

## Докембрийское золото Курской магнитной аномалии

В.А. ДУНАЕВ (ФГУП ВИОГЕМ)

История изучения золотоносности докембрийского кристаллического фундамента региона КМА охватывает примерно сорокалетний период. К настоящему времени накоплен обширный фактический материал, установлены десятки рудопроявлений золота, но вопрос о перспективах обнаружения его промышленных скоплений остается открытым. При этом доминирует оптимистическая оценка докембрийской золотоносности КМА [3, 4, 9, 10]. В данной статье автор излагает альтернативную точку зрения, основанную на анализе особенностей геотектонического развития КМА в докембрии, рудноформационной принадлежности и параметров оруденения установленных проявлений золота.

**Основные черты геологического строения и геотектонического развития докембрийского фундамента.** Кристаллический фундамент КМА сложен метаморфическими и магматическими породами архея и нижнего протерозоя (карелия). Глубина его залегания под обводненными породами осадочного чехла в присводовой части Воронежской антеклизы составляет в среднем 100—200 м, увеличиваясь с удалением от ее свода до 400—600 м и более. В разрезе фундамента выделяют 4 серии первичных осадочных и вулканических пород (снизу вверх): обоянскую, михайловскую, курскую и оскольскую, подвергнувшись метаморфизму различных фаций: амфиболитовой (обоянская и нижняя часть разреза михайловской серии), эпидот-амфиболитовой (верхняя часть разреза михайловской серии), от зеленосланцевой до эпидот-амфиболитовой (курская и оскольская серии) [5].

*Обоянская серия* нижнего архея (саамия) представлена главным образом плагиогнейсами (биотитовыми, амфибол-биотитовыми, иногда графитсодержащими). Природа первичного субстрата гнейсов не ясна. Наиболее вероятно, что он состоял из песчаников (полимиктовые и граувакковые) и пелитов. Среди гнейсов встречаются прослои амфиболитов (по-видимому, по основным вулканикам) и магнетит-амфибол-кварцевых пород, образованных при метаморфизме кремнисто-железистых осадков. Мощность серии не установлена.

*Михайловская серия* верхнего архея (лопия) сложена метаморфитами, образованными по первичным эффузивам и вулканогенно-осадочным породам. Предполагаемая мощность михайловской серии — от сотен до первых тысяч метров. В ее составе выделяют две свиты: нижнюю — александровскую, представленную метавулканиками коматиит-базальтовой формации (амфиболиты, ортосланцы основного и ультраосновного составов), маломощными прослоями железистых кварцитов железисто-кремнисто-метабазитовой формации, и верхнюю — лебединскую, сложенную метавулканиками базальт-риодацитов формации (ортосланцы среднего и кислого составов), метапесчаниками и металаеволитами. Непосредственный контакт пород михайловской и обоянской серий нигде на КМА не установлен. Возможно, что обоянская серия в принятом на сегодня объеме включает и глубоко метаморфизованные части разреза михайловской серии.

*Курская серия* нижнего протерозоя (карелия) представлена двумя свитами: нижней (стойленская) терригенной и верхней (коробковская) терригенно-железисто-кремни-

стой. Наибольшая мощность пород курской серии по различным оценкам 1500—3000 м. В ее основании залегают метаморфизованные конгломераты.

*Оскольская серия* характеризуется терригенно-обломочными, в т.ч. углеродистыми, карбонатными и железисто-кремнистыми фациями осадочных пород. На отдельных участках КМА в средней части разреза этой серии встречаются вулканиды преимущественно основного состава. Мощность серии до 3500 м.

Докембрийская история геологического развития региона КМА включает четыре этапа: раннеархейский (прото-континентальный), позднеархейский (гранит-зеленокаменный), раннекарельский (подвижных поясов) и позднекарельский (платформенный). Число этапов, их радиологические возрастные границы и характерные интрузивные комплексы приняты по работе [5], но трактовка геологических событий отдельных этапов, особенно позднеархейского и раннекарельского, автор дает несколько по-иному, чем в указанной работе.

**Раннеархейский этап** (4,0—3,1 млрд.лет) характеризовался формированием протоконтинентальной коры преимущественно гранитогнейсового облика за счет мощной гранитизации пород обоянской серии. Завершился он внедрением интрузий бесединского комплекса габбро-анортозитовой формации.

**Позднеархейский этап** (3,1—2,5 млрд.лет) реализовался в две последовательные стадии: рифтогенную и орогенную. Рифтогенная проявилась растяжением, утонением протоконтинентальной коры, ее деструкцией и дифференцированным прогибанием, излиянием через образованные трещины лав (сначала коматиит-базальтовых, а затем базальт-риодацитовых), накоплением вулканогенно-осадочных отложений. В результате сформировалась толща пород михайловской серии, в которую внедрились комагматичные базит-гипербазитовым вулканикам субвулканические и гипабиссальные интрузии сергиевского комплекса дунит-перидотит-габбровой формации. В орогенную стадию регион КМА подвергся сжатию, дислокационному и региональному метаморфизму (зеленокаменному по породам михайловской серии), а затем мощному палингено-анатектическому гранитообразованию. В начале появились гранитоиды мигматит-плагиогранитовой формации (салтыковский комплекс), а затем субщелочные калиевые гранитоиды (атаманский комплекс). Завершился позднеархейский этап стабилизацией данного региона и превращением этого участка земной коры в кратон, испытывающий поднятие.

В итоге на Курской магнитной аномалии сформировалась характерная для архейского этапа развития древних платформ гранит-зеленокаменная область. Такие области обычно представлены двумя структурными элементами: гранитогнейсовыми ареалами, составляющими не менее 60—80% площади области, и как бы врезанными в эти ареалы узкими протяженными, часто извилистыми синклиналеобразными зеленокаменными поясами, сохранившимися от предпротерозойской эрозии корневыми частями наиболее глубоких прогибов в архейской протоколе, оси которых трассируют глубинные разломы — проводники маг-

матического материала, сформировавшего зеленокаменную составляющую гранит-зеленокаменных областей. Вследствие разной интенсивности растяжения архейской протокры и других факторов, действующих в процессе формирования гранит-зеленокаменных областей, в различных регионах мира они отличаются друг от друга размерами и формой зеленокаменных поясов, мощностью и полнотой разреза слагающих их пород, а также степенью обособленности поясов от гранитогнейсовых ареалов.

Поскольку существенная часть докембрийского золота нашей планеты сосредоточена именно в зеленокаменных поясах, все исследователи Курской магнитной аномалии, начиная с Е.М.Крестина, впервые установившего наличие в зеленокаменной толще этого региона коматиитов, стремились выделить и оконтурить такие пояса. В частности, Е.М.Крестин [7] оперировал 4 поясами (Михайловско-Белгородский, Сторожевско-Борисовский, Суджанский и Петровско-Волотовский). Н.М.Чернышев [9] выделил 3 пояса в объеме Крупецко-Криворожского, Михайловско-Белгородского и Орловско-Оскольского грабен-синклиналиев, необоснованно включив в зеленокаменную толщу породы курской и оскольской серий, а Б.М.Демченко с соавторами [3] — 5 поясов (Навлинский, Льговско-Ракитянский, Золотухинско-Валуйский, Павловско-Стрелицкий и Щекинско-Данковский).

Однако при непредубежденном подходе следует признать, что в докембрии Курской магнитной аномалии преобладает рассредоточенное распространение зеленокаменных пород (михайловской свиты) в виде многочисленных узких полос (преимущественно линейных, вытянутых согласно с простираем основных структур региона, иногда дуговидных) и участков неправильной формы с некоторым относительным разряжением их в Курско-Корожанском горст-антиклинории (см. рисунок). Это свидетельствует о том, что на Курской магнитной аномалии в позднеархейский этап преобладал рассеянный рифтинг с формированием широкого площадного ареала лавовых излияний, без заполнения ими локальных глубоких впадин, т.е. без образования четко отделенных от гранитогнейсовых полей зеленокаменных поясов. Об этом свидетельствует и небольшая (до 2 км) установленная мощность разреза пород михайловской серии. В типичных зеленокаменных поясах мощность стратифицированного разреза составляет 5—20 км.

**Раннекарельский этап** (2,5—1,9 млрд.лет) связан с формированием на протоплатформенном архейском основании линейных подвижных поясов (авлакогенов), соответствующих в современной структуре КМА грабен-синклиналиям (Крупецкий, Михайловско-Белгородский и Орловско-Оскольский). Этот процесс осуществлялся также в две стадии: раннюю (стадию формирования прогибов и накопления в них осадков курской и оскольской серий) и орогенную, в которую наблюдалась интенсивная складчатость и региональный метаморфизм отложений указанных серий, а также образование золотухинского габбро-перидотитового и стойло-николаевского габбро-диорит-гранодиоритового интрузивных комплексов. **Позднекарельский этап** (1,9—1,65 млрд.лет) характеризовался сугубо платформенным режимом тектонического развития региона с несколькими эпизодами его тектономагматической активизации.

Докембрийское золото Курской магнитной аномалии связано с позднеархейским и главным образом раннекарельскими этапами геотектонического развития этого регио-

на. Раннеархейский и позднекарельский этапы не сопровождались золотым оруденением.

**Золотоносность позднеархейского этапа.** На Курской магнитной аномалии известны единичные проявления золота в породах михайловской серии, причем не все они могут быть отнесены к позднеархейскому этапу, так как нет радиохронологических определений возраста оруденения. Более или менее уверенно позднеархейскими можно считать залегающие в метавулканитах *золотосульфидное* Авилское и *золото кварц-сульфидное* Южно-Реутецкое рудопроявления с низкой (от 0,01 до 2,7 г/т) концентрацией золота в единичных пересечениях (см. таблицу).

Следует обратить внимание на незначительное (на уровне кларкового) содержание сингенетического золота в вулканитах михайловской серии, в т.ч. в коматиитах 2—100 мг/т [7]. Учитывая, что для архейских зеленокаменных поясов характерны стратиформно-регенерированные золоторудные месторождения в породах с высокой концентрацией сингенетического золота, указанное обстоятельство свидетельствует о низких перспективах золотоносности зеленокаменных пород КМА. Перспективы развития на КМА золото-джеспилитовой формации, связанной с эксгалиционно-осадочным накоплением золота в породах железисто-кремнисто-метабазитовой формации, также невелики из-за небольшой мощности (1—30 м) и крайне ограниченного площадного развития слагающих ее пород. Низкая продуктивность на золото в целом зеленокаменных пород Курской магнитной аномалии обусловлена, на наш взгляд, особенностями геологического развития этого региона в позднем архее (рассеянный рифтинг, площадное излияние лав без формирования четко выраженных зеленокаменных поясов), о которых уже говорилось.

Что касается гидротермального золотого оруденения, связанного с гранитоидами орогенной стадии позднеархейского этапа (салтыковский и атаманский интрузивный комплексы), то примеров проявления такого оруденения в данном регионе нет. Кроме того, гранитоиды этих комплексов не обнаруживают золотой специализации (содержание в них золота ниже кларкового [2]) и закономерной пространственной связи с известными рудопроявлениями золота. Изложенное не дает оснований считать упомянутые гранитоиды рудопродуктивными на золото.

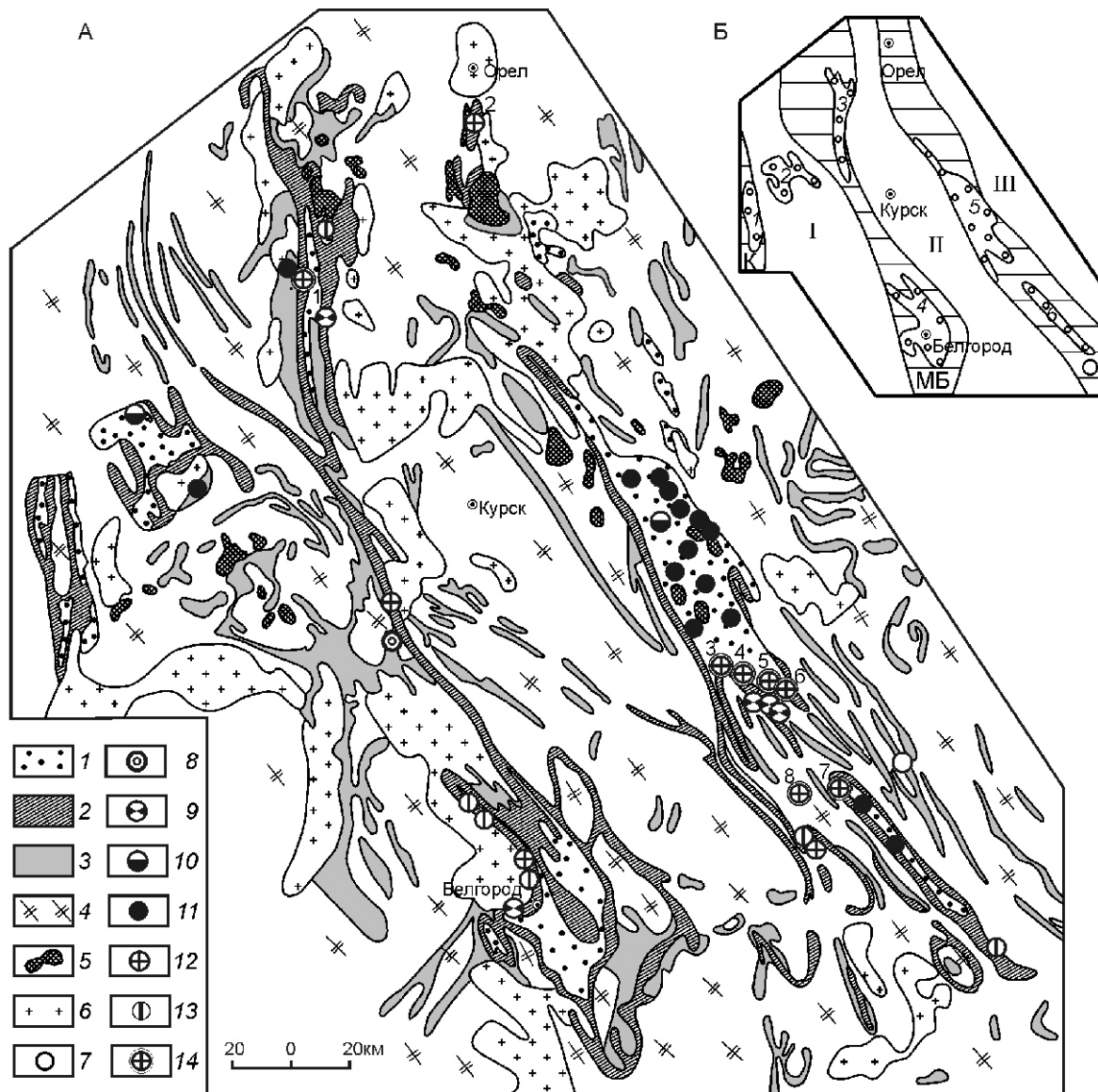
**Золотоносность раннекарельского этапа.** Абсолютное большинство известных на КМА рудопроявлений золота образовано в раннекарельское время. Все они приурочены к грабен-синклиналиям структурам, определяющим геотектонический облик региона в данный этап (см. рисунок). На стадии формирования прогибов шло хомогенно-осадочное накопление сингенетического золота в благоприятных для этого фациях осадков, пласты которых в орогенную стадию преобразовались в стратиформно-регенерированные рудопроявления золота. Они известны в грубообломочных метапородах в основании курской серии (формация золотоносных конгломератов) и углеродистых сланцах оскольской (золотосульфидная формация). Сингенетическое золото в рассеянном виде (от следов до 0,01—0,5 г/т) присутствует в железистых кварцитах коробковской свиты [11].

*Формация золотоносных конгломератов* представлена на Курской магнитной аномалии несколькими проявлениями в грубообломочных породах основания курской серии. Наиболее продуктивны метапороды (кварцитопесчаники, гравелиты, конгломераты) стойленской свиты в Старооскольском

районе. Золото в них обнаружено на участках Коробковском (северо-восточное и южное крыло Коробковской синклинали, Стретенская антиклиналь) и Александровском (южное обрамление Лебединского железорудного месторождения). Однако золотоносными оказались только отдельные, не увязывающиеся между собой опробованные интервалы. Концентрация золота в них составила на участке Коробковском 0,06—0,6 г/т на 0,1—2,45 м, на Александровском — от 0,1—0,45 г/т на 1—6 м (Южно-Лебединское рудопроявление) до 1—3 г/т на 1—3,1 м (Александровское рудопроявление). Размер золотин 0,003—0,006 мм. Сульфиды представ-

лены пиритом и пирротиним. Спорадический характер развития золота и низкий уровень его концентрации в породах стойленской свиты обусловлен крайне слабой золотоносностью архейского гранит-зеленокаменного основания, в результате разрушения которого происходило накопление кластогенного золота в базальных отложениях курской серии.

Золотосульфидная формация представлена стратиформным оруденением в углеродистых сланцах оскольской серии (Стрекаловское рудопроявление в Рыльской и Луневское в Тим-Ястребовской грабен-синклиналях). Характер орудене-



**Размещение золоторудных проявлений в докембрии Курской магнитной аномалии (А) и его структурная схема (Б).** Основа по геологической карте Воронежского кристаллического массива масштаба 1:500 000, 1999. Структурная схема по [5]:

метаморфические образования серий: 1 — оскольской, 2 — курской, 3 — михайловской, 4 — обоянской; 5 — интрузивы раннекарельского стойло-николаевского комплекса; 6 — позднеархейские гранитоиды; проявления формаций позднеархейского этапа: 7 — золотосульфидная и 8 — золотокварц-сульфидная; формации раннекарельского этапа: метаморфогенные (9 — золотоносных конгломератов, 10 — золотосульфидная), гидротермальные (11 — золотосульфидная, 12 — золотокварц-сульфидная, 13 — золотокварцевая); 14 — месторождения железистых кварцитов, в которых установлены гидротермальные золоторудные проявления: А (1 — Михайловское, 2 — Орловское, 3 — Панковское, 4 — Коробковское, 5 — Лебединское и Стойло-Лебединское, 6 — Стойленское, 7 — Северо-Волоотовское, 8 — Чернянское); Б — грабен-синклинории: К — Крупецкий, МБ — Михайловско-Белгородский, О — Орловско-Оскольский; горст-антиклинории: I — Льговский, II — Курско-Корочанский, III — Ливенско-Лосевский; грабен-синклинали: 1 — Крупецкая, 2 — Рыльская, 3 — Михайловская, 4 — Белгородская, 5 — Волоотовская



ния вкрапленный, прожилково-вкрапленный. Суммарное содержание сульфидов колеблется в широких пределах — от 2—10 до 15—30%. Среди них преобладают пирит и пирротин, встречаются халькопирит, галенит, сфалерит и арсениопирит. Наиболее изучено Луневское рудопроявление, которое можно считать типоморфным для рассматриваемой формации. Оно расположено в центральной части Тим-Ястребовской грабен-синклинали и приурочено к небольшой синклиальной складке, сложенной породами нижнетимской подсвиты. По данным работы [9], это рудопроявление представляет собой горизонт окварцованных сульфидоносных углеродистых сланцев, внешне практически не отличающихся от вмещающих пород мощностью 25—30 м. Кроме золота (0,8—2,2 г/т) в рудах присутствуют металлы платиновой группы (0,05—1 г/т).

Следует признать маловероятным обнаружение на Курской магнитной аномалии промышленного оруденения рассмотренной формации. Об этом, во-первых, свиде-

тельствует малочисленность установленных рудопроявлений, несмотря на неплохую изученность площадей распространения углеродистых пород оскольской серии, и незначительное содержание в рудах золота. Во-вторых, как показали результаты проведенных в 90-е годы широкомасштабных исследований хемогенно-осадочной металлоносности углеродистых сланцев КМА [8], первичная концентрация благородных металлов в них была очень низкой. Небольшая интенсивность гидротермальных синметаморфических процессов, на что указывают слабые эпигенетические изменения рудоносных углеродистых пород, также не способствовала мобилизации благородных металлов и обогащению ими отдельных горизонтов указанных пород. Поэтому трудно согласиться с утверждением Н.М.Чернышева с соавторами [10] о том, что стратиформный тип оруденения в углеродистых сланцах оскольской серии обладает «высокими концентрациями платиноидов и золота, крупномасштабными ресурсами».

### Характеристика золотого оруденения докембрия КМА

Генетический тип	Рудная формация	Вмещающие породы	Морфология рудных тел	Сопутствующие сульфиды	Уровень концентрации золота, г/т	Примеры рудопроявлений
Метаморфогенный (стратиформно-регенерированный)	<i>Позднеархейский этап (гранит-зеленокаменный)</i>					
	Золото-сульфидная	Метавулканыты Михайловской серии	Линзо-, пластообразная	Пирит, пирротин, (марказит, халькопирит, арсениопирит)	0,8—1,28 на 0,7—1,2 м	Авильское
	Золотокварц-сульфидная			Пирит, (халькопирит, арсениопирит, пирротин)	0,01—1 (до 2,7) на 0,3 м	Южно-Реутецкое
	<i>Раннекарельский этап (подвижных поясов)</i>					
	Золотоносных конгломератов	Метаморфиты в основании курской серии	Линзо-, пластообразная	Пирит, пирротин	0,06—0,6 (до 1—3) на 0,1—3 (до 6) м	Южно-Лебединское, Александровское, Южно-Коробковское
Золото-сульфидная	Углеродистые сланцы оскольской серии	Пирит, пирротин (арсениопирит, халькопирит, сфалерит, галенит, борнит, пентландит)		0,2—0,8 (до 2,2) на 2—5,7 м	Луневское, Стрекаловское	
Магматогенно-гидротермальный	Золото-сульфидная	Углеродистые сланцы и метавулканыты оскольской серии	Минерализованные зоны дробления и трещиноватости метаморфитов	Пирит, (пирротин)	0,01—2,6 (до 4—10) на 0,15—3,5 м	Кшенское, Верхнеберезовское, Луговское, Тимское, Волоотовское
		Метавулканыты Михайловской серии				Студенокское, Михайловское
	Золотокварц-сульфидная	Метаморфиты курской серии			0,01—4 на 0,2—5 м	На Михайловском, Коробковском, Стойленском и других месторождениях железистых кварцитов
	Золотокварцевая	Кварцито-песчаники, гранитоиды, метавулканыты кислого и среднего состава		Зоны жил и прожилков	Пирит, (халькопирит)	0,2—2,6 (до 13,6) на 0,1—1,5 м

Примечание. В скобках указаны второстепенные сульфиды.

Орогенная стадия раннекарельского этапа развития рассматриваемого региона наиболее продуктивна в отношении золотого оруденения. К этой стадии относится большинство известных проявлений и точек минерализации золота, локализованных в Михайловско-Белгородском и Орловско-Оскольском грабен-синклинориях. Все они имеют гидротермальный генезис и контролируются продольными разломами, образуя иногда золоторудные зоны протяженностью до 70—100 км и шириной до 2—8 км или несколько субпараллельных таких зон (например, Воскресенская, Мальцевско-Прилепская и Тим-Панковская в центральной части Тим-Ястребовской грабен-синклинали).

Оруденение представлено минерализованными зонами расщепления или дробления пород, а также зонами кварцевых жил и прожилков. Часто золотоносные тектонические зоны залегают субсогласно с вмещающими породами. Кварцевые жилы и прожилки встречаются и в минерализованных зонах, но не играют в них сколько-нибудь существенной роли. Для рудопроявлений золота орогенной стадии характерны геохимические аномалии Cu, Zn, Pb и Ba, иногда Co и Ni.

Характер околорудных гидротермальных изменений зависит главным образом от состава вмещающих пород. По алюмосиликатным породам кислого и среднего составов (гранитоиды, гранодиориты, диорит-порфириты и др.) развиваются преимущественно березиты, вулканитам среднего и основного составов — пропилиты, гипербазитам — листвениты, кварцитопесчаникам — существенно кварцевые метасоматиты. В железистых кварцитах и сланцах обычно наблюдается окварцевание, карбонатизация и хлоритизация.

У большинства исследователей Курской магнитной аномалии не вызывает сомнения парагенетическая связь гидротермального золотого оруденения рассматриваемой стадии с позднеорогенными интрузиями стойло-николаевского комплекса габбро-диорит-гранодиоритовой формации. Доказательства наличия такой связи достаточно убедительные. Прежде всего, это пространственная ассоциация рудопроявлений и интрузивов стойло-николаевского комплекса, их приуроченность к одним и тем же разломам позднеорогенного возраста, явная специализация на золото-диорит-гранодиоритовых породах комплекса (в них содержание золота в два и более раз превышает кларковое, а в гранитоидах остальных магматических комплексов данной аномалии оно меньше кларкового).

Широко проявленная базитовая составляющая стойло-николаевского комплекса, повышенное содержание в его породах элементов, характерных для основных магм (Cu, Ni, Co и др.) свидетельствуют о мантийно-коровом происхождении магмы глубинных промежуточных очагов, которые дали расплавы, сформировавшие интрузивные тела этого комплекса. Важно отметить, что связь гидротермального золотого оруденения с орогенной габбро-диорит-гранодиоритовой формацией мантийно-корового генезиса характерна и для фанерозоя [6], что подтверждает золоторудно-продуктивный потенциал стойло-николаевского интрузивного комплекса.

По относительному содержанию сульфидов различают гидротермальные золотосульфидную (25% и более), золотокварц-сульфидную (2—25%) и золотокварцевую (2%) формации. Приведенные критерии указанного показателя достаточно условные. Поэтому для идентификации золоторудной формации важное значение имеет характер ору-

денения и особенности вмещающих пород, причем, эти два признака часто связаны друг с другом.

*Золотосульфидная формация* характеризуется преимущественно метасоматическим вкрапленным, прожилково-вкрапленным оруденением, в массе которого нередко встречаются маломощные кварцевые жилы и прожилки. Среди сульфидов преобладают пирит, иногда совместно с пирротином, редко с арсенопиритом, встречается примесь халькопирита, сфалерита, галенита, иногда пентландита. На многих рудопроявлениях этой формации обнаружены элементы платиновой группы (от десятых долей до первых граммов на тонну). Золотосульфидная формация характерна для черносланцевых (с пачками вулканитов) толщ пород оскольской серии Орловско-Оскольского грабен-синклинория.

Большинство рудопроявлений такого формационного типа обнаружено в центральной части Тим-Ястребовской грабен-синклинали. Они залегают в метавулканитах основного состава (Верхнеберезовское, Луговское, Панковское-1, Кшенское и др.), брекчиях неясного генезиса среди метабазитов (Тимское-I), углеродистых сланцах (Вишнево-Мальцевское, Тимское-III, Погоженское и др.). В Волотовской грабен-синклинали известно одноименное рудопроявление, представленное минерализованными зонами дробления на контакте углеродистых сланцев роговской свиты оскольской серии и субпластовыми базитовыми интрузиями золотухинского комплекса.

Ряд рудопроявлений золотосульфидного формационного типа залегают в метапородах михайловской серии (Студенокское в Рыльской грабен-синклинали, Михайловское в одноименной грабен-синклинали, Западно-Лебединское в юго-восточном замыкании Тим-Ястребовской грабен-синклинали). Они отчетливо контролируются разломами, связанными с орогенной стадией формирования протерозойских подвижных поясов Курской магнитной аномалии.

Вероятно, повышенное содержание сульфидов в рудах рассматриваемой формации обусловлено заимствованием серы из первично обогащенных ею углеродистых пород оскольской серии или базит-гипербазитовых метавулканитов михайловской.

В целом золотосульфидное оруденение КМА характеризуется низким (0,01—2,6 г/т, в единичных пробах до 4—10 г/т) содержанием золота, небольшой мощностью (0,15—3,5 м) золотоносных интервалов и прерывистым их распределением. Некоторые исследователи видят аналогию между Кшенским рудопроявлением и такими крупными золоторудными месторождениями, как Калгурли (Западная Австралия) и Гейта (Танзания) [9], а Волотовское рудопроявление считают близким аналогом золоторудного гиганта Ашанти (Гана) [4]. Однако среднее содержание золота на указанных месторождениях на порядок выше, чем у наших «аналогов», причем, Калгурли и Гейта локализованы не в черносланцевых толщах протерозойских подвижных поясов, а соответственно в породах коматит-базальтовой и джеспилит-базальтовой формаций типичных архейских зеленокаменных поясов; на месторождении Ашанти оруденение не золотосульфидное, а представлено мощными и протяженными золотокварцевыми жилами [1].

*Золотокварц-сульфидная формация* представлена гидротермальными рудопроявлениями золота в породах курской серии. Практически все известные рудопроявления этой формации установлены в железистых кварцитах ко-

робковской свиты на разведанных железорудных месторождениях Курской магнитной аномалии. Эти рудопроявления приурочены к зонам разрывных нарушений с прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией, жилами и прожилками кварцевого и карбонат-кварцевого состава. Содержание сульфидов в рудах очень изменчивое (от первых до 20—30%). Среди них преобладает пирит, иногда совместно с пирротинном.

Мощность рудных зон 0,2—5,0 м, а содержание в них золота колеблется от 0,01 до 4 г/т. Кварцевые жилы обычно маломощные (0,01—1,0 м) с низким (0,01—0,53 г/т) содержанием золота. Золото преимущественно свободное, тонкое (до 10—50 мкм), иногда мелкое (до 0,1—0,2 мм), высокопробное (780—995). Часть золота (до 5—7 г/т) присутствует в сульфидах, гематите, магнетите и силикатном агрегате. Приведенные параметры гидротермального золотого оруденения в железистых кварцитах показывают его низкую продуктивность, что при трудностях извлечения тонкого золота делает такое оруденение бесперспективным для самостоятельной разработки.

Вопрос о попутном извлечении золота на горнообогажительных комбинатах КМА из отходов обогащения железистых кварцитов, в которых его содержание составляет сотые—десятые доли граммов на тонну, пока не решен из-за отсутствия экономической и экологически приемлемой технологии. В указанных отходах, кроме гидротермального золота охарактеризованных локальных рудных зон, присутствует также рассеянное хемогенно-осадочное золото железистых кварцитов, частично перераспределенное в процессе регионального метаморфизма раннекарельского этапа.

*Золотокварцевая формация* представлена зонами кварцевых (иногда с карбонатом, альбитом и другими минералами), маломощных (0,1—1,5 м) жил и прожилков. В них, как правило, присутствует вкрапленность пирита, реже халькопирита. Рудопроявления рассматриваемой формации залегают обычно в кварцитопесчаниках стойленской свиты (Яковлевское, Южно-Висловское, Северо-Погромцево, Алексеевское), позднеархейских гранитоидах (Новоялтинское, Игнатьевское, Светло-Дунайское), метавулканитах кислого и среднего составов (отдельные участки Кшенского, Вишнево-Мальцевского и Луневского рудопроявлений). С точки зрения поисков промышленного объекта в докембрии Курской магнитной аномалии золотокварцевая формация бесперспективна. Об этом свидетельствуют низкий уровень концентрации золота (от 0,2 до 2,6 г/т, в одной пробе 13,6 г/т на 0,7 м) и незначительная мощность рудных тел.

В заключение следует отметить, что основные золоторудные эпохи докембрия Курской магнитной аномалии соответствуют позднеархейскому (гранит-зеленокаменному) и раннекарельскому (подвижные пояса) геотектоническим этапам, причем, наиболее золотоносным оказался раннекарельский этап, точнее его орогенная стадия. Слабое развитие на КМА золотого оруденения в зеленокаменных породах позднего архея, с которыми обычно связана промышленная докембрийская золотоносность, обусловлено отсутствием в этом регионе типичных зеленокаменных поясов, четко отделенных от гранитоидных ареалов.

Золотое оруденение раннекарельского этапа представлено стратиформно-регенерированными рудопроявлениями золота в метапородах базальных слоев курской серии (формация золотоносных конгломератов) и углеродистых слан-

цах оскольской серии (золотосульфидная формация), а также гидротермальным оруденением в минерализованных тектонических зонах, парагенетически связанным с позднеорогенным стойло-николаевским габбро-диорит-гранодиоритным интрузивным комплексом (золотосульфидная, золотокварц-сульфидная и золотокварцевая формации).

Стратиформно-регенерированные рудопроявления формации золотоносных конгломератов и золотосульфидной формации представлены убогим оруденением, что обусловлено для первой из них слабой золотоносностью гранит-зеленокаменного основания курской серии — источника кластогенного золота в конгломератах, а для второй — низкой концентрацией сингенетического золота в углеродистых породах оскольской серии. Среди гидротермальных золоторудных формаций раннекарельского этапа наиболее продуктивна золотосульфидная, но и она характеризуется непромышленными параметрами оруденения.

Таким образом, неблагоприятные геологические предпосылки (отсутствие в докембрии Курской магнитной аномалии типичных зеленокаменных поясов) и фактически установленная слабая продуктивность золотого оруденения различных геотектонических этапов и формационных типов (низкий уровень концентрации и тонкая размерность золота, небольшие мощности рудных интервалов, прерывистость оруденения) с учетом глубокого (от 100 м и более) залегания фундамента под толщей пород осадочного чехла убеждают в бесперспективности поисков в докембрии этого региона промышленных золоторудных объектов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беневольский Б.И., Ганев И.Г., Скрипченко В.В. и др. Рудные ресурсы и их размещение по геоэпохам. благородные металлы / Под ред. Д.В.Рундквиста. —М.: Недра, 1995.
2. Владимирова Н.Л., Кононов Н.Д., Квитко Т.Д. Эволюция петрохимического состава и геохимической специализации гранитоидов Воронежского кристаллического массива / Металлоносность центральных районов Восточно-Европейской платформы. —М., 1976.
3. Демченко Б.М., Сычкин Н.И., Лосицкий В.И. и др. Минерогения Воронежского кристаллического массива // Геологический вестник центральных районов России. 1999. № 1—2. С. 30—33.
4. Дунай Е.И., Пономарев Б.Н. Перспективы золотоносности «черносланцевой» формации Вологодской грабен-синклинали // Геологический вестник центральных районов России. 1998. № 2—3. С. 50—56.
5. Железные руды Курской магнитной аномалии / Под ред. В.П.Орлова, И.А.Шевырева, Н.А.Соколова. —М.: Геоинформмарк, 2001.
6. Золоторудные месторождения СССР. Т. 5. Формации, закономерности размещения, перспективная оценка / Под ред. В.А.Нарсеева, Н.А.Фогельман. —М., 1999.
7. Крестин Е.М. Коматииты позднеархейских зеленокаменных поясов Воронежского кристаллического массива // Советская геология. 1980. № 9. С. 84—97.
8. Созинов Н.А., Чистякова Н.Н., Казанцев В.А. Металлоносные черные сланцы Курской магнитной аномалии. —М.: Недра, 1988.
9. Чернышев Н.М., Мяснянкин В.И. О золотоносности раннедокембрийских зеленокаменных структур КМА // Геология рудных месторождений. 1992. № 2. С. 63—70.
10. Чернышев Н.М., Молотков С.П., Буковшин В.В. Развитие минерально-сырьевой базы цветных и благородных металлов центральной зоны России в свете идей М.Н.Годлевского // Руды и металлы. 2002. № 5.
11. Щеголев И.Н., Ильяхи В.В., Холин В.М. К проблеме золотоносности железисто-кремнистых формаций криворожского типа // Геологический журнал. 1992. № 4.