

Резюме

Анализ алмазности Зимнего Берега показывает, что она носит очень сложный характер, обусловленный:

1) пространственным совмещением в его пределах четырех полей, Золотицкого, Кепинского, Ижемского и Мельского, принадлежащим породам разных кимберлитовых серий, образовавшихся в пределах единого герцинского тектономагматического цикла;

2) принадлежностью алмазносных кимберлитов к генетически различным вулканическим поодам, натрового (мелилит-кимберлитовая серия) и алиевого (пикрит-кимберлитовая и карбонатит-кимберлитовая серия) типа щелочности;

3) разной глубиной мантийных очагов образования кимберлитов Золотицкого и Кепинского поля, причем, предполагается, что глубина заложения кимберлитов Золотицкого поля несколько выше, чем кимберлитов Кепинского поля;

4) сложным строением кимберлитовых тел, обусловленным длительными и многоактными эксплозивными и интрузивными процессами кимберлитового вулканизма и разным уровнем алмазности фаз внедрения;

5) наличием сложено построенных туфогенно-осадочных толщ в кратерных частях трубок, обладающих пониженной алмазностью по сравнению с породами жерловых частей трубок.

ЛИТЕРАТУРА

Щукин В.С., Колодыко А.А., Саблуков С.М. и др. Поздневендский магматизм на Юго-Восточном Беломорье Архангельской области // Глубинный магматизм, магматические источники и проблемы плюмов:

- Матер. Междунар. совещ. – Владивосток, 2002. – С. 151-165.
2. Клемент С.Р., Скиннер Э.М., Хоторн Дж.Р., Бристоу Дж.В. Распределение и временные связи кимберлитов и родственных пород в Южной Африке // Глубинный магматизм и эволюция литосферы Сибирской платформы: Международный полевой семинар. – Новосибирск, 1990. – С. 60-61.
 3. Пруссакова Н.А. Геолого-геофизическая прогнозно-поисковая модель Зимнебережного кимберлитового поля: Дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. – М., 2004. – 165 с.
 4. Соболев В.К. Проблема коренных источников округлых алмазов (природа и особенности поисков по минералам-индикаторам на примере территории Архангельской области) // Геология и полезные ископаемые севера Европейской части СССР. – М., 1991. – С. 68-100.
 5. Саблуков С.М. Вулканизм Зимнего Берега и петрологические критерии алмазности кимберлитов: Дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. – М., 1995. – 228 с.
 6. Еременко А.В. Особенности геологического строения, вещественного состава и геодинамика формирования трубок взрыва Ижмозерского поля Архангельской алмазносной провинции: Дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. – М., 2004. – 224 с.
 7. Кириллин А.Д., Кириллин О.А., Кириллин Г.А. Мировой алмазный рынок. – М., 1999. – 397 с.
 8. Archangel Diamond Corporation. Developing Russia's Largest Gem Quality Diamond Discovery. – Archangel, 1996. – P 12.
 9. Веричев Е. М. Геологические условия образования и разведка месторождения алмазов им. В. Гриба: Дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. – М., 2002. – 222 с.
 10. Bezborodov S.M., Verzhak V.V., Gerasimchuck A.V. et al. Diamond exploration and mining in north-west of Russia: 4th Fennoscandian exploration and mining. Final Program and Event Document. – Rovaniemi, 2003. – P. 279-304.

УДК 552.2:553.411 (470.323)

ПРОЯВЛЕНИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СИНКЛИНОРНЫХ СТРУКТУРАХ КМА (СХЕМА ВОЗРАСТНОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ; ОЦЕНКА ЗОЛОТНОСТИ)

Ю.С. Ляховкин

Воронежский государственный университет

На базе онтогенетического анализа стратифицируемых и интрузивных образований раннего протерозоя разработана схема последовательности гидротермальных событий в двух самых крупных синклинорных зонах КМА. Приведены критерии различия пяти возрастных групп метасоматитов, жильных гидротермалитов, генетически связанных с проявлениями раннепротерозойского вулканизма, регионального метаморфизма, тектоно-магматической активизации консолидированных толщ нижнего протерозоя. Дана прогнозная оценка разновозрастных метасоматитов на промышленное золотое оруденение. Обращено внимание на проблемы, возникшие при увязке схемы гидротермально-метасоматической деятельности со схемой магматизма КМА.

Введение

В 1960 г. в Старо-Оскольском районе КМА получены важные предпосылки для поисков месторождений золота в метаконгломератах базального

горизонта курской железорудной серии. В 1961-1965 гг. выявлено три стратиформных рудопроявления золота, что сориентировало дальнейшие геологоразведочные и научно-исследовательские работы в направлении перспективной оценки территории на

“нетрадиционные” виды минерального сырья. В результате металлогенический спектр мегаблока КМА был значительно расширен, а золото стало вторым после железа элементом, определяющим рудную специфику КМА.

Для нашей темы важны два аспекта металлогении золота КМА: 1) устойчивая пространственная связь рудных объектов с синформными структурами, выполненными неравномерно метаморфизованными вулканогенно-осадочными толщами верхнего архея-нижнего протерозоя; 2) принадлежность подавляющей части рудных тел к жильным гидротермалитам (кварцевым в основном), либо метасоматитам (чаще базитового профиля). То есть, рудообразование осуществлялось при активном участии гидротерм и золото независимо от положения источников отлагалось в породах синклиновых структур.

За сорок лет изучения КМА как золотоперспективного района опубликовано много работ по металлогении территории. Из них лишь две работы описательного характера были посвящены гидротермалитам [1,2]. Между тем, без выяснения общих закономерностей развития гидротермально-метасоматической деятельности (ГМД) в синклиновых структурах прогнозная оценка района на промышленные типы золотого оруденения является весьма приблизительной. Как будет показано ниже, предпосылки для расшифровки эволюции ГМД имеются.

Систематика проявлений гидротермально-метасоматической деятельности в кристаллических породах КМА по принципу сопряженности с региональным метаморфизмом

Исследователям района давно известно, что мелкие проявления кварцево-жильной, карбонатно-жильной минерализации с переменным содержанием рудных и прочих нерудных жильных минералов встречаются в разрезах практически всех скважин на территории КМА. Эти проявления многочисленны в сланцеватых, плейчатых породах и относительно редки в массивных породах, интрузивных в своем большинстве. Зачастую прожилковая минерализация совмещена с зонами метасоматически измененных вмещающих пород. В таком случае можно установить стадийность наложенного минералообразования. Но для выяснения меры временной сближенности между стадиями требуются специальные исследования.

На территории КМА господствующее развитие имеют метаморфические породы. В работе [3] автор на базе онтогенических данных по стратифицируемым образованиям Воронежского кристаллического массива обосновал положение: *с каждым этапом регионального метаморфизма сопряжены вполне конкретные сообщества ультраметаморфических, метасоматических и жильных гидротермальных пород, становление которых обязано резкому возрастанию активности флюидов в заключительные стадии функционирования закрытых*

метаморфических систем. Породный спектр данных сообществ регулируется эндогенным режимом метаморфизма и химическим составом метаморфизируемых толщ.

В онтогении пород синклиновых структур КМА, сложенных толщами михайловской, курской и оскольской серий, запечатлено три этапа проградного метаморфизма, различающиеся по эндогенному режиму. Соответственно можно разделить метаморфогенные проявления ГМД на три возрастные группы. Но те же толщи, кроме того, вмещают проявления “постметаморфической” гидротермальной деятельности, а в вулканогенных породах михайловской и оскольской серий зафиксированы еще признаки “дометаморфической” гидротермальной переработки.

То есть, имеется полное основание для расчленения всей совокупности проявлений гидротермального метаморфизма пород синклиновых структур на пять возрастных групп. Однако есть проблема, связанная с пульсационностью зеленосланцевого метаморфизма первого этапа [3]. Две пульсации: предкурская и постоскольская - устанавливаются уверенно. Данные о предоскольской пульсации нуждаются в проверке.

Поэтому ради снижения субъективного фактора проведена систематика проявлений ГМД лишь для среднего и верхнего ярусов синклиновых структур. Нижний ярус с породами позднего архея (михайловская серия + интрузии салтыковского, атаманского комплексов) не рассматривается. С учетом принятого ограничения составлена схема, отражающая в общих чертах эволюцию ГМД в пределах двух самых крупных синклиновых зон КМА (см. таблицу).

В таблице дан перечень полно проявленных метасоматитов, которые по распространенности резко уступают “незрелым” метасоматитам - породам с 5-20% объема метасоматических минералов. “Незрелые” метасоматиты, именуемые иногда эпипородами, информативны для установления возрастных соотношений между проявлениями ГМД, поскольку часто содержат метасоматические минералы двух - трех поколений. Правомерность такого целевого использования эпипород обоснована в капитальном труде [4].

Мы опускаем описательную часть с характеристикой разновозрастных метасоматитов - гидротермалитов, условий их образования и т.п. Необходимые данные имеются в таблице и особого пояснения не требуют. Исключение сделано для двух наиболее спорных элементов предлагаемой схемы: 1) обоснованность выделения ранней возрастной группы гидротермалитов (“дометаморфических”) в геологических условиях древнего кратона; 2) обоснованность расчленения метаморфогенных проявлений ГМД (II-IV группы), конвергентных по вещественному составу.

При выделении дометаморфических гидротермалитов, имеющих генетическую связь с вулка-

татами курбакинской и тимской свит, мы взяли за основу существующую схему стратиграфии раннего юрембрия КМА, по которой обе свиты являются юрестными аналогами в двух разобренных синклинорных зонах: Белгородско-Михайловской и Воронежско-Алексеевской.

В первой из упомянутых зон распространены преимущественно незрелые метасоматиты пропилит-аргиллизит-вторичнокварцитового ряда с четкими признаками образования в континентальных условиях. На Михайловском участке установлена связь пропилитизации с мафитами остаповского комплекса субвулканических интрузий и наложение пропилитизации на аргиллизит-кварцитовые изменения. В узких зонах смятия типа вязких разломов аргиллизированные, пропилитизированные породы курбакинской свиты были перекристаллизованы с развитием парагенезисов, типичных для зеленосланцевой фации регионального метаморфизма. Вулканогенные метасоматиты опознаются вполне надежно ввиду незавершенности их зеленосланцевых изменений.

В менее благоприятной ситуации оказались вулканогенные метасоматиты Воронежско-Алексеевской зоны. Они совместно с материнскими вулканитами тимской свиты повсеместно подверглись метаморфизму в условиях зеленосланцевой, эпидот-амфиболитовой фаций. Их бывшее развитие реконструировано по минеральным "аномалиям", присутствующим метаморфическим породам тимской свиты.

Аномальность в той или иной мере проявляется все метабазиты. Так, в низко-среднетемпературных амфиболитах с актинолитом, роговой обманкой равновесен плагиоклаз необычно высокой основности (до 80-90 % An). В микроамфиболитах наблюдается "странная" грануляция зерен плагиоклаза в окружении неизмененных зерен амфибола. Один из морфотипов метаморфического плагиоклаза такой же высокой основности отличается обилием пойкилитовых вростков. "Грязный" плагиоклаз развит и в мезократовых микрогнейсах (ортосланцах), которые имеют постепенные переходы в амфиболиты через промежуточные разности – лейкоамфиболиты. Мезократовые ортосланцы петрохимически отвечают андезитах, дацитах, но с "аномальными" концентрациями Fe, Ti. На это указывает богатая (до 5-10 % об.) сингентическая вкрапленность ильменита, магнетита. Руднооксидная "аномалия" еще резче выражена в лейкократовых фельзитовидных породах – лептинитах.

Для объяснения рассмотренной аномальности тимских метабазитов единственно приемлемой является версия регионального метаморфизма метасоматически измененных базальтоидов. Тип метасоматоза раскрывается через "гранулированный" плагиоклаз – это спилитизация. "Грязный" плагиоклаз – индикатор продвинутой спилитизации, при которой альбит замещал часть феррических минералов базальтоидов, что вело к отложению рудных оксидов. В лейкократовых спилитах, изначально

обогащенных калием, предполагается совместная кристаллизация альбита и калишпата. Высокую основность метаморфических плагиоклазов мы связываем с бывшим развитием в спилитах и спилитизированных базальтах кальциевых цеолитов. В целом дометаморфическая гидротермальная переработка вулканитов тимской свиты характеризовалась типичными признаками зеленокаменного метаморфизма: преобразования осуществлялись при активном участии захороненных морских вод.

Последующие этапы ГМД в Белгородско-Михайловской и Воронежско-Алексеевской синклинорных зонах проявлены однообразно. В обеих зонах присутствуют метаморфогенные проявления ГМД трех возрастных групп. В последние годы, при изучении минерализованных пород тимской свиты (Луговской, Луневский, Погоженский участки) и стойленской, коробковской, курбакинской свит (Михайловский участок) уточнены критерии возрастного расчленения метаморфогенных проявлений ГМД, намеченные нами в общих чертах в работе [3].

На участках с двух-, трехкратным метаморфизмом пород курской, оскольской серий древние гидротермалиты трудно отличить от мономинеральных метаморфических парапород. Но если вмещающие породы при смятии были вязкими, то резко возрастает шанс на обнаружение метаморфизованных гидротермалитов, сохранивших первичную форму секущих тел. Так, на Луговском участке в мощных телах амфиболитов наблюдаются послойные и секущие выделения лейкократового материала, тождественного, по структурно-вещественным признакам, кварцитам, кальцифирам. Секущие агрегаты приурочены к интервалам однородных амфиболитов, послойные агрегаты – к узким интервалам полосчатых кристаллических сланцев. Биотитовые и амфиболовые полосы кристаллосланцев располагаются относительно полос лейкократового материала по типу поясовой метасоматической зональности.

Амфиболиты, кристаллосланцы и включения кварцитов, кальцифиров изофациальны по условиям образования. Но кристаллосланцы характеризуются более сложной онтогенной. Это бывшие тектонические сланцы – продукты зеленосланцевых преобразований базальтоидов (зеленокаменных пород, точнее) в зонах вязких сдвигов. Разно ориентированные включения кварцитов, кальцифиров ни что иное, как метаморфизованные (!) гидротермальные прожилки, что подтверждается и фрагментами уцелевших микроблоков разнозернистого жильного кварца, редко карбоната.

В данном случае, по совокупности геологических и минералогических признаков достаточно надежно устанавливается сопряженность древней кварц-карбонатной прожилковой минерализации с древним этапом метаморфизма, протекавшим в условиях зеленосланцевой фации.

На Луневском, Погоженском участках для отличия метаморфизованных гидротермалитов среди высокопластичных черных сланцев использова-

Схема возрастного расчленения и оценка золотоносности проявлений гидротермально-

Возрастная группа, индекс	Ассоциации пород: условия залегания и стадийность становления породных тел в синклинорных зонах		Механизмы образования и главные источники вещества породных тел	Сопряженные геологические процессы
	1. Белгородско-Михайловская синклинорная зона	2. Воронежско-Алексеевская синклинорная зона		
I – PR ₁ ¹	1. Аргиллиты, вторичные кварциты стратиформных залежей. 2. Пропилиты стратиформных и секущих тел.	Метаспилиты, металесониты, метаальбититы стратиформных залежей	В СЗ (1) – диффузионный метасоматоз в субаэральных условиях; фумаролы. В СЗ (2) – то же, в субаквальных условиях; захороненные морские воды.	В СЗ (1) – субаэральный вулканизм, седиментация толщ курбакинской свиты. В СЗ (2) – зеленокаменный метаморфизм толщ тимской свиты.
II – PR ₁ ²	Гидротермалиты кварцевые, карбонатные, щелочно-полевошпатовые, эгириновые и другие жильно-прожилковых зон, "послойных" и секущих сланцеватость, полосчатость вмещающих метаморфических пород.		Инфильтрационный метасоматоз в мобильной полупластичной среде с ограниченной миграцией материнских метаморфогенных растворов.	Зеленосланцевый метаморфизм толщ курской и оскольской серий – I фаза регионального метаморфизма.
III – PR ₁ ³	1. Диопсидиты, тремолититы, актинолититы, хлорититы, метасоматические амфиболиты и другие скарноподобные породы преимущественно стратиформных тел и "послойных" минерализованных зон. Жильная фация гидротермалитов карбонатных, кварцевых, эпидотовых и др. 2. Микроклиниты, метасоматиты кварц-мусковитовые грейзеноподобные преимущественно секущих тел. Жильная фация гидротермалитов кварцевых с мусковитом, калишпатом, молибденитом, халькопиритом.		Инфильтрационный биметасоматоз в мобильной, неравномерно нагретой гетеропородной среде с активной миграцией метаморфогенных флюидов. Во вторую стадию – подток тепла и ультраметабазитных (гранитизационных) флюидов.	Зональный (полифазный) метаморфизм толщ курской и оскольской серий – II фаза регионального метаморфизма, сопряженная с реоморфизмом пород гнейсового основания КМА.
IV – PR ₁ ⁴	Скарны, грейзены преимущественно секущих тел. Жильная фация гидротермалитов кварцевых с мусковитом, микроклином, кварц-карбонатных с флюоритом, галенитом.		Инфильтрационный биметасоматоз с ограниченной миграцией компонентов метаморфогенных и магматогенных флюидов в слабо мобильной, неравномерно нагретой среде.	Зональный метаморфизм толщ курской и оскольской серий с режимом, переходным к плутонометаморфизму – III фаза метаморфизма.
V – PR ₁ ⁵ - FR	Метасоматиты пропилитоподобные, березитоподобные, лиственитоподобные "сквозных" трещинных зон разной ориентировки и залегания. Жильная фация гидротермалитов кварцевых, карбонатных, азуровых мало- и убогосульфидных. Типичны марказит, пирит, для некоторых проявлений – полисульфиды, теллуриды и другие редкие рудные минералы.		Инфильтрационный метасоматоз в сочетании с кристаллизацией гидротерм в свободных полостях. Вмещающая среда "холодная". Источники вещества разнообразны.	Околотрещинный гидротермальный метаморфизм кристаллических пород КМА.

лись менее надежные критерии: 1) несоответствие зернистости отдельных пластов мраморов, кварцитов со степенью метаморфизма вмещающей толщи, 2) несоответствие углеродистости этих мономинеральных пород и вмещающих черных сланцев. Заметим, что на участках: Лев-Толстовский, Белгородский, Орловский, Щигровский, Старо-Оскольский, Северо-Волотовский и др., где условия метаморфизма осадочных пород нижнего протерозоя превышали P-T параметры зеленосланцевой фации, многие мраморы и реже кварциты не удовлетворяют критериям парапород.

На тех же участках распространены неметаморфизованные жильные гидротермалиты, тесно ассоциирующие со средне-, высокотемпературными метасоматитами типа скарнов, грейзенов. По имею-

щимся данным скарново-грейзеновые изменения в синклинорных зонах КМА проявлялись дважды: первый раз – в связи с мигматизацией и становлением на глубоких горизонтах магматических диапиров тоналит-сиенодиоритового ряда, второй раз – в связи с внедрением и кристаллизацией в мезовиссальных условиях гранитоидов стойло-николаевского комплекса.

В обоих случаях скарнирование предшествовало грейзенизации, что устанавливается по неустойчивости минералов скарновой ассоциации, их замещению мусковитом, микроклином, кварцем в зонах массового развития гранитоидных жил (данные по Луговскому, Кшенскому, Луневскому участкам). Более того, на Луговском участке (скв. 4329) зафиксировано прорывание диопсидовых скарно-

метасоматической деятельности в синклинорных структурах КМА

Метасоматическая формация (МФ)	Прогнозная оценка МФ на промышленное золотое оруденение	Возрастное положение МФ в схеме магматизма КМА
(1): Пропилит-аргиллизитовая МФ элиплатформенного (?) вулканического пояса. (2): Метаспилитовая МФ протогеосинклинали или рифтогенали.	Для МФ (1) - неясна. Для МФ (2) - отрицательная ввиду слабой дифференцированности материнской потенциально рудоносной метабазаальтовой формации.	Метариолитовая и метабазаальтовая формации в составе курбакинской и тимской свит оскольской серии. Остаповский и золотухинский комплексы комагматических интрузий.
МФ глубинных жильных гидротермалитов зон смятия и однородного зеленосланцевого метаморфизма.	Слабая миграция вещества и обилие структурных ловушек предполагает развитие лишь мелких объектов золото-кварцевой формации, локализованных в рудоматеринских толщах метапесчаников, черных сланцев курской, оскольской серий.	Во временном диапазоне, близком (?) периоду становления осколецкого комплекса плагиогранитов в СЗ (2).
Формация глубинных метасоматитов скарн-грей-зенфельдшпатолитового ряда зон смятия и полифазциального метаморфизма.	МФ перспективна на метаморфогенное оруденение золото-сульфидной, золото-кварцевой формаций. Для мелких объектов необходимо сочетание стратиграфического и структурного факторов, для средних объектов – дополнительно литологическо-го фактора (мощные пачки компетентных пород типа кварцитов, амфиболитов).	Синхронна с развитием комплекса пелимigmatитов в гнейсовом основании КМА и реоморфических интрузий гнейсогранитов, гнейсогранодиоритов спорной принадлежности: атаманский, либо малиновский, павловский комплекс.
Формация среднеглубинных метасоматитов скарн-грей-зенового ряда орогенной области, заложеной на гетерогенных структурах КМА.	Надежные данные о поступлении Au с магматогенными флюидами отсутствуют. Перспективы МФ на метаморфогенное золотое оруденение - положительные при условиях, перечисленных для МФ предшествующей возрастной группы.	Стойло-николаевский комплекс мезоабиссальных гранитоидов.
Формация малоглубинных метасоматитов пропилит-ксеталитового ряда стадии перехода КМА в древний кратон, испытавший неоднократную активизацию.	В отдельные периоды становления формации Au поступало из глубинных источников. Перспективы МФ оцениваются положительно, особенно на участках совмещения магматогенного, телетермального оруденения с проявлениями метаморфогенного типа. Пример – Кшенский участок.	Комплекс малых интрузий пестрого состава (от габбро-норитов до сиенитов, карбонатитов). Включает смородинский, гостищевский и другие магматические комплексы.

дов жилой аплитов и присутствие ксенолитов скарнированных амфиболитов в массиве гнейсогранодиоритов (скв. 4332).

Ранние полно проявленные метасоматиты скарново-грейзенового ряда развиваются исключительно по рассланцованным метаморфическим породам, что обусловило присущую этим метасоматитам теневую полосчатость. Эталонами могут служить довольно мощные тела метасоматических неясно полосчатых диопсидитов Кшенского участка, которые не имеют пространственной связи с конкретными интрузивными массивами. В.В. Ждановым [5] для аналогичных метасоматитов Балтийского щита введен термин “региональные скарноиды”.

Условия локализации скарнов, грейзенов IV возрастной группы не зависят от предшествующей тектонической переработки вмещающих пород. Текстуры метасоматитов разнообразные, но доминируют массивные. Примечательно появление в скарнах волластонита, буровато-желтых гранатов гроссуляр-андрадитового ряда, в грейзенах – флюо-

рига, топаза (?), в мусковит-кварцевых прожилках – зерен гипидоморфного кварца. В целом условия образования этих метасоматитов близки к проявлениям магматогенной пневматолито-гидротермальной деятельности с той разницей, что высокотемпературные метасоматиты – скарны - не всегда приурочены к контакту интрузии. В качестве петротипа “молодых” скарнов принимаются гранат-диопсидовые метасоматиты Роговского участка.

Для возрастного расчленения метаморфогенных жильных гидротермалитов важно, что раннее скарнирование накладывается на кварциты, мраморы первично гидротермального происхождения (данные по Луговскому, Кшенскому участкам). Неметаморфизованные аналоги кшенско-луговских гидротермалитов развиты на площадях однородного зеленосланцевого метаморфизма. На примере многих участков КМА можно показать, что в подобной геологической ситуации имеет развитие только *один тип* метаморфогенных жильных образований. Кварц гидротермалитов, как правило, гранулирован:

после грануляции формируется карбонатный вкрапленно-прожилковый комплекс замещения. То есть, грануляция имеет характер интраминерализационных тектонических подвижек. Преобразование жильных гидротермалитов в кварциты, мраморы нигде не зафиксировано. Такое преобразование реализуется только в зонах полиметаморфизма, как показано ранее на примере Луговского участка.

В первом приближении идентификация жильных гидротермалитов II-V возрастных групп возможна с использованием простых геолого-минералогических критериев. Для гидротермалитов (неметаморфизованных!) II группы характерна пространственная разобщенность с метасоматитами скарно-грейзенового ряда и грануляция жильного кварца; III группы – тесная ассоциация гранулированного жильного кварца с приразломными скарноподобными породами типа региональных скарноидов; IV группы – пространственная ассоциация с мезоабиссальными интрузиями гранитоидов и частичная кристаллизация жильного кварца в форме полуограниченных индивидов; V группы – полная независимость от породного состава вмещающей и окружающей среды, друзовидные текстуры жильного выполнения, более или менее выраженные признаки околожильных изменений.

Истории гидротермально-метасоматической деятельности и интрузивного магматизма района взаимно переплетаются. Изучению плутонических формаций КМА постоянно уделялось пристальное внимание, поскольку они, помимо прочего, играют роль временных маркеров для схем стратиграфии, метаморфизма и т.п. Привязка предлагаемой схемы ГМД к схеме интрузивного магматизма района опирается на следующие данные.

Вулканогенные гидротермалиты I группы завершили свое становление после внедрения субвулканических тел острого комплекса в Белгородско-Михайловской синклинойной зоне и золотухинского комплекса в Воронежско-Алексеевской зоне. Верхняя возрастная граница не известна. На Кшенском участке данные гидротермалиты были дважды метаморфизованы (сначала в условиях зеленосланцевой, затем эпидот-амфиболитовой фации), мигматизированы, после чего прорваны интрузией гранодиоритов и дайками микродиоритов, малхитов стойло-николаевского комплекса.

Синметаморфические жильные гидротермалиты II группы, генетически связанные с однородным зеленосланцевым метаморфизмом первой фазы региональных преобразований пород курской и оскольской серий, также рвутся интрузиями стойло-николаевского комплекса. В схеме интрузивного магматизма более древними являются раннепротерозойские плагиограниты осколецкого комплекса. На исследованных нами участках данные гранитоиды отсутствуют. Судя по материалам ГКК-200, эти плагиограниты приурочены к юго-западному тектоническому ограничению Тим-Ястребовской грабен-синклинали, где среди дислоцированных кварцитов

курсской серии слагают удлиненные тела, ориентированные вдоль оси складок. Ввиду слабого метаморфизма вмещающих пород логично допустить, что граниты осколецкого комплекса и гидротермалиты II группы наиболее близки по времени формирования.

Синметаморфические проявления ГМД III группы генетически связаны с зональным метаморфизмом второй фазы региональных преобразований пород курской, оскольской серий. На площадях, где температура метаморфизма достигала роговообманковой ступени эпидот-амфиболитовой фации, постоянно фиксируется развитие жил гранитов, гранодиоритов преимущественно роговообманково-биотитовых. На Луговском участке Тим-Ястребовской структуры эти жильные гранитоиды сгруппированы по типу инъекционных мигматитов по амфиболитам тимской свиты. Здесь же скв. 4332 вскрыто более крупное тело гнейсовидных гранитоидов с ясными признаками диапирового механизма внедрения. Гранитоиды характеризуются неустойчивыми количественными соотношениями породообразующих минералов; их состав по отдельным шлифам меняется от кварцевых диоритов - плагиогранитов до монцодиоритов - граносиенитов.

Охарактеризованные столь подробно гранитоиды по существу занимают срединное положение в эволюционном ряду метасоматитов III возрастной группы, что является признаком их парагенетической взаимосвязи. Из подразделений интрузивного магматизма КМА только павловский и, в меньшей мере, малиновский комплексы удовлетворяют формационному содержанию луговских гранитоидов. К сведению, однотипные гранитоиды, по нашим данным [3], развиты на Приоскольском, Алексеевском, Лев-Толстовском и некоторых других участках, где породы курской серии метаморфизованы до условий альмандин-амфиболитовой фации. На Луговском участке (скв. 4332) они прорываются дайками микродиоритов второй фазы стойло-николаевского комплекса, который в действующей схеме магматизма принимается за более раннее подразделение относительно павловского, малиновского комплексов. Этим и обусловлена неопределенность положения метасоматитов III группы в схеме магматизма (см. последнюю графу таблицы).

Синметаморфические проявления ГМД IV возрастной группы еще в большей степени связаны с интрузивным гранитоидным магматизмом. Метасоматиты данной группы, особенно второй – кварцмусковитовой стадии, характеризуются комплексом признаков, присущим плутоногенно-метаморфогенным образованиям. Ареалы развития метасоматитов примерно совпадают с зонами контактового влияния штокообразных тел гранодиоритов, гранитов первой фазы стойло-николаевского комплекса (данные по Луневскому, Роговскому, Орловскому, Троснянскому участкам). Судя по материалам детально изученного Луневского участка, связь метасоматитов с гранитоидами является все же не пря-

мой, а косвенной – парагенетической: выражается через единство времени и структуры локализации магматических и метасоматических продуктов. По единичным случаям пересечения гранат-пироксеновых скарнов жилками аплитов (скв. 3077, Роговской участок) предполагается, что скарнирование протекало до внедрения интрузивных тел поздней фазы стойло-николаевского комплекса.

Более определенные данные по возрастному положению метасоматитов IV группы и, вероятно, самого стойло-николаевского интрузивного комплекса получены уже за пределами синклинорных структур. Так, на Никитовском участке скв. 2926 вскрыла нижнюю (базальтовую) и верхнюю (андезитовую) толщи глазуновской свиты, прорванную редкими дайками диоритов, крупным силлом габбродолеритов и серией маломощных, но многочисленных жил гранит-аплитов, гранит-пегматитов. Вулканыти обеих толщ ороговикованы, скарнированы. Максимальная интенсивность метаморфо-метасоматических изменений совпадает с интервалами сгущения гранитных жил, которые повсеместно мусковитизированы.

Из интрузивных образований надежно опознается принадлежность к смородинскому комплексу лишь тел габбродолеритов. Габброиды оказывают контактово-термальное воздействие на скарнированные(!) вулканыти, что служит косвенным признаком более позднего возраста габброидов относительно жильных гранитов, с которыми скарнирование имеет отчетливую пространственно-временную связь. Метасоматиты по особенностям термального режима становления хорошо сопоставляются со скарнами, ассоциирующими с интрузиями стойло-николаевского комплекса в пределах синклинорных структур КМА. По-видимому, Никитовский участок – редкий случай, где уцелели от глубокой эрозии глазуновские андезиты – комагматы (!?) гранитоидов стойло-николаевского комплекса.

Гидротермальные образования V группы на данной стадии изученности можно отнести лишь к классу тектоногенных проявлений, становление которых совпадает с периодом ускоренной кратонизации складчатых структур, общим подъемом мегаблока КМА, массовым развитием хрупких деформаций типа зон катаклаза и т.п. Среди проявлений V группы наверняка есть магматогенные образования, связанные прямо или косвенно как с известными комплексами раннего протерозоя (смородинский, гостищевский, дубравинский), так и с комплексами более молодого возраста, пока не выявленными из-за мощного осадочного чехла на склонах Воронежской антеклизы.

Прогнозная оценка золотеносности проявлений ГМД I-V возрастных групп

В работе [6] автор, обобщив с позиции системного анализа материалы по золоторудным проявлениям ВКМ, разработал региональную схему

типов золотого оруденения. Слабая минералогическая изученность большинства рудных объектов не позволила раскрыть общую рудноминералогическую эволюцию, по которой устанавливается степень “созревания” территории на определенные типы промышленных месторождений золота.

Поскольку золоторудные проявления КМА – те же проявления ГМД, но “аномальные” по концентрациям золота (см. Введение), то выявленные эволюционные закономерности ГМД включают в себя и эволюцию золотого оруденения – по принципу соподчиненности свойств иерархических саморазвивающихся систем. Более дальняя связь рудогенеза – с эволюцией крупноранговых систем: магматических, метаморфических.

По схеме возрастного расчленения проявлений ГМД (см. таблицу) видно, что на территории КМА, начиная с периода формирования вулканотерригенных прогибов раннего протерозоя, последовательно возникали предпосылки для образования вулканогенных, метаморфогенных, телетермальных месторождений золота. Но реализация предпосылок в рудогенез зависела от состояния готовности материнских палеосистем, гидротермальных, в первую очередь. Перечислим положительные и отрицательные факторы рудогенеза для каждого этапа ГМД.

Первый этап. Образование обширных полей гидротермально измененных пород в связи с континентальным вулканизмом (курбакинский тип) на западе территории и субаквальным вулканизмом, зеленокаменным метаморфизмом (тимской тип) на востоке.

Формационный состав проявлений курбакинского типа характерен для метасоматитов малоглубинных месторождений золота, но постпротерозойского возраста [7]. К положительным факторам относятся: контрастный базальт-риолитовый тип материнской вулканической системы, антидромный тип магматической эволюции, центральный тип риолитовых вулканостроек. Отрицательные факторы: отсутствие жильной фации метасоматитов, которые вне зон расланцевания, катаклаза содержат только вкрапленность рудных оксидов. В континентальных вулканических зонах раннего докембрия пока не обнаружены аналоги золото-серебряной формации фанерозоя.

По совокупности положительных и отрицательных факторов допускается возможность обнаружения золотоносных метасоматитов курбакинского типа, но их вклад в рудный потенциал КМА, скорее всего очень мал.

В вулканогенных проявлениях ГМД тимского типа преобладают отрицательные признаки первичной золотоносности. Так, сульфиды и другие минералы-спутники золота присутствуют только в виде минерализации, наложенной на метаморфизованные(!) метасоматиты. Жильная фация метасоматитов не проявлена. Материнская базальтовая формация дифференцирована слабо; роль пикритов и андезитов в составе формации сильно преувеличена.

по нашему мнению. Единственно положительным признаком можно считать калиевый уклон одной из разновидностей спилитов, что косвенно указывает на некоторое отклонение эволюционного тренда толетовой серии к полю трахибазальтов. В золотоносных зеленокаменных поясах Австралии, Северной Америки магматическая дифференциация и магматическая инверсия, судя по обобщающим сводкам С.Д. Шера, К. Конди и других, проявлены много резче.

Даже, допустив вероятность образования мелких рудных объектов типа золотоносных калиевых спилитов, то ввиду повсеместного двукратного метаморфизма пород тимской свиты, нет надежды на сохранность вулканогенных рудных тел.

Второй этап. Формирование в глубинных условиях множества "слепых" гидротермальных жил, прожилков в связи с однородным зеленосланцевым метаморфизмом толщ курской, оскольской серий. Миграция компонентов в палеосистеме осуществлялась по механизму внутрислоевого перераспределения вещества. Поэтому вероятность рудогенеза допускается лишь при наличии горизонтов, изначально обогащенных золотом, причем в легко извлекаемой форме.

Присутствие в разрезах стойленской, тимской свит отдельных линз, горизонтов осадочных пород, изначально содержащих золото в количестве сотые – десятые доли г/т, обосновано множеством фактов. Собственно этим объясняются первые успехи золото поисковых работ на закрытой(!) территории КМА. Стратиформные проявления золота в низко метаморфизованных сульфидоносных конгломератах стойленской свиты, углеродистых сланцах стойленской, тимской свит являются формационными аналогами месторождениям Витватерсранд, Сухой Лог. Но детальное всестороннее изучение рудоматеринских формаций предшественниками показало, что на территории КМА, скорее всего, отсутствовали крупные скопления первично осадочного золота. Вероятными причинами могли быть: неблагоприятная палеогеографическая обстановка (пенеплен в стойленское время, выположенный рельеф в тимское время), амагматичность в период зеленосланцевого метаморфизма.

Ограниченная миграция компонентов, мобильность вмещающей среды с развитием множества структурных ловушек, отсутствие крупных скоплений первично осадочного золота указывают на малую перспективность жильных гидротермалитов второго этапа ГМД.

Третий этап. Формирование в глубинных условиях региональных скарноидов, сопутствующих метасоматитов, жильных гидротермалитов в связи с зональным метаморфизмом толщ нижнего протерозоя и реоморфизмом гнейсового основания синклинорных структур КМА. К положительным факторам рудогенеза относятся: 1) сложный по набору пород и онтогенической характеристике тип метасоматической формации; 2) устойчивая суль-

фидоносность пород при высоких дисперсиях D_2 ; 3) четкие признаки дифференциации сульфидного вещества; 4) флюидный и температурный режимы, подходящие для миграции и отложения золота.

Признаками рудоносности материнской метаморфической палеосистемы являются: 1) температурная полифазность; 2) гигантские по площади и глубине проникновения размеры системы; 3) нахождение внутри системы золотоматеринских горизонтов всего разреза синклинорных структур, включая коматииты верхнего архея.

Важный для рудогенеза термоградиентных систем механизм межслоевого перераспределения рудного вещества отмечается на разных уровнях. На микроуровне он устанавливается по развитию пирротинных, халькопиритовых, сфалеритовых прожилков-отщепенцев в "безрудных" породах (амфиболиты, кварциты и т.п.), контактирующих с черными сульфидоносными сланцами. Попутно происходила очистка сульфидов железа от примеси рудных и нерудных минералов. Заметим, что такой эффект рудной дифференциации не выражен в зеленосланцевых метаморфических комплексах.

Доказательством более дальней миграции рудного вещества служат зоны бластомилонитизации, интенсивной сульфидизации, наблюдаемые в мощных пачках амфиболитов тимской свиты. Хотя в разрезах скважин черные сланцы отсутствуют, по развитию в сульфидных зонах скрытокристаллического графита ощущается влияние глубже залегающих черных сланцев как общего источника углеродисто-сульфидного вещества. Дальность переноса рудных компонентов оценивается в десятки-сотни метров.

О масштабах мобилизации и переотложения собственно золота можно судить по диаграмме, на которой автором обобщены данные по золотоносности стратифицируемых образований КМА (рисунок). На диаграмме видно, что продуктивность коробковской свиты (хемогено-осадочные железистые кварциты с низким золоторудным потенциалом) не уступает продуктивности подстилающей стойленской свиты, в которой, видимо, заключена основная масса терригенного золота КМА. Еще больше эффект переотложения золота выражен в отношении продуктивностей нижнетимской подсвиты (черносланцевой) и верхнетимской подсвиты (амфиболитовой - с низким рудным потенциалом, что было отмечено выше).

Таким образом, золотоносность проявлений ГМД третьего этапа вполне очевидна. Что касается промышленной значимости прогнозируемых рудных объектов, то следует учесть отрицательные факторы. Существенными из них являлись: обилие центров температурной метаморфической зональности и обилие структурных ловушек. Поэтому остаются предпосылки для выявления мелких месторождений золота, а в толщах компетентных пород типа железистых кварцитов, амфиболитов, возможно, и месторождений, средних по запасам металла.

Возраст	Серия	Свиты	Литология	Протоформации, субформации, формационные комплексы	4. Удельный потенциал формации	количество выявлен. объектов Au (n)	среднее содержание		Дисперсия содержания Au	Распределение рудных объектов по разрезу (в %%)	! Продуктивность стратиграфических горизонтов (У.с.) $\Pi_{сг} = (P \cdot 5 + \Pi \cdot 3 + \Gamma_{п} \cdot 2 + \Gamma \cdot 1) \times C_p \times D_{ср}$
							C _п	C _р			
Нижний протерозой	Оскольская	Курбакинско-туманская	Молассовая риолитовая	Пикрит-базальтовая	Горизонтальная	5	3,7	4	30,1	[штриховка]	[штриховка]
							1,3	2	8,0		
Нижний протерозой	Оскольская	Яковлевская - ровская	Доломит-сланцевая граувакковая	Сланцево-доломитовая флишодная	Горизонтальная	3	1,0	2	1,6	[штриховка]	[штриховка]
							2,4	3	39,1		
Нижний протерозой	Курская	Коробковская - стойленская	Сланцево-джемситовая	Сланцево-джемситовая	Горизонтальная	30	2,1	3	29,3	[штриховка]	[штриховка]
							1,1	2	8,4		
Верхний протерозой	Михайловская	Лебединская - Александровская	Дациит-риолитовая с граувакковой; коматитит-базальтовая с джемситовый	Дациит-риолитовая с граувакковой; коматитит-базальтовая с джемситовый	Горизонтальная	20	0,2	1	0,002	[штриховка]	[штриховка]
							1,1	2	8,4		
Нижний протерозой	Обоянская	Обоянская	Тоналит-амфиболит-гнейсовый	Тоналит-амфиболит-гнейсовый	Горизонтальная	3	0,2	1	0,002	[штриховка]	[штриховка]
							1,1	2	8,4		

Рисунок. Золотоносность стратифицированных образований раннего докембрия КМА: I. Литология: 1 – гнейсы; 2 – амфиболиты; 3 – диоритогнейсы; 4 – коматититы, пикриты; 5 – базальты (а), трахибазальты (б); 6 – андезиты; 7 – дациты; 8 – риолиты, риодациты; 9 – конгломераты полимиктовые (а) и олигомиктовые (б); 10 – конгломераты; 11 – песчаники, гравелиты; 12 – сланцы глинистые (а) и углистые (б); 13 – доломиты, известняки; 14 – железистые кварциты. II. Предполагаемый потенциал на Au геологических протоформаций: 1 – высокий; 2 – средний; 3 – низкий. III. Категоризация рудных объектов золота: 1 – рудопроявления (Р); 2 – пункты минерализации (П); 3 – геохимические аномалии площадные (Гп); 4 – то же, точечные (Гт)

Четвертый этап. Образование скарнов, грейзенов, жильных гидротермалитов в связи с повторным полифациальным метаморфизмом нижепротерозойских толщ, но уже на средних глубинах, куда с некоторым запозданием внедрились гранитоидные интрузии стойло-николаевского комплекса. Проявления ГМД группируются около интрузий, но без образования присущих магматогенным проявлениям концентрических зон.

Золотоносность околоинтрузивных проявлений ГМД установлена давно и традиционно связывается с магматическим источником. Главный аргумент – высокий кларк Au в неизмененных гранитоидах пространственно разобщенных интрузий стойло-николаевского комплекса [8]. Однако на примере многих золоторудных проявлений Тим-Ястребовской структуры можно показать, что продуктивность околоинтрузивных метасоматитов в первую очередь зависит от состава вмещающей среды. Если в разрезе вмещающих пород отсутствуют черные сланцы, то содержания Au в метасоматитах не превышают 0,1 г/т. По результатам наших исследований на Луневском участке, устанавливается крайне слабая аутометасоматическая переработка гранитоидов главной и жильной фаций интрузии стойло-николаевского комплекса. Примечательно, что в эндоконтактах гранитных жил, в случаях пересечения ими пластов сульфидоносных черных сланцев, появляется тонковкрапленная пиритизация – признак встречной диффузии вещества из вмещающих пород.

Приведенные факты переводят вопрос о геохимической специализации гранитных магм в другую плоскость: а были ли необходимые условия для реализации золотоносности магм в рудогенез? Набор положительных факторов рудогенеза у проявлений ГМД четвертого и третьего этапов почти одинаков. Сопоставляемые гидротермальные системы резко отличаются по размерным характеристикам и кинетике минералообразования, связанной с глубиной процесса. Опираясь на указанные факторы, мы считаем золоторудные проявления четвертого этапа менее перспективными, чем рудопроявления третьего этапа.

Пятый этап. Формирование множества “сквозных” гидротермальных жил, прожилков, тел метасоматитов пропилит – березит – лиственитового ряда в связи с тектонической переработкой консолидированных толщ нижнего протерозоя на малых глубинах. Однотипные проявления ГМД распространены и в гнейсовом основании синклинорных структур [3]. То есть, гидротермальная палеосистема была гигантской по площади и довольно однородной в антиклинорных и синклинорных структурах.

Присутствие в некоторых телах метасоматитов из разных участков теллури-висмут-сурьмяной минерализации, не свойственной геохимии вмещающих пород, включая черные сланцы, косвенно указывает на ведущую роль глубинных источников

рудного вещества. В метасоматитах с такой “чуждой” минерализацией резко возрастает частота встречаемости самородного золота, иногда с существенной примесью Те (данные по Кшенскому, Луговскому и другим рудопроявлениям Тим-Ястребовской грабен-синклинали). В большинстве своем рассматриваемые проявления ГМД безрудны, что, в общем-то, является нормой для рудоносных гидротермальных систем фанерозоя обычно многостадийного развития. На Луговском участке одна из даек микродиоритов внедрилась в пропицитизированные катаклазиты и позже подверглась дроблению с развитием минералов пропицитовой ассоциации, что служит лучшим аргументом многостадийности пятого этапа ГМД.

Из рассмотренных этапов ГМД пятый этап является единственным, для которого вполне надежно устанавливается привнос ювенильного золота. Данный этап совпадает с периодом кратонизации, тектономагматической активизации и полного “созревания” территории КМА на промышленное золотое оруденение.

Заключение

Авторский прогноз в отношении промышленного золотого оруденения сейчас не актуален по причине известных экономических трудностей в стране. Но научное исследование региона продолжается. В этой связи хотелось обратить внимание на ряд общепроблемных вопросов, затронутых в статье. Большинство вопросов относится к действующей схеме магматизма КМА.

По данной схеме, биотит-карбонатные дайки чернянского типа сопоставляются с карбонатитами дубравинского интрузивного комплекса. По мнению автора, упомянутые дайки, возможно, являются метаморфизованными гидротермальными жилами. Мнение основано на аналогии даек чернянского типа с мраморизованными прожилками Луговского участка по таким признакам как: приуроченность к участкам проявления регионального полифациального метаморфизма, локализация в виде секущих тел только в мощных пластах вязких пород, одинаковый биотит-карбонатный состав.

Второй вопрос. В раннем протерозое было два этапа зонального метаморфизма. Поздний этап многие исследователи трактуют как контактовый метаморфизм, что сейчас не принципиально. Важно, что оба этапа метаморфизма со специфичными проявлениями ГМД синхронны с гранитоидным интрузивным магматизмом. Поздний метаморфический комплекс определенно взаимосвязан со стойло-николаевским интрузивным комплексом. Место более древних синметаморфических гранитоидов вакантно, поскольку в схеме магматизма гранитоиды павловского, малиновского комплексов располагаются выше (моложе) гранитоидов стойло-николаевского комплекса.

Третий вопрос – по поводу синхронности вулканитов курбакинской и тимской свит. Приве-

денные в статье материалы о принципиальных различиях вулканогенных метасоматитов западной и восточной палеовулканических зон, возможно, представляют интерес для геодинамических построений. Однако, отсутствуют иные данные (например, по гранитоидному магматизму), указывающие на быструю кратонизацию западного сегмента КМА в период между накоплением толщ курской и оскольской серий.

По мнению автора, Белгородско-Михайловская синклиноральная зона и особенно Михайловская рабено-синклиналь являются уникальными раннедокембрийскими структурами, наиболее сохранившимися в условиях тотального многоэтапного метаморфизма. Надо полагать, что дальнейшее изучение этих структур приведет не только к уточнению существующих схем магматизма, стратиграфии, но и поможет расшифровать геологическую историю онтогенически более сложной и более насыщенной рудопроявлениями золота Воронежско-Алексеевской структурной зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рожков И.С., Хенкина С.Б. Проявления гидротермального метаморфизма и золотоносности в нижнепротерозойской толще Курской магнитной аномалии // ДАН СССР. - 1968. - Т. 178, № 2. - С. 438-441.
2. Середина М.А. Околорудные гидротермальные изменения, связанные с гранитоидными комплексами на территории Тим-Ястребовской структуры КМА // Металлоносность центральных районов Восточно-Европейской платформы. - М., 1979. - С. 69-81.
3. Ляховкин Ю.С. Метаморфогенная минералогическая палеосистема центральной части Воронежского кристаллического массива // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. - 2002. - № 2. - С. 59-72.
4. Методика изучения гидротермально-метасоматических образований / Плюшев Е.В., Ушаков О.П. и др. - Л., 1981. - 260 с.
5. Жданов В.В. Полиметасоматиты фундамента Восточно-Европейской платформы // Геология, петрология и металлогения кристаллических образований Восточно-Европейской платформы. - М., 1976. - Т. II. - С. 189-196.
6. Ляховкин Ю.С. Типизация проявлений золотого оруднения Воронежского кристаллического массива // Отечеств. геология. - 2001. - № 6. - С. 16-21.
7. Ляховкин Ю.С., Благонадеждин Б.И. Типизация малоглубинных золоторудных месторождений // Сов. геология. - 1993. - № 1. - С. 18-26.
8. Кононов Н.Д., Леоненко И.Н. Специализация на золото докембрийских интрузивных и метаморфических комплексов Воронежского кристаллического массива // Геология, петрология и металлогения Восточно-Европейской платформы. - М., 1976. - Т. II. - С. 147-150.