

Тим-Ястребовская структура Курской магнитной аномалии: геология, тектоника, глубинное строение, геохимия и минерагения

© В. К. Кушнеренко, 2013

РГЭЦ, филиал ФГУПП "Урангеология", Санкт-Петербург, Россия

Поступила 10 мая 2011 г.

Представлено членом редколлегии М. И. Орлюком

За результатами комплексної інтерпретації гравіметрових і магнітометричних даних та сейсмічних характеристик Тим-Ястребовська структура розміщується в межах Оскольського рудного району КМА (Воронезький кристалічний масив) на ущільненому і магнітному фундаменті. У зв'язку з надзвичайно високими перспективами на благородні метали вуглецево-вулканогенно-теригенної формації, яка складає Тим-Ястребовську структуру, розглянуто комплекс прогнозно-пошукових критеріїв гідротермальної золото-сульфідної (з платиноїдами) рудної формації.

The Tim-Yastrebovskaya structure is located in the Oskol Ore Province of the KMA (the Voronezh crystalline massif). Integrated interpretation of gravimetric and magnetometric data together with seismic characteristics, have shown that the Tim-Yastrebovskaya structure rests on a compacted magnetic basement. As the carbonaceous-volcanic-sedimentary formation, which fills the Tim-Yastrebovskaya structure, is highly promising for noble metals, forecasting-exploration criteria for hydrothermal gold-sulphide ore formation (with platinoids) are discussed.

Металлогеническая провинция Курской магнитной аномалии (КМА) — уникальная в плане рудоносности структура, связанная с ранним протерозоем, на протяжении которого были сформированы геохимически и металлогенически специализированные формации, к которым приурочены месторождения железа, золота, платины и т. д. Следовательно, изучение минерагенической специализации в связи с геолого-тектоническим строением и глубинными разломами позволит ответить на ряд важных вопросов ее генезиса и возможности сопоставления с подобными структурами в других геологических регионах.

Возможным аналогом Онежской палеопротерозойской структуры является Тим-Ястребовская структура, расположенная в пределах Оскольского рудного района КМА (Воронезьский кристаллический массив).

В **геодинамическом плане** Тим-Ястребовская структура представляет собой один из наложенных эпикраторных прогибов (протоавлакоге-

нов) кристаллического фундамента Восточно-Европейской платформы, испытавших влияние свекофенской эпохи протоактивизации (1,9—1,7 млрд лет) (рис. 1). Подобные прогибы формируются в составе раннепротерозойских подвижных поясов, обычно приуроченных к региональным зонам глубинных разломов и выполаженных (снизу вверх) конгломерат-песчаниковой, терригенно-джеспилитовой, углеродисто-терригенно-карбонатной и углеродисто-вулканогенной формациями.

В **стратиграфическом отношении** перечисленные осадочные и вулканогенные формации соответствуют **курской и оскольской сериям** раннего протерозоя, которые, в свою очередь, подразделяются на свиты. Нижняя часть курской серии представлена *стойленской свитой* (PR₁ st), соответствующей конгломерат-песчаниковой формации. Стойленская свита залегает на любых образованиях архейского возраста с резким стратиграфическим и угловым несогласием, причем на породах архея, как пра-

вило, развита "докурская" метаморфизованная кора выветривания. Стойленская свита отчетливо делится на две подсвиты.

Нижняя подсвита (песчаниковая формация) мощностью до 350 м сложена главным образом кварцевыми и полевошпат-кварцевыми песчаниками, содержащими в нижних частях разреза прослой и линзы конгломератов, метагравелитов, фукситовых имусковитовых метапесчаников, а в верхних — прослой сливных кварцитов, кварц-серицитовых, кварц-биотитовых и кварц-амфибол-биотитовых сланцев. Состав галек и заполнителя на 95—100 % кварцевый. Цемент слюдисто-кварцевый. В цементе распространены сульфиды, содержание которых обычно составляет первые проценты, иногда достигая 15—17 % от объема породы. Мощность пластов конгломератов колеблется от десятков сантиметров до 3 м, иногда до 40 м. В разрезе может встречаться несколько пластов конгломератов. Детальное изучение этих отложений позволило сделать вывод, что они образовались в локальных водных бассейнах за счет размыва химически зрелых кор выветривания пород архея. Время седиментации конгломератов по свинцово-урановому методу оценивается около 2610 ± 100 млн лет.

Залегающая согласно верхняя подсвита (сланцевая подформация) мощностью до 500 м представлена филлитовидными кварц-серицитовыми, кварц-биотитовыми и кварц-двуслюдяными сланцами, иногда углеродистыми ($C_{орг} 0,3—0,6$ %). В верхах разреза отмечаются прослой безрудных кварцитов. Общая мощность сланцевой подформации достигает 500 м. Высокоглиноземистый состав сланцевой подсвиты свидетельствует об образовании ее за счет размыва древних каолинистых кор выветривания.

Стойленская свита по своему составу и стратиграфическому положению уверенно сопоставляется с *янгозерской свитой* Онежской структуры.

Терригенно-джеспилитовая формация в составе раннепротерозойской курской серии на КМА — единственная, железистые кварциты которой являются в настоящее время промышленными рудами на железо. Стратиграфически формация соответствует *коробковской свите* (PR_1kr), которая залегает на стойленской свите в основном согласно, хотя наличие в подошве железистых кварцитов горизонтов метапесчаников (иногда конгломератов) указывает на существование локальных перерывов.

В целом терригенно-джеспилитовая формация имеет отчетливое трехчленное строение:

- 1) нижняя часть (нижний железистый горизонт) общей мощностью до 200 м сложена слабобурными силикатно-магнетитовыми и карбонатно-магнетитовыми кварцитами с прослоями силикатных сланцев;
- 2) средняя часть (средний сланцевый горизонт) мощностью до 100 м сложена филлитовидными слюдистыми и амфиболовыми, иногда углеродистыми сланцами ($C_{орг} 0,6—1,3$ %). Последние повсеместно содержат мелкокрапленный сингенетический пирит, а содержание сульфидной серы в них достигает 1,7—2,0 %;
- 3) верхняя часть (верхний железистый горизонт) мощностью от 80 до 300 м представлена железно-слюдково-магнетитовыми, магнетитовыми и подчиненными им силикатно-магнетитовыми кварцитами.

Железистые кварциты составляют 40—90 % мощности формации. Это тонко- до грубослоистых мелко- и среднезернистые породы, состоящие из кварца (30—50 %), магнетита и гематита (10—60 %) и подчиненного количества силикатов (актинолит, щелочные амфиболы, куммингтонит, эгирин и др.) и карбонатов.

Локализация образований терригенно-джеспилитовой формации в приразломных и надразломных синклинальных структурах, обычно трассирующих зоны глубинных разломов, проникающих в верхнюю мантию, образование наиболее крупных железорудных узлов в местах пересечения и сочленения этих разломов, резкая смена мощности, вещественного состава даже на близко расположенных участках и другие особенности достаточно обоснованно подтверждают значительную роль вулканогенных процессов в формировании железистых кварцитов.

По своему стратиграфическому положению колобовская свита с некоторой долей условности может быть параллелизована с *туломозерской свитой* Онежской структуры.

Углеродисто-терригенно-карбонатная и углеродисто-вулканогенно-терригенная формации в стратиграфическом отношении соответствуют *роговской* (PR_1rg), *тимской* (PR_1tm) и *екатериновской* (PR_1ek) свитам, объединенным в *оскольскую серию* (PR_1os), которая по составу и стратиграфическому положению почти аналогична *заонежской свите* и вышележащим образованиям *суйсария*. Образования оскольской серии залегают в целом согласно на кварцитах верхнего железистого горизонта и пространственно тесно связаны с образованиями курской серии, выполняя наиболее круп-

ные впадины (грабен-синклинали) с длительным устойчивым прогибанием.

Стратиграфическим аналогом углеродисто-терригенно-карбонатной формации является *роговская свита* (PR₁rg), отложения которой непосредственно перекрывают железистые кварциты терригенно-джеспилитовой формации. Породы роговской свиты представлены в нижней части преимущественно терригенными фациями, а в верхней — карбонатными. Вместе с тем карбонатная составляющая преимущественно в форме железистого доломита — в той или иной мере постоянный компонент почти всех пород свиты.

Терригенная часть формации сложена в основном сланцами с подчиненными прослоями карбонатных пород, амфиболитов и пачкой метаконгломератов в основании. Сланцы по составу являются кварц-серицитовыми, кварц-хлорит-серицитовыми с примесью магнетита (10—15%), нередко карбонатсодержащими и углеродистыми. Среди аксессуаров в значительном количестве встречаются апатит, циркон и турмалин.

Верхняя карбонатная часть формации состоит из кальцит-доломитовых мраморов и кальцифиров с прослоями терригенных, часто углеродсодержащих сланцев, метаалевролитов, метапесчаников и метатравелитов.

В целом разрез формации имеет ритмично-циклическое строение. Нижние части ритмослов сложены более грубообломочными породами, постепенно сменяющимися карбонатными и пелитовыми осадками с примесью углеродистого материала. Углеродистые сланцы являются закономерной составляющей разреза и слагают верхние части ритмослов. Количество углеродсодержащих пород в разрезе максимальной мощностью до 800 м от 10 до 30%.

Флишеидный характер строения формации, косая слоистость, смешанный состав пород, повсеместное присутствие доломита свидетельствуют о формировании пород из слабозрелых продуктов переотложенных кор выветривания в субаридных климатических условиях.

Углеродисто-терригенно-вулканогенная формация по доминирующим ассоциациям пород отчетливо подразделяется на две субформации: нижнюю углеродисто-терригенную и верхнюю вулканогенную.

Углеродисто-терригенная субформация стратиграфически соответствует *тимской свите* (PR₁tm). Породы тимской свиты согласно с постепенным переходом залегают на отложениях роговской свиты и представлены черными

и темно-серыми углеродистыми, часто сульфидизированными сланцами с подчиненными прослоями метапесчаников, кварцитов, силикатно-карбонатных пород, мраморов и зеленых сланцев (метатуфитов). Углеродистые сланцы кварц-биотитовые, кварц-серицитовые, иногда доломитсодержащие, нередко амфиболитизированные, местами встречаются более метаморфизованные биотит-гранат-углеродистые сланцы, с которыми связана повышенная марганценосность. Все разновидности углеродистых сланцев обогащены сульфидами, количество которых коррелируется с содержанием углеродистого вещества. Сульфидная минерализация представлена пиритом, пирротинном, в меньшей мере сфалеритом, арсенопиритом, галенитом, халькопиритом. Суммарное количество сульфидов в среднем составляет 10%, однако некоторые горизонты высокоуглеродистых сланцев ($C_{орг} \geq 10\%$) обогащены сульфидами до 20—30% и более, вплоть до образования сплошных сульфидных тел. Углеродистое вещество обычно тонко рассеяно, но нередко образует линзовидно-струйчатые выделения, а также номинеральные графитовые скопления мощностью до 10 см. В углеродистых сланцах обнаружены также углеродисто-фосфатные стяжения. К верхам тимской свиты количество углеродистых сланцев уменьшается за счет безуглеродистых гранат-кварц-серицитовых сланцев, кварцитопесчаников и метатуфитов. В целом количество углеродсодержащих пород составляет от 30 до 70—80% общей мощности разреза (около 1000 м).

Вверх по разрезу углеродисто-вулканогенно-терригенной формации количество метавулканитов возрастает, вплоть до образования сплошных покровов, выходящих на эрозионный срез фундамента. Насыщенная метавулканитами часть разреза, соответствующая *екатериновской свите* (PR₁ek), выделена в вулканогенную подформацию. Среди вулканитов установлены метаморфизованные базальтоиды, андезиты, дациты, их метакластолавы, метатуфы и ортосланцы. Последние представлены различными зелеными сланцами: актинолит-биотит-кварц-плагиоклазовыми, кварц-актинолитовыми, актинолит-хлоритовыми, цоизит-биотит-хлоритовыми, амфиболовыми. Из рудных минералов в них преобладают титаномагнетит и ильменит (1—3%), из аксессуаров — лейкоксен, сфен и апатит.

Вулканиты образуют слабо дифференцированную серию с последовательным возрастанием кремния, алюминия, щелочей, некоторым снижением железистости, магнезиальности, кар-

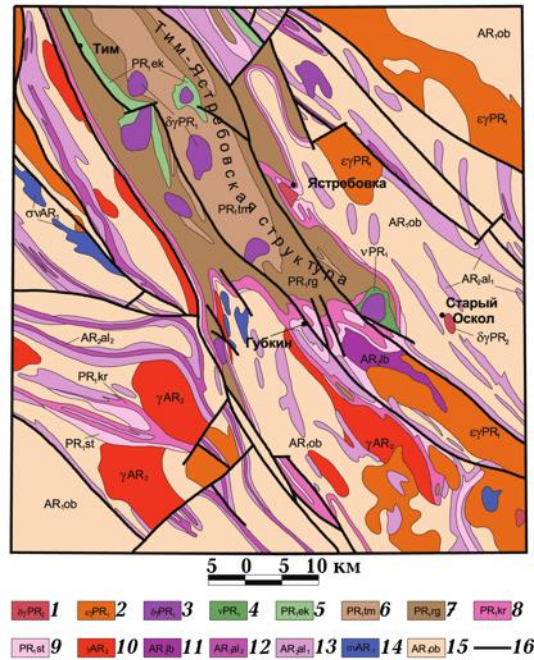


Рис. 1. Оскольский рудный район КМА. Карта геологических формаций докембрийского фундамента: 1 — лейкогранитная; 2 — мигматит-щелочногранитная; габбро-диорит-гранодиоритовая; 3 — диорит-гранодиоритовая, 4 — габбро-диоритовая; углеродисто-вулканогенно-терригенная; 5 — дацит-андезит-базальтовая; 6 — углеродисто-терригенная; 7 — углеродисто-терригенно-карбонатная; 8 — терригенно-джеспилитовая; 9 — конгломерат-песчаниковая; 10 — мигматит-плагиогранитная; спилит-кератофировая; 11 — порфириодная; 12 — метабазит-джеспилитовая; 13 — амфиболитовая; 14 — пироксенит-перидотитовая; 15 — плагиогнейсовая; 16 — разрывные нарушения.

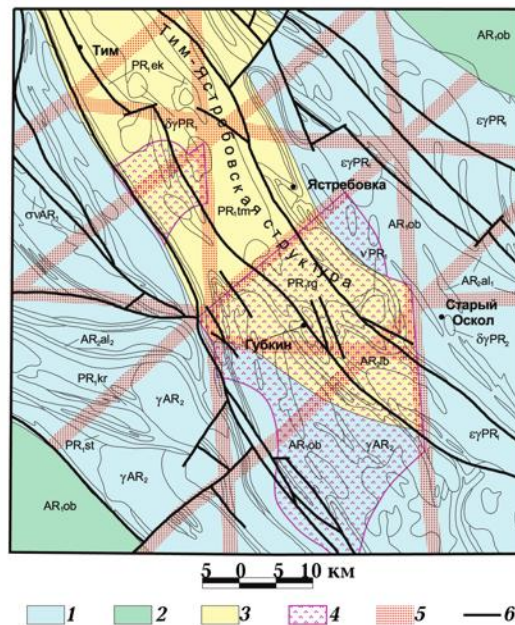


Рис. 2. Оскольский рудный район КМА. Схема геологической неоднородности земной коры. Плотностные блоки земной коры: 1 — пониженной плотности, 2 — нормальной плотности, 3 — высокоплотные, 4 — проекция на поверхность магнитоактивных образований на глубине, 5 — региональные трансформные зоны повышенной проницаемости земной коры, 6 — разрывные нарушения.

бонатности и относительно стабильным содержанием фосфора и серы. Базальтоиды по петрохимическому составу соответствуют континентальным толеитам и характеризуются относительно высоким содержанием титана, железа и натрия.

Вулканиды залегают в виде силлов и стратифицированных залежей, чередуясь в разрезе кварц-биотитовыми и двуслюдяными сланцами, часто углеродистыми ($C_{орг}$ до 5%). В низах разреза (мощностью около 300 м) преобладают терригенные породы, а в верхах (мощностью порядка 1000 м) — вулканогенные.

Таким образом, конгломерат-песчаниковая, терригенно-джеспилитовая, углеродисто-терригенно-карбонатная и углеродисто-вулканогенно-терригенная формации образуют вертикальный формационный ряд, составляющий раннепротерозойский структурно-формационный комплекс, суммарная мощность которого в пределах Тим-Ястребовской структуры по геофизическим данным достигает 7,0—7,5 км [Тарков, 1974]. В указанном объеме раннепротерозойский структурно-формационный комплекс образует верхний структурный ярус докембрийского фундамента блока КМА Воронежского кристаллического массива.

Наиболее характерными чертами структур верхнего яруса являются:

- заложение и развитие на архейской континентальной коре;
- секущий характер, резкая дискордантность и полная независимость от структур архейского основания;
- четкая пространственная и генетическая связь с зонами разломов глубокого заложения;
- полицикличность развития, обусловленная унаследованностью движений по региональным зонам глубокого заложения в различные тектономагматические этапы, разделенные перерывами, из которых наиболее четко фиксируется перерыв между формированием позднеархейских зеленокаменных образований и раннепротерозойских терригенных формаций;
- многократные контрастные глыбовые перемещения типа "клавишных", приводящие к различной интенсивности тектономагматических процессов на территории, что обусловило специфику пространственного распределения рудных образований. В частности, при характеристике геологических формаций раннего протерозоя отмечались их изменчивость по составу, структуре и мощностям, неоднократные перерывы местного ха-

рактера, вызванные образованием в пределах бассейнов осадконакопления прибрежных и островных конседиментальных поднятий.

В **тектоническом плане** Тим-Ястребовская структура представляет собой синклинорий, вытянутый в северо-западном направлении (330—340°) более, чем на 100 км. Юго-западное крыло синклинория с углами падения пород 60—80° прослеживается без существенных нарушений на всем протяжении структуры. Северо-восточное крыло более пологое (45—65°) и осложнено флексурными перегибами и разрывными нарушениями. В центральной, ядерной, части структуры падение пород варьирует от 30—40° до 80° за счет дополнительной складчатости вдоль продольных разломов (Лебединско-Погоженского и др.). Наблюдается пологое погружение Тим-Ястребовского синклинория на северо-запад и крутое выклинивание (80—90°) в районе его южного замыкания. В этом месте структура осложнена несколькими более мелкими складками и складчатыми узлами. Среди последних могут быть упомянуты узлы Салтыковского, Коробковского и Лебединского железорудных месторождений.

Комплексная интерпретация **гравиметровых и магнитометрических** данных наряду с **сейсмическими характеристиками** позволила установить, что Тим-Ястребовская структура располагается на уплотненном и магнитном фундаменте. Магнитоактивные массы достигают глубины 10—12 км, а с избыточной плотностью — более 20 км. С юго-запада и северо-востока синклинорий обрамляют разуплотненные комплексы с дефицитом 0,02—0,5 г/см³. В восточной части (крыло Лосевско-Ливенского антиклинория) они не магнитны, а на юго-западе (крыло Курского антиклинория) подстилаются магнитоактивным горизонтом, соединяющимся с магнитоактивным слоем Белгородской структуры.

В пределах Тим-Ястребовской структуры геофизическими методами картируются зоны тектонического объемного скупивания джеспилит-терригенного комплекса раннего протерозоя с увеличением мощности (свыше 4 км). Они приурочены к серии наклонных и выполаживающихся с глубиной разломов, оперяющих широтную трансформную зону проницаемости земной коры, система которых выделена на схеме глубинного строения (рис. 2).

Все развитые в контурах Тим-Ястребовской структуры геологические формации являются **геохимически специализированными**, однако интегральное накопление химических элементов не превышает среднего уровня (таблица).

Конгломерат-песчаниковая формация характеризуется литохалькофильным типом специализации. Среди сидерофилов максимальными кларками концентрации обладают хром (до 21) и кобальт (до 12); среди халькофилов — медь (до 8,3), а также свинец, сурьма, висмут, мышьяк, селен, галлий, молибден, серебро и золото; среди литофилов — уран (до 6,9), барий (до 4,9), цирконий (до 4,5) олово (до 4), лантан (до 3) и другие. Наиболее специализированными являются конгломераты, содержание в которых целого ряда элементов достигает промышленных значений: золота до 32 г/т, серебра до 100 г/т, тория до 320 г/т, урана до 1000 г/т, сурьмы до 100 г/т, селена до 100 г/т, хрома до 2—3 %.

Терригенно-джеспилитовая формация помимо промышленного содержания железа характеризуется относительно высокими концентрациями халькофилов: меди (до 8,3), молибдена (до 3,6), германия (до 2,2), а также цинка, свинца и даже ртути. Нередко в породах формации обнаруживается повышенное содержание таких литофильных элементов, как редкие земли, вольфрам, олово и уран, накопление которых, вероятно, следует связывать с процессами щелочного карбонатно-натриевого метасоматоза. В разрезе формации установлено повышение содержаний микропримесей от гематитомангнетитовых кварцитов к малорудным, слабожелезистым. В целом же геохимическую специализацию терригенно-джеспилитовой формации следует отнести к литосидерохалькофильному типу.

Углеродисто-терригенно-карбонатная формация имеет аналогичный тип геохимической специализации. Среди халькофилов наиболее высокими кларками концентрации обладают молибден (4,5), цинк (3,8), медь (3,7) и свинец (3,1); в числе сидерофилов выделяется ванадий (2,8); литофилов — уран (2,3). Характерно, что среди пород, слагающих формацию, наиболее специализированы углеродистые алевролиты (терригенная компонента) и наименее специализированы углеродистые доломиты (карбонатная компонента).

В составе *углеродисто-вулканогенно-терригенной формации* наиболее специализирована нижняя углеродисто-терригенная подформация. Тип ее геохимической специализации также литосидерохалькофильный. Наиболее высокими кларками концентрации среди халькофилов наряду с серой (свыше 15) обладают молибден (более 11), цинк (8), медь (7), свинец (3); среди сидерофилов — марганец (5), никель (3,2),

кобальт (3); среди литофилов — фосфор (более 7), бор (3), уран (2,8).

В **металлогеническом плане** Тим-Ястребовская структура совпадает по площади с одноименной рудной зоной, располагающейся в южной части Оскольского рудного района железорудной металлогенической провинции КМА.

В тектонически осложненных бортах структуры и в южном центриклинальном замыкании сосредоточено подавляющее большинство рудных объектов Оскольского рудного района. Благодаря резко выраженной групповой локализации оруденения выделяются Тимский рудный узел (золото, платина и др.), Губкинский рудный узел (железо, золото, уран, редкие земли) и Чернянский рудный узел (железо, уран) (рис. 3, см. с. 150).

Не останавливаясь на характеристике широкоизвестных железорудных месторождений КМА (Коробковского, Лебединского, Стойленского и др.), приуроченных к южному замыканию Тим-Ястребовской структуры и локализованных в породах терригенно-джеспилитовой формации, необходимо кратко охарактеризовать объекты золоточерносланцевой (с платиноидами) формации, выявленные в пределах Тимского рудного узла. К ним относятся прежде всего Воскресенская золоторудная зона (руднопроявления Кшенское, Луговское и др.) и Прилепско-Мальцевская золотоплатинометаллическая зона (Луневско-Введенский и Тимский участки), суммарные прогнозные ресурсы которых по категориям P1 + P2 оцениваются по золоту в 310 т, а по платиноидам — в 85 т.

Благороднометаллическое оруденение (золото, палладий, платина, серебро) в форме тонкой вкрапленности и прожилков локализовано в рассланцованных и брекчированных породах углеродисто-вулканогенно-терригенной формации (PR₁tm). Рудные тела мощностью до 3 м характеризуются значительной протяженностью (до 6 км) и прослежена до глубины более, чем 600 м. Среднее содержание золота около 5 г/т (до 15 г/т), платиноидов — первые г/т.

Главным **рудноносным стратиграфическим уровнем** является раннепротерозойский, отвечающий образованию вертикального ряда геохимически и металлогенически специализированных формаций:

- конгломерат-песчаниковой (PR₁st), содержащей горизонты конгломератов и гравелитов с рудными концентрациями урана, тория и золота;
- терригенно-джеспилитовой (PR₁kr), включающей горизонты железистых кварцитов

Геохимическая и металлогеническая специализация докембрийского фундамента. Оскольский рудный район КМА

Геологические формации (подформации) и их обозначения на карте	Ассоциация выщелачиваемых микроэлементов	Индекс ассоциации	Рудная формация	Месторождения и проявления (в скобках) полезных ископаемых
$\delta\gamma$ PR ₂	Лейкогранитная	XЛ	Уран-торий-редкометаллическая	Th, U (Ti, Nb, TR, Li, Ba)
$\epsilon\gamma$ PR ₁	Мигматит-щелочногранитная	XСЛ	—	—
$\delta\gamma$ PR ₁	Диорит-гранодиоритовая	СЛX	—	—
ν PR ₁	Габбро-диоритовая	XС	—	—
PR ₁ ek	Дациит-андезит-базальтовая	ЛСX	—	—
PR ₁ tm	Углеродисто-терригенная	ЛСX	Золото-сульфидная Марганцевых гондитов	Au, Pb, Zn (МПГ) Mn (Pb, Zn)
PR ₁ rg	Углеродисто-терригенно-карбонатная	ЛСX	—	—
PR ₁ kr	Терригенно-ажеспилитовая	ЛСX	Железистых кварцитов Уран-торий-редкометаллическая Золото-сульфидная	Fe (Ge) Th, U (TR, Zr, Nb, Sc) Au (Pb, Zn)
PR ₁ st	Конгломерат-песчаниковая	ЛСX	Металлоносных конгломератов	Au, U (Th, Zr, Cr, Ti)
γ AR ₂	Мигматит-плагиогранитная	ЛX	—	—
AR ₂ lb	Порфиroidная	XЛС	—	—
AR ₂ al ₂	Метабазит-ажеспилитовая	XС	—	—
AR ₂ al ₁	Амфиболитовая	ЛXС	—	—
$\sigma\nu$ AR ₁	Пироксенит-перидотитовая	XС	—	—
ob AR ₁	Плагиогнейсовая	ЛСX	—	—

и внутриформационные черные сланцы с благородными металлами;

- углеродисто-вулканогенно-терригенной (PR_{tm}) со стратиформным оруденением марганца, фосфора, полиметаллов и благородных металлов.

Перечисленные формации образуют **раннепротерозойский рудоносный комплекс**, вмещающий рудные проявления практически всех известных в районе рудноформационных типов.

Метаморфическая зональность, развитая в этом комплексе неоднозначно влияет на характер оруденения. Так, с усилением степени метаморфизма железистых кварцитов улучшается качество руд, однако, изменяется состав радиоактивных проявлений в сторону увеличения содержания тория. Напротив, урановое и благороднометалльно-сульфидное оруденение развивается по преимуществу в зонах низкоградиентного метаморфизма.

Благоприятным фактором формирования высококачественных железистых кварцитов является наложение на регионально метаморфизованные руды *контактового метаморфизма*.

С участками развития *щелочного метасоматоза* в нижнепротерозойском рудоносном комплексе связано проявления уран-торий-редкометалльной формации, а также появление богатых гипогенных железных руд, скопления которых известны на Коробковском месторождении.

Околорудные метасоматиты, связанные с благороднометалльно-сульфидным оруденением, преобразованы по типу *кислотного выщелачивания* с минеральным парагенезисом, включающим кварц, альбит, серицит, хлорит и карбонаты.

Перечисленные рудоносные факторы в качестве поисковых признаков и прогнозных критериев приведены в таблице.

Дополнительно необходимо отметить, что при прогнозировании **стратиформных металлоносных (золото, уран) конгломератов** следует иметь в виду, что потенциально наиболее рудоносны базальные горизонты грубообломочных пород повышенной мощности, особенно там, где эти породы выполняют эрозионные врезы в "докурском" основании. Повышенная мощность конгломерат-песчаниковой (конгломерат-кварцевой) формации PR_{1st}, а также преобладание в ее составе кварцевых гравелитов, пуддингитов и конгломератов, обогащенность обломочных пород аксессуарными и рудными минералами (циркон, апатит, магнетит, пирротин, пирит и др.), повышенный геохимический фон

элементов группы железа, меди, цинка и других при пониженном содержании бария, высокая дисперсия распределения титана, циркония, иттрия, редких земель и фосфора являются благоприятными критериями потенциальной рудоносности. Установлено также, что наиболее продуктивны сульфидизированные интервалы грубообломочных пород с преобладанием пирита, причем устанавливается устойчивая прямая корреляция между количеством пирита и концентрациями урана и золота. Пирит, как правило, отличается высокой золотосодержимостью.

В связи с исключительно высокими перспективами на благородные металлы углеродисто-вулканогенно-терригенной формации, выполняющей Тим-Ястребовскую структуру, представляется важным сформулировать комплекс прогнозно-поисковых критериев гидротермальной золотосульфидной (с платиноидами) рудной формации. К их числу в первую очередь относятся:

- наличие продуктивной углеродисто-вулканогенно-терригенной формации, включающей толеит-базальт-андезит-риодацитовые вулканиты, комагматичные габбро-диорит-гранодиоритовые интрузивные комплексы, с отчетливой геохимической специализацией на хром, титан, кобальт, никель, медь, цинк, свинец, серебро, золото и платиноиды;
- широкое развитие рудоконтролирующих долгоживущих зон разломов, совпадающих с направлением осей складчатости и сопровождающихся смятием, дроблением, милонитизацией, а также интенсивным проявлением межслоевых рудовмещающих разрывов;
- относительно невысокая (не выше эпидот-амфиболитовой фации) степень регионального метаморфизма и околорудные метасоматические преобразования рудовмещающих пород по типу кислотного выщелачивания.

Указанные критерии могут быть использованы в пределах Онежской структуры при проведении прогнозно-поисковых работ, направленных на обнаружение крупнотоннажных месторождений **золоточерносланцевой (с платиноидами) рудной формации**.

Завершая оценку **рудоносности** Тим-Ястребовской структуры следует обратить внимание на перспективные направления, требующие дополнительного изучения.

1. С породами раннепротерозойского черносланцевого комплекса тесно ассоциируют многочисленные проявления медно-колчеданной и колчеданно-полиметаллической

формаций, часть из которых представляет практический интерес и требует дальнейшего изучения.

2. В коре выветривания фосфорито- и марганцевоносных отложений раннепротерозойского черносланцевого комплекса можно ожидать промышленно интересные концентрации вторичных фосфатов и окисных руд марганца, а также проявления инфильтра-

ционного уранового оруденения в линейных элементах коры выветривания. В целом, по расчетам С. А. Цибизовой [1990], вся кора выветривания докембрийского фундамента района является мощным источником для образования рудных концентраций не только фосфора, марганца и урана, но также циркония, иттрия, редких земель и благородных металлов.

Список литературы

- Кушнеренко В. К., Шувалов Ю. М., Мятлин В. М. Золото и другие элементы-примеси в железорудных месторождениях КМА (к проблеме комплексного использования) // Региональная геология и металлогения. — 1999. — № 9. — С. 120—124.
- Кушнеренко В. К. Комплексное освоение минерально-сырьевых ресурсов КМА и вопросы горно-геологической безопасности // Горн. журн. — 2001. — № 4. — С. 51—53.
- Цибизова С. А. Малые элементы в коре выветривания железистых кварцитов Лебединского и Стойленского месторождений КМА: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — Иркутск, 1990. — 21 с.
- Тарков А. П. Глубинное строение Воронежского массива по геофизическим данным. — Москва: Недра, 1974. — 172 с.