мало-Тырныаузского сурьмяного месторождения, в сульфидно-вкрапленных рудах Февральского скарна, в массивных и гнездовых сульфидных рудах Перевального участка, локализованных в скарнах и зонах дробления, в альпийских дайках лейкократовых и аплитовидных гранитов в местах концентрации кварцевых прожилков и сульфидов, а также в метасоматитах березит-лиственитового ряда.

Наиболее перспективные из них располагаются к северо-западу от крупнейшего молибденово-вольфрамового месторождения Тырныауз и приурочены к скарнам Зыгыркольской тектонической зоны. Апробированные прогнозные ресурсы золота по категориям P_1+P_2 составляют 46,2 т. Данные спектральных анализов бороздовых и керновых проб из золотоносных интервалов свидетельствуют об отсутствии в них промышленно значимых концентраций серебра и цветных металлов.

Тырныаузское месторождение находится в восточной части Пшекиш-Тырныаузской близширотной шовной зоны Передового хребта Северного Кавказа на участке пересечения структурно-формационной зоны названного хребта крупной поперечной структурой кайнозойской тектономагматической активизации. Оно вместе с Гитче-Тырныаузским месторождением сурьмы, проявлениями Sn, Au, Cu, Pb, Zn, Hg и др. входит в состав Тырныаузского рудного поля, в тыловой части которого развиты проявления W, Mo, Sn, во фронтальной – Au, Pb, Sb, Hg.

Рудное поле центральным сбросом субширотной ориентировки разделяется на два блока. В южном блоке, поднятом относительно северного примерно на 1,5 км, локализовано собственно Тырныаузское месторождение.

Рудное поле сложено преимущественно вулканогенными и осадочными терригенно-карбонатными породами среднего палеозоя, песчаниками и сланцами ранней юры. Его северная граница определяется стратиграфическим несогласием с древними кристаллическими слан-

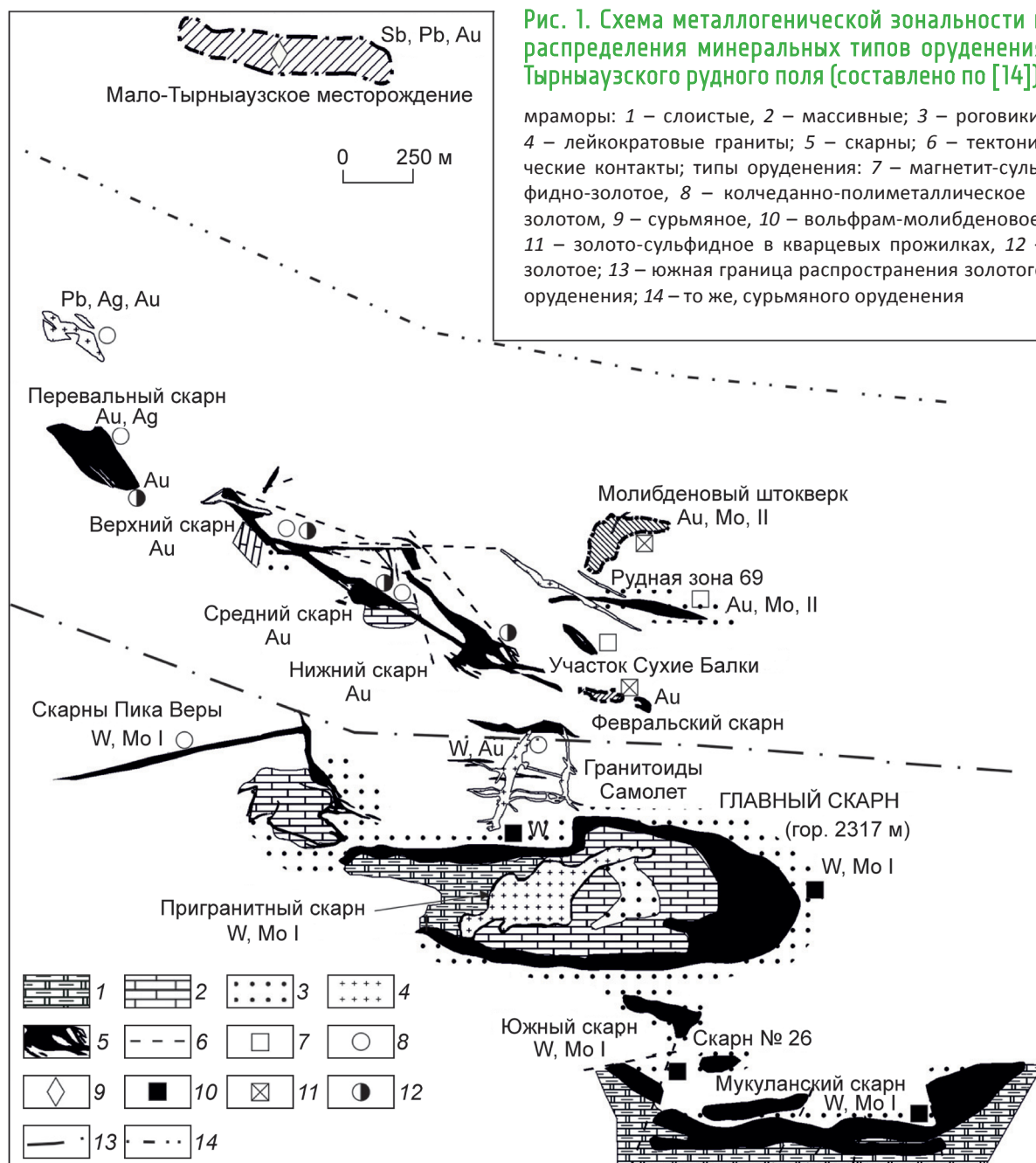
цами Бечасынской зоны, южная – тектоническим контактом, по которому древние метаморфические и гранитоидные породы Главного хребта (гранитоиднейсы) надвинуты на породы Передового хребта. Ниже приведена стратиграфическая последовательность формирования отложений рудного поля (снизу вверх) [2, 5, 12, 14, 20 и др.]: филлиты (артыкчатская свита), вулканогенная толща (кызылкольская, эльмезтюбинская), терригенно-карбонатная толща (гаралыкайская, чимуллярская, колсуйская), песчаники и сланцы ранней юры (мукуланская). В северном блоке филлиты отделяются от кристаллических сланцев толщей конгломератов, песчаников и сланцев среднего и позднего карбона, на юге – сменяются вулканогенными породами, на востоке представленными эффузивами с преобладанием лав среднего и основного составов, на западе – туфогенными породами и плагиоклаз-пироксеновыми порфиритами. Вулканогенные породы в центральной части претерпели интенсивный метаморфизм и превратились в амфибол-биотитовые и биотитовые роговики [12]. На роговики позднее наложилось контактово-метасоматическое и гидротермальное образования (в хронологическом порядке): околоскарновые пироксен-плагиоклазовые роговики, скарны ильваит-эпидот-магнетит-гранат-пироксенового состава, послескарновые хлорит-кварц-кальцитовые и кварц-полевошпатовые метасоматиты, жильно-прожилковые зоны окварцевания, карбонатизации и сульфидизации.

Интрузивные образования рудного поля подразделяются на два разновозрастных комплекса. К раннему комплексу относятся дайки ультрабазитов, диабазов и спессартитов раннегерцинского и каледонского возрастов, к позднему – неинтрузивные лейкократовые гранитоиды, эльджуртинские граниты и риолиты тырнаузского комплекса. К-Ar методом определен возраст лейкократовых гранитоидов 20 млн лет, эльджуртинских гранитов – 1,8–2,0 млн лет, риолитов – 1,5–1,8 млн лет.

Согласно данным специализированных исследований Тырнаузской рудно-магматической системы [18], имело место гидротермально-пневматолитовое рудообразование в условиях

литостатической разгрузки при длительном и неравномерном воздымании блоков горных пород. Как полагает В.И.Старостин с соавторами, рудоотложение происходило на уровнях насыщения, которые, перемещаясь в пространстве, создавали рудную зональность. Это подтверждают особенности пространственного распределения различных типов оруденения в пределах Тырнаузского рудного поля (рис. 1). В эпицентре оруденения, расположенного к юго-востоку от изучаемой площади, в центральной части Тырнаузского месторождения развиты Mo-W руды, сменяющиеся в север-северо-западном направлении золотыми, а далее свинцовыми и сурьмяными. Это свидетельствует о наличии единой рудно-магматической системы, функционирование которой в альпийскую эпоху привело к отложению различных типов руд в разных температурных зонах экзоконтактной области интрузии. В соответствии с существующими схемами гипогенной зональности в высокотемпературной области отложились шеелит, молибдошеелит, молибденит, среднетемпературной – самородное золото, затем – галенит, сфалерит, халькопирит, пирит, теллуриды золота, низкотемпературной – джемсонит, антимонит, электрум, минералы серебра.

По результатам металлометрического опробования, геофизических и горно-проходческих работ ООО «Каббалкгеология» в пределах северного фланга Тырнаузского рудного поля локализована Зыгыркольская зона протяженностью >2 км при ширине от 200 до 500 м. В пределах зоны выделены четыре участка, отвечающие по комплексу признаков рудным телам, – Нижний, Средний, Верхний, Перевальный. На поверхности они представлены четырьмя выходами скарнов с соответствующими названиями. Зыгыркольская зона сложена комплексом среднепалеозойских пород – серыми до темно-серых слоистыми мраморизованными известняками и перекрывающими их мелкообломочными, часто также слоистыми, зеленовато-серыми туфами и лавами плагиоклазовых порфиритов, кварцевых диоритов, реже авгитовых порфиритов с редкими невыдержанными прослоями серых филлитовидных сланцев мощностью от 2–3 до 10–20 м.



Весь комплекс осадочных и вулканогенных пород Зыгиркольской зоны смят в синклинальную складку северо-западного простирания, в ядре которой обнажаются мраморизованные известняки, а на крыльях – вулканогенные породы с прослоями филлитовидных сланцев. В юго-западном крыле складки породы падают по азимуту 280–290° под углом 10–20°. Азимут

падения северо-восточного крыла 60–80°, углы падения 30–40°. Осевая поверхность складки представлена мощной тектонической зоной дробления, которая отчетливо фиксируется на поверхности и косвенно подтверждается на глубине зоной интенсивного поглощения бурового раствора. В северо-западном направлении ось складки воздымается под углом ~10°, в то вре-

мя как рельеф в этом же направлении имеет крутизну $\sim 20^\circ$. Следовательно, относительно рельефа ось складки испытывает погружение. Юго-восточное продолжение Зыгыркольской зоны, очевидно, переходит на правый борт долины р. Тырныауз-су и, вероятно, доходит до Центрального разлома Тырныаузского рудного поля. Подтверждением этого могут служить наличие на ее продолжении крупного карстового источника и значительный интервал тектонических брекчий в скв. 134 ГРЭ Тырныаузского комбината. Мощность описываемой зоны дробления достигает 100 м и более.

Интенсивно дробленные породы зоны разлома «залечены» пироксен-гранатовыми скарнами, о чем говорит присутствие тектонических брекчий, состоящих из обломков известняков, туфов и андезитов кызылкольской и эльмез-тюбинской свит, сцементированных метасоматитами. Последнее хорошо видно в расчистках П-Р-16 и П-Р-31, пройденных соответственно по Нижнему и Среднему телам золотоносных метасоматитов. В пределах разлома фиксируются дайки аплитовидных лейкократовых гранитов тырныаузского комплекса.

Среди скарнов Зыгыркольской зоны выделяются существенно пироксеновые, гранатовые, гранат-пироксеновые и пироксен-гранатовые. Они в разной степени подверглись более поздним гидротермально-метасоматическим изменениям, в результате чего образовались крупнокристаллические геденбергитовые скарны с ильваитом и кальцитом, бурые гранатовые (андрадитовые) с магнетитом и сульфидами, а также эпидотовые апоскарновые метасоматиты. В Нижнем скарне (см. рис. 1) преобладают пироксен-гранатовые, местами чисто гранатовые разности, в Среднем – гранат-пироксеновые и пироксеновые, а также крупнокристаллические геденбергитовые. Верхнее и Перевальное тела скарнов сложены преимущественно пироксеновыми в основном эпидотизированными разностями.

В ходе проведенных нами исследований изучены минеральный и химический составы, геологические условия локализации, поисковые предпосылки и признаки оруденения золото-скарнового типа на Северном фланге Тырныауз-

ского рудного поля [6, 8–10, 16, 17, 19]. В результате предложена прогнозно-поисковая модель золотого оруденения, необходимая для повышения эффективности и снижения рисков на всех стадиях дальнейших поисковых и геологоразведочных работ. Поскольку наиболее эффективны комплексные модели [7], обобщены результаты исследования геологических, минералогических, геохимических и геофизических признаков с учетом генезиса оруденения.

Наши представления о генезисе золотого оруденения в скарнах северного фланга Тырныаузского рудного поля основываются на очевидной связи скарнообразования с интрузивными процессами, однозначно установленной исследователями вольфрам-молибденового оруденения [2, 5, 12–15, 18]. При этом, как показано в работе [13], магматические породы, формирующиеся в последовательном ряду лейкократовые граниты – эльджуртинский гранит – риолиты, парагенетически связаны со скарнами, но основные скарновые тела Тырныаузского месторождения (Главный скарн, Слепая залежь и др.), а также скарны Зыгыркольской зоны располагаются вне непосредственного контакта с изверженными породами. Только два маломощных скарновых тела (Пригранитный и Эльджуртинский) локализованы в непосредственном контакте с гранитами. Поэтому предполагается, что образование основных скарновых тел Тырныаузского рудного поля обусловлено активизацией глубинного магматического очага, которая началась с внедрения пока не вскрытой на современном денудационном уровне гранодиоритовой интрузии [5, 13].

В качестве показателя длительного функционирования магматического очага могут рассматриваться лейкократовые граниты «Паука», северного фланга рудного поля и др. Они секут отдельные тела скарнов, в том числе рудоносных (скарны балки № 1, Северный скарн, скарны Зыгыркольской зоны и др.). В свою очередь, лейкократовые граниты пересекаются кварц-молибденитовыми и скарновыми прожилками, кроме того на них накладывается кварцево-прожилковая, сульфидная и золото-серебряная минерализация. Таким образом, они являются интраскарновыми и интарудными образова-

Минералы	Ассоциации рудных минералов				
	магнетитовая	арсенопирит-пиритовая	полиметаллическая	теллуридная	сульфо-антимонитовая
Магнетит	■				
Гематит	■				
Мушкетовит	■				
Пирит		■			■
Арсенопирит		■			■
Пирротин		■	■		
Халькопирит			■		
Сфалерит			■		
Галенит			■		
Теннантит			■		
Борнит			■		
Тетрадимит				■	
Жозеит				■	
Калаверит				■	
Бурнонит					■
Буланжерит					■
Антимонит					■
Киноварь					■
Алабандин					■
Бертьерит					■
Висмут самородный	■				
Золото самородное	■			■	
Температура декрипитации	магнетита 490–200°C	арсенопирита 425–175°C	сфалерита 275–125°C		антимонита 125–75°C

Рис. 2. Схема последовательности отложения минералов, выделенных в пределах золотоносных участков северного фланга Тырнауэзского рудного поля

ниями и формировались в продуктивном разрезе рудного поля с некоторым запозданием по сравнению со скарнами [14].

В целом по данным исследователей [14], в геологической истории становления Тырнауэзского рудного поля можно выделить пять основных этапов, связанных с развитием тырнауэзского магматического комплекса.

Первый этап – метаморфический, когда под воздействием теплового глубинного потока, связанного с предполагаемой гранодиоритовой интрузией, вмещающие породы были перекристаллизованы с образованием биотитовых, амфиболовых, пироксен-плагиоклазовых роговиков по силикатным породам и мраморов по карбонатным. Возможно, в этот или в начале следующего этапа возникли скарноиды везувиан-волластонит-пироксен-гранатового состава.

Второй этап – собственно скарновый, инфильтрационно-метасоматический, соответству-

ющий ранней щелочной стадии метасоматоза. В первую (дорудную) стадию скарнового этапа образовалась основная масса преимущественно гранат-пироксеновых мелкозернистых скарнов по пироксен-плагиоклазовым роговикам. В этот, а возможно, и в конце предыдущего этапа отлагался высокотемпературный магнетит. Во вторую стадию этапа проявился постскарновый высокотемпературный метасоматоз с образованием пироксен-плагиоклазовых метасоматитов с шеелитом и молибдосеелитом, формированием, возможно, основной массы редкометального оруденения. Данная стадия завершилась отложением в скарнах также магнетита, пирита и предположительно самородных золота и висмута.

Третий этап – магматический лейкогранитовый, в первую стадию которого внедрялось большое количество даек и неправильной формы трубообразных тел лейкократовых и апли-

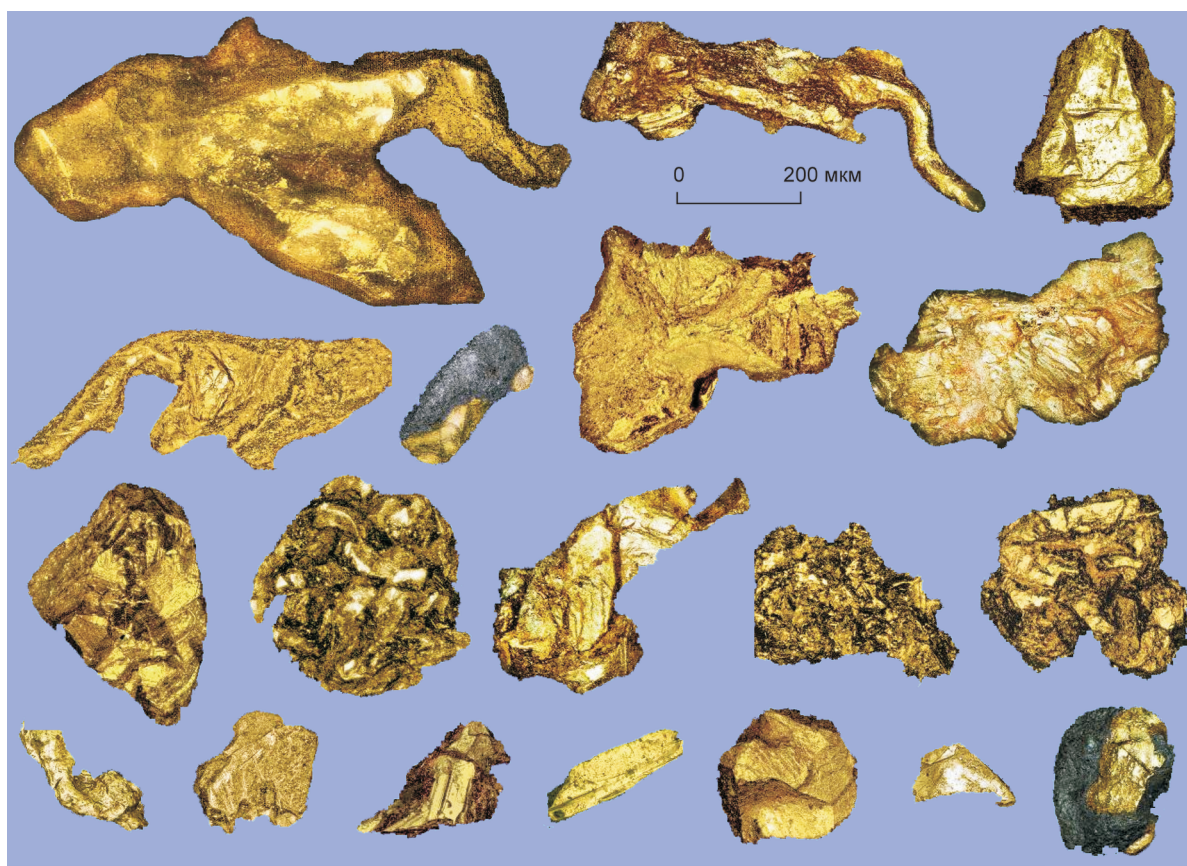


Рис. 3. Частицы самородного золота из золото-скарновой руды Нижнего участка Зыгиркольской зоны

товидных гранитов. Во вторую стадию этапа образовались маломощные (по сравнению с «межформационными» пластовыми телами скарнов второго этапа) биметасоматические пригранитные ассиметричные (зональные) скарны с наложенным на них редкометальным оруденением. Позднее на лейкократовые граниты, а также на метаморфизованные ультрабазиты и биотитовые роговики наложился кварц-плагиоклазовый метасоматоз с прожилково-вкрапленным молибденовым оруденением. Следующая, грейзеновая, стадия сопровождается отложением кварца, альбита, мусковита и флюорита. Ее сменяет колчеданная стадия (пирит, арсенопирит). Завершился этап замещением ультрабазитов тальком с хлоритизацией и появлением флогопита в ранних минеральных образованиях.

Четвертый этап – магматический эльджуртинский – включает пять последовательных ста-

дий: внедрения; образования биметасоматических приконтактовых с мраморами маломощных гранат-пироксеновых скарнов с отложением в них шеелита и молибденита в непромышленных объемах, а также магнетита; медно-полиметаллическую с золотом и серебром (халькопирит, сфалерит, галенит, теннантит, самородное золото, висмутин, тетраэдрит, жозеит и другие теллуриды золота и висмута, борнит, пирротин); сульфоантимонитовую с золотом и серебром (антимонит, джемсонит, серебро, теллуриды золота); кварц-карбонатную (кварц, карбонат, серебро).

Процесс магматической деятельности завершает пятый, эффузивно-субвулканический, этап, включающий стадию становления штоков и даек риолитов и локально проявленную стадию низкотемпературных и гидротермальных образований с кварцем, флюоритом, пирротинном, тунгستنитом и золотом.

1. Прогнозно-поисковая модель оруденения золото-скарнового типа Тырнаузского рудного поля

<i>Характеристика объекта и его пространственное положение</i>	
Модельный объект	Зыгыркольская рудная зона, северный фланг Тырнаузского рудного поля
Геотектоническая позиция	Область сопряжения северного фланга зоны Передового хребта общекавказского простираения с поперечным Транскавказским поднятием
Металлогеническая позиция	Сопряжение широтной герцинской металлогенической зоны Передового хребта с меридиональной альпийской Центрально-Кавказской металлогенической зоной
Минимальное среднее содержание Au в рудных телах при бортовом 0,5 г/т	2,13 г/т
Минеральный состав руд (по возрастаню)	Золото, самородный висмут, теллуриды висмута и золота, марказит, пирит, арсенопирит, кварц, кальцит, пироксены, гранаты андрадит-гроссулярового ряда
Минерально-морфологический тип руд	Убогосульфидный (сульфидов <1%), вкрапленный и прожилково-вкрапленный со свободным (амальгамируемым) золотом
Формационный тип руд	Убогосульфидный
Геохимический тип руд	Золотой (Au/Ag>1)
Геохимический подтип руд	Золото-висмута-теллуридовый
Формационный тип месторождения	Малых глубин (близповерхностный)
Геолого-промышленный тип месторождения	Золото-скарновый
<i>Поисковые предпосылки</i>	
Формационные	Альпийский гранитовый Тырнаузский магматический комплекс
Магматические	Ареалы альпийских даек и мелких штоков аплитовидных и лейкократовых гранитов
Метаморфические	Масштабные проявления контактово-термального и контактово-метасоматического метаморфизма
Структурные	Крутые зоны дробления и трещиноватости северо-западного простираения и оперяющие их нарушения; контакты карбонатных и силикатных пород
<i>Поисковые признаки</i>	
Гидротермально-метасоматические	Апороговиковые скарны пироксен-гранатовые, гранатовые, пироксеновые
Минералогические	Наличие самородного золота, самородного висмута и теллуридов золота и висмута
Геохимические	Контрастные аномалии Au, Ag, Bi, Cu, Zn, As, Pb, Sb во вторичных ореолах, отвечающие зонам метасоматитов и гидротермально переработанных пород
Геофизические	Локальные магнитные аномалии, отвечающие телам скарнов

Проведенные минералогические и геохимические исследования позволяют предположить, что отложение золота происходило в заключительные стадии каждого из перечисленных этапов. Наиболее продуктивными из них, как и в отношении вольфрама и молибдена, являются

первый этап с отложением самородных золота и висмута и второй – теллуридов висмута, золота и серебра (рис. 2).

Таким образом, золоторудная минерализация северного фланга Тырнаузского рудного поля сформировалась в альпийскую минераге-

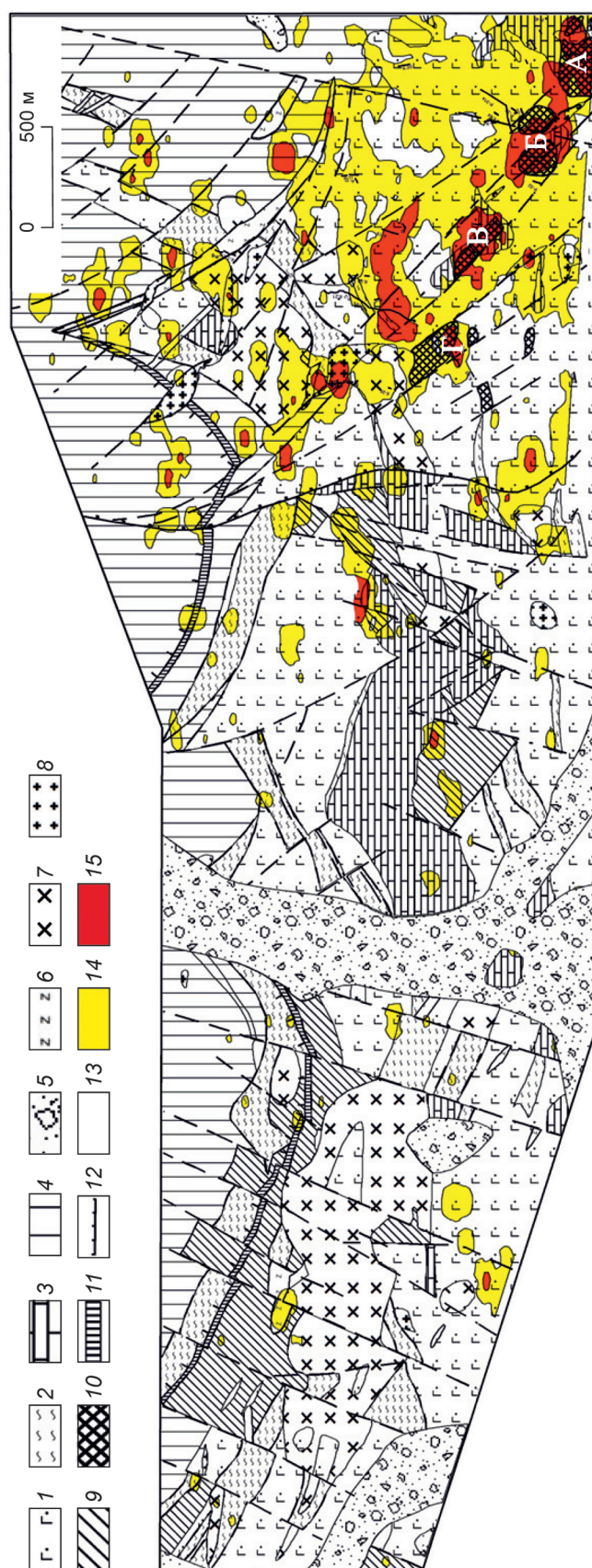


Рис. 4. Геологическая карта северного фланга Тырныузского рудного поля с данными по содержанию золота во вторичных ореолах рассеяния:

стратифицированные геологические комплексы: 1 – осадочно-вулканогенный, D_2 , 2 – морской терригенный, D_3 , 3 – карбонатный, $D_3 - C_1$, 4 – континентальный обломочный, $C_2 - C_3$, 5 – горно-ледниковых отложений, Q_{3-4} ; интрузивные комплексы: 6 – уллу-таллыкольский гипербазитовый, PZ_3 , 7 – чучкурский диорит-гранодиорит-порфировый гипабиссальный, $P-T$, 8 – тырныузский лейкократово-гранитовый, N ; 9 – кварц-карбонатные метасоматиты; 10 – скарны (А – Нижний, Б – Средний, В – Верхний, Г – Перевальный); 11 – листвентилизированные милониты; 12 – разрывные нарушения; содержание Au во вторичных ореолах рассеяния, г/т: 13 – $<0,01$, 14 – $0,01-0,1$, 15 – $\geq 0,1$



2. Осредненные результаты замеров магнитной восприимчивости горных пород и руд
в естественном залегании

Породы	Неровности замеряемой поверхности, мм	Число замеров	Магнитная восприимчивость в ед. СИ		
			min	max	Среднее
Андезит	1–2	43	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$6,4 \cdot 10^{-4}$	$5,7 \cdot 10^{-4}$
Филлитовидный аргиллит	1–2	21	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$
Гравелит	2–3	17	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$
Мрамор	0–1	20	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$8,0 \cdot 10^{-5}$	$7,5 \cdot 10^{-5}$
Сerpентинит	2–3	24	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$4,1 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-2}$
Кварцевый диорит	1–2	21	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$
Лейкократовый гранит	1–2	12	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-4}$
Аплит	0–2	22	$<1,0 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Гранатовый скарн	1–2	20	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$8,3 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$
Пироксен-гранатовый скарн	2–3	30	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
Геденбергитовый скарн	2–3	16	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$4,6 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-2}$
Скарнированный туф	1–2	21	$8,3 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$

ническую эпоху в результате тектономагматической активизации в связи с эволюцией тырныаузского магматического комплекса. Это привело к появлению обширного ореола ороговивания, неоднократному образованию скарнов, постскарновых гидротермалитов и рудной минерализации на фоне развития зон крупных сколовых разрывных нарушений комбинированного типа (надвигов, взбросов и сдвигов) северо-западной ориентировки в условиях тангенциального сжатия по субширотной оси. Наиболее масштабная Зыгиркольская зона выполняла роль рудоподводящей структуры. По открывающимся трещинным зонам происходила опережающая миграция пневматолитовых фаз и гидротермальных растворов, в том числе золотоносных, из глубинного магматического очага.

Самородное золото отлагалось неоднократно, что зафиксировано по минераграфическим данным его приуроченностью к различным минеральным ассоциациям. Так, в пределах Тырныаузского рудного поля выделены семь золотоносных ассоциаций [14]: пироксен-гранатовая в скарнах; кварц-молибденитовая; кварц-арсенопиритовая; кварцевая; кальцит-полевошпатовая; кальцит-тетрадимитовая; кальцит-пироксеновая в гидротермально изменен-

ных зонах. По минералогическим и химико-аналитическим данным, а также результатам изучения технологической пробы установлено, что основное богатство скарновых руд Зыгиркольской зоны определяется частицами самородного золота мелких классов. Содержание микроскопического Au ($<0,1$ мм) составляет ~60%, видимого (0,1–1,0 мм) ~40%. В сульфидах и теллуридах заключено не более 5% золота.

Наиболее распространено самородное золото, выделившееся раньше пирита, арсенопирита и других сульфидов. Оно связано с пироксен-гранатовой ассоциацией скарнов и представлено отдельными идиоморфными вросками в породообразующих минералах скарнов и ксеноморфными относительно изометричными зернами в интерстициях (рис. 3). Отмечаются также кристаллические индивиды в форме ромбо-додекаэдров.

По результатам проведенных исследований разработана прогнозно-поисковая модель оруденения золото-скарнового типа, которую можно распространить на все Тырныаузское рудное поле (табл. 1). Принципиально новым в этой модели является представление о вещественном составе объекта прогноза и поисков. Впервые конкретизированы формационный – близпо-

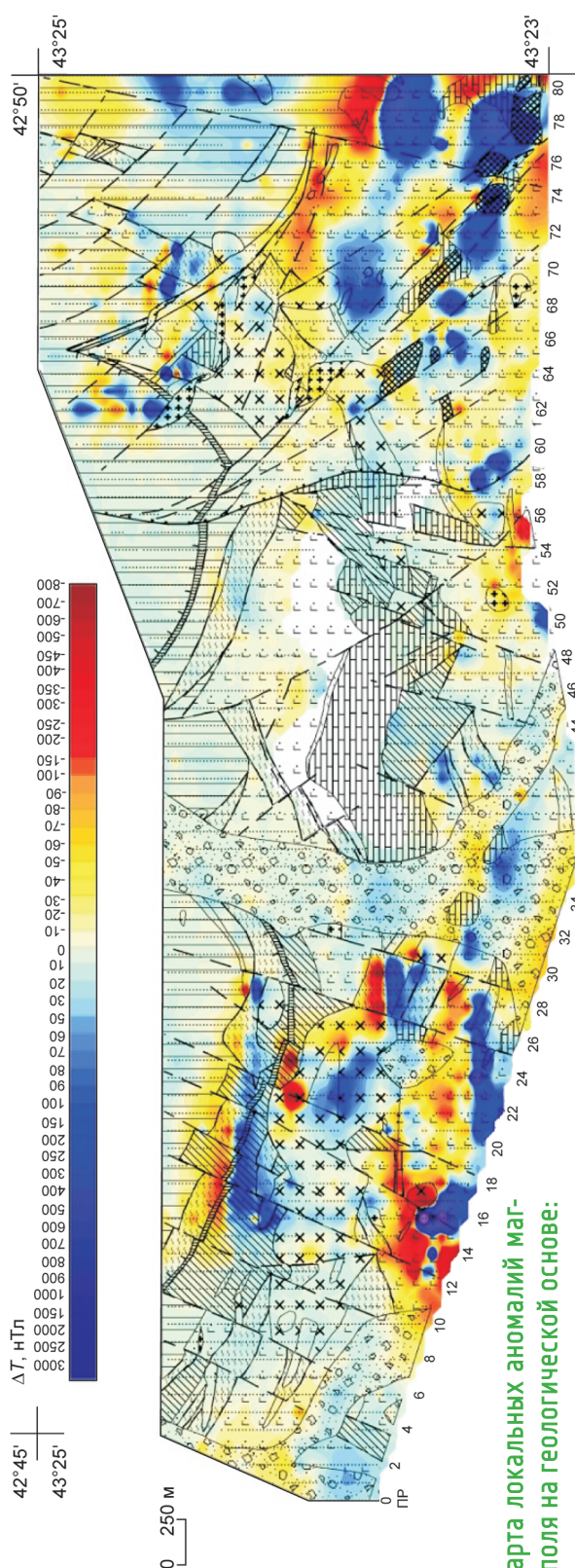


Рис. 5. Карта локальных аномалий магнитного поля на геологической основе:

усл. обозн. см. рис. 4

верхностный и геолого-промышленный – золото-скарновый типы предполагаемого месторождения.

Новым является и определение формационного – убогосульфидный и геохимического – золотой типов руд. В предыдущей модели объектом поисков предполагались участки сульфидной и кварцево-прожилковой минерализации, с которыми связывалось золотое оруденение.

Предложенная модель расширяет перспективы обнаружения золотого оруденения Тырныаузского рудного поля за счет включения в объекты поисков многочисленных участков скарнов без признаков сульфидной и прожилково-кварцевой минерализации. В качестве главной поисковой предпосылки обоснована связь золотого оруденения с тырныаузским магматическим комплексом альпийского возраста. Ранее допускалась возможность связи золотого оруденения с позднегерцинскими кварцевыми диоритами чучкурского комплекса [1, 20].

Получены геохимические доказательства связи золотого оруденения Тырныаузского рудного поля с альпийским магматизмом [10]. Изучена восточная часть Передового хребта от р. Ташорун до р. Тырныауз-су, где более всего развиты позднегерцинские кварцевые диориты чучкурского комплекса (рис. 4). Как показал анализ распределения содержаний Au во вторичных ореолах рассеяния, аномальные их значения установлены только в восточной половине исследуемого района (восточнее р. Суарык), в той ее части, которая относится к северному флангу Тырныаузского рудного поля. В западной половине площади геохимические аномалии золота практически отсутствуют, несмотря на более широкое развитие здесь чучкурских интрузий.

Таким образом, результаты площадной геохимической съемки подтверждают, что золотоносные минерализации северного фланга Тырныаузского рудного поля сформировались в альпийскую минерагеническую эпоху и связаны с тырныаузским интрузивным комплексом. Другие поисковые предпосылки (магматические, метаморфические, структурные) также связаны с развитием и становлением тырныаузского интрузивного комплекса.

Среди предлагаемых в модели четырех видов поисковых признаков минералогические и геохимические можно отнести к признакам, прямо указывающим на наличие золотых руд. Геохимические признаки впервые обоснованы для северного фланга Тырныаузского рудного поля. Гидротермально-метасоматические и геофизические можно отнести к косвенным поисковым признакам, поскольку они не всегда свидетельствуют о золотоносности.

В поисковом отношении важны выявление и детальное картирование геохимических аномалий золота во вторичных ореолах рассеяния, которые позволяют создать некоторую осредненную картину распределения золотоносных минерализаций в пределах поисковой площади и выделить участки, где, возможно, сконцентрирована золотоносная минерализация. Однако геохимические аномалии золота не всегда связаны с наличием рудных тел, а являются следствием миграции подвижных форм элементов и их надкларковой концентрации на геохимических барьерах. Кроме того, повышенные концентрации элементов могут представлять собой остаточные аномалии от уже денудированных рудных тел. Выяснить природу геохимической аномалии можно с помощью дорогостоящих горных выработки и относительно дешевых методов прикладной геофизики. На возможности использования геофизических данных в прогнозных целях указывается в работах [3, 4]. Отсюда следует важная в поисковом отношении задача – подобрать геофизические методы (или их комплекс) для выявления геофизических аномалий, создаваемых непосредственно потенциально золотоносными скарновыми телами или другими неоднородностями, причиной которых были процессы формирования золото-скарновых руд. Замеры (табл. 2) магнитной восприимчивости в коренном залегании показали, что все скарны, в том числе золотоносные, обладают относительно высокими ее значениями, что позволяет надежно выделять их по результатам магнитной съемки [8].

Высокой магнитной восприимчивостью, измеримой с таковой для рудоносных скарнов, обладают также скарнированные туфы и серпентиниты. Последние легко отбраковываются

по геохимическим данным [11]. В целом локальными аномалиями магнитного поля отмечаются практически все выходящие и не выходящие на поверхность скарны, в том числе золотоносные (рис. 5).

Таким образом, высокая магнитная восприимчивость рудоносных скарнов – важный поисковый признак, позволяющий в условиях плохой обнаженности, свойственной Тырныаузскому рудному полю, оценить перспективы выявления новых потенциально рудных объектов.

В соответствии с геолого-поисковой моделью наиболее рациональный поисковый комплекс включает: геохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния, высокоточную магниторазведку, картирование зон скарнирования и поисковое бурение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гурбанов А.Г., Рехарский В.И., Андрианов В.И. О временной связи вольфрамового оруденения с гранитами позднепалеозойской диорит-гранитной формации (Северный Кавказ) // Изв. АН СССР. Сер. Геология. 1992. № 6. С. 124–132.
2. Каленов А.Д. Очерк минералогии Тырныауза / Уч. зап. Кабардинского НИИ. Нальчик. 1948. Т. 3. С. 44–58.
3. Кокин А.В., Сухоруков В.И., Шишигин П.Р. Региональная геохимия (Южное Верхоянье). – Ростов-на-Дону: ООО Ростиздат, 1999.
4. Лихачев А.П., Ручкин Г.В. Использование геофизических данных для прогнозно-металлогенического районирования на примере Северного Урала // Руды и металлы. 2010. № 4. С. 56–67.
5. Ляхович В.В. Связь оруденения с магматизмом (Тырныауз). – М.: Наука, 1976.
6. Маркин М.Ю., Столяров В.В., Шишалоков И.Ю. Геологические условия локализации золотого оруденения северного фланга Тырныаузского рудного поля // Вестн. Южного научного центра РАН. 2014. Т. 10. № 2. С. 44–51.
7. Мигачев И.Ф., Волчков А.Г., Ручкин Г.В. Прогноз, поиск и оценка месторождений твердых полезных ископаемых на основе комплексных моделей // Горный журнал. 2010. № 2. С. 10–13.
8. Опыт применения крупномасштабной магнитной съемки при поисках золотого оруденения в Восточной части Передового хребта (Кабардино-

- Балкарская Республика) / А.С.Емкужев, С.Г.Парада, В.В.Столяров и др. // Геология и геофизика Юга России. 2013. № 3. С. 3–19.
9. Парада С.Г., Столяров В.В. О роли палеозойских интрузий в локализации золотоносных минерализаций на северном фланге Тырныаузского рудного поля // Вестн. Южного научного центра РАН. 2012. Т. 8. № 2. С. 33–41.
10. Парада С.Г., Столяров В.В. О связи золотого оруденения северного фланга Тырныаузского месторождения с интрузивными комплексами (Кабардино-Балкарская Республика) // Докл. АН. 2012. Т. 445. № 4. С. 437–440.
11. Проявление потенциально платиноносных гипербазитов в геохимических аномалиях Ni, Cr и Co на примере Восточной части минерагенической зоны Передового хребта (Кабардино-Балкарская Республика) / С.Г.Парада, М.Ю.Маркин, В.В.Столяров и др. // Геология и геофизика Юга России. 2014. № 2. С. 42–54.
12. Пэк А.В. Геологическое строение рудного поля и месторождения Тырныауз // Тр. ИГЕМ. М., 1962. Вып. 56.
13. Родзянко Н.Г. Распределение химических элементов в Тырныаузском скарново-рудном поле. – Ростов-на-Дону: Ростовский ун-т, 1969.
14. Родзянко Н.Г., Нефедов Н.К., Свириденко А.Ф. Редкометалльные скарны Тырныауза. – М.: Недра, 1973.
15. Соловьев С.П. Рудоносный район Тырныауз. – М.: Изд-во АН СССР, 1940.
16. Столяров В.В. Стадийность минералообразования в золотосульфидных рудах северного фланга Тырныаузского рудного поля (Кабардино-Балкарская Республика) // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2013. № 2. С. 30–33.
17. Столяров В.В., Парада С.Г. Возможности исследования морфологии и морфометрии частиц самородного золота мелких классов методом лазерной конфокальной сканирующей микроскопии // Мат-лы Всероссийской научно-практической конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России», 31 марта – 2 апреля 2015 г. Якутск, 2015. С. 468–471.
18. Структурно-петрофизический анализ Эльджуртинского гранитного массива, Тырныаузское рудное поле (Северный Кавказ) / В.И.Старостин, Р.Н.Соболев, О.В.Кононов и др. // Вестн. МГУ. Сер. Геология. 1994. № 1. С. 58–70.
19. Тарасов В.А., Емкужев М.С., Парада С.Г., Столяров В.В. Геофизические методы при поисках золоторудной минерализации на флангах Тырныаузского рудного узла // Вестн. Воронежского гос. ун-та. Сер. Геология. 2015. № 1. С. 109–117.
20. Ящинин С.Б. Геология, металлогения, рудноминеральные ресурсы Северного Кавказа в начале XXI века. – Ессентуки: Кавказгеология, 2008.

Столяров Владимир Владимирович
v.stolyarov@bk.ru

PREDICTIVE EXPLORATION MODEL OF AURIFEROUS SKARNS, TYRNYAUZ ORE FIELD, KABARDINO-BALKARIA

V.V.Stolyarov

New data obtained on composition and formative environment of gold ore that occurs in the north of the Tyrnyauz ore field gave birth to a predictive exploration model of the auriferous skarn mineralization, which is unusual for the region. The free gold present in the local ore is readily extractable using amalgamation. As demonstrated, a set of specified geological, mineralogical, geochemical, and geophysical signatures is related to Alpine Tyrnyauz Complex.

Key words: predictive exploration model, gold, skarn, geochemical, anomaly, magnetic fields, Northern Caucasus, Tyrnyauz.