



УДК 550.42:[(553.495+553.411'495+553.411+553.493):551.72](235.31)

УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ И ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ УРАНОВОГО, ЗОЛОТОУРАНОВОГО, ЗОЛОТОГО И РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОМ ПОЯСЕ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА

А. Д. Ножкин

На основе геологических и изотопно-геохимических данных выделены (млрд лет) мезопротерозойский (1,6–1,05), ранний (1,05–0,8) и поздний неопротерозойский (0,8–0,6) этапы магматизма и эволюции земной коры Енисейского кряжа. Показано, что Центральный металлогенический пояс с урановым, золотоурановым, золотым и редкометалльным оруденением контролируется Татарско-Ишимбинской системой разломов, где в посторогенный этап многократно (на рубежах 780, 750, 700 и 670–650 млн лет) проявлялся рифтогенный и внутриплитный магматизм. Выделены основные типы урановой, золотоурановой, золоторудной и редкометалльной минерализации, установлена повышенная (вплоть до экономически значимой) золотоносность известных урановых месторождений и рудопроявлений и показана корреляция с эпохами заложения рифтогенных структур и проявлениями внутриплитного магматизма. Сформулированы геолого-геохимические предпосылки формирования и прогнозирования золотоурановых и золоторудных месторождений.

Ключевые слова: мезопротерозой, неопротерозой, этапы рифтогенеза, внутриплитный магматизм; U, Au-U, Au минерализация, Енисейский кряж.

CONDITIONS OF DISTRIBUTION AND GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL PREREQUISITES FOR THE FORMATION OF URANIUM, GOLD-URANIUM, GOLD AND RARE-METAL MINERALIZATION IN THE CENTRAL METALLOGENIC BELT OF THE YENISEY RIDGE

A. D. Nozhkin

Mezoproterozoic (1,6–1,05 Ga), Early Neoproterozoic (1,05–0,8 Ga) and Late Neoproterozoic (0,8–0,6 Ga) stages of magmatism and the Earth's crust evolution of the Yenisey Ridge are distinguished based on geological and isotope-geochronological data. It is shown that the Central metallogenic belt with uranium, gold-uranium, gold and rare-metal mineralization is confined to the Tatarka-Ishimbin fault system where repeated riftogenic and intraplate magmatism took place (at the turns of 780, 750, 700 and 670–650 Ma) during the postorogenic stage. The main types of uranium, gold-uranium, gold-ore and rare-metal mineralization are distinguished, increased (up to economically sound) gold content within known uranium deposits and ore manifestations is revealed. The correlation of mineralization with initiation stages of rift structures and manifestations of intraplate magmatism is also shown. Geological and geochemical prerequisites for the formation and forecasting of gold-uranium and gold-ore deposits are summarized.

Keywords: Meso- and Neoproterozoic, rifting stage, intraplate magmatism; U, Au-U, Au mineralization, Yenisey Ridge.

Енисейский кряж – одна из наиболее интересных в геодинамическом и металлогеническом отношении докембрийских структур Сибирского кратона. В Центральном металлогеническом поясе кряжа известен ряд урановых, золотоурановых и крупных золоторудных месторождений. Выяснение природы уникальной рудоносности этого пояса и связи с процессами тектономагматизма, гидротермального метаморфизма и геохимическими характеристиками вмещающих пород являются ключевыми в решении проблем металлогении. На неразрывную связь эндогенных рудных концентраций с историей соответствующих блоков коры и эволюцией породообразующих систем, которые предшествовали и сопутствовали оруденению, указывал в своих трудах Ф. Н. Шахов [8].

ИГМ СО РАН (Новосибирск)

Этапы магматизма и эволюции коры Центрального блока Енисейского кряжа в мезо-неопротерозое

В строении Енисейского кряжа выделяются два сегмента – Южно-Енисейский и Заангарский, разделенные субширотным Нижнеангарским разломом, к югу от которого развиты раннедокембрийский Ангаро-Канский блок и неопротерозойский островодужный Предивинский террейн. Севернее р. Ангара выделяются Восточный и Центральный блок и Исаковский островодужный террейн, разделенные разломами. Гранитизированные гнейсы и сланцы кристаллического основания обнажаются только на поднятиях в Центральном блоке и характеризуются повышенными содержаниями U и Th: в гнейсах и кварцево-сланцистых углеродистых сланцах U – 3–7 г/т, Th –



17–24 г/т; в Na-K гранитоидах таракского типа U – 4–10 г/т, Th – 30–95 г/т. В конце палеопротерозоя в бассейнах шельфового типа накапливались высокоглиноземистые и углеродистые терригенные отложения с повышенными концентрациями U и Th, а в зонах рифтогенеза формировались породы габбро-долеритовой формации с содержанием Au 3–5 мг/т, в сульфидизированных разностях до 0,5–1 г/т.

Центральный металлогенический пояс располагается в пределах Татарско-Ишимбинской системы разломов, отделяющих Центральный блок от Восточного (см. рисунок). Здесь многократно и наиболее контрастно проявлены тектономагматические процессы.

На основе геологических и изотопно-геохимических данных выделены (в млрд лет): мезопротерозойский (1,6–1,05), ранний (1,05–0,8) и поздний неопротерозойский (0,8–0,6) этапы магматизма и эволюции коры Енисейского кряжа.

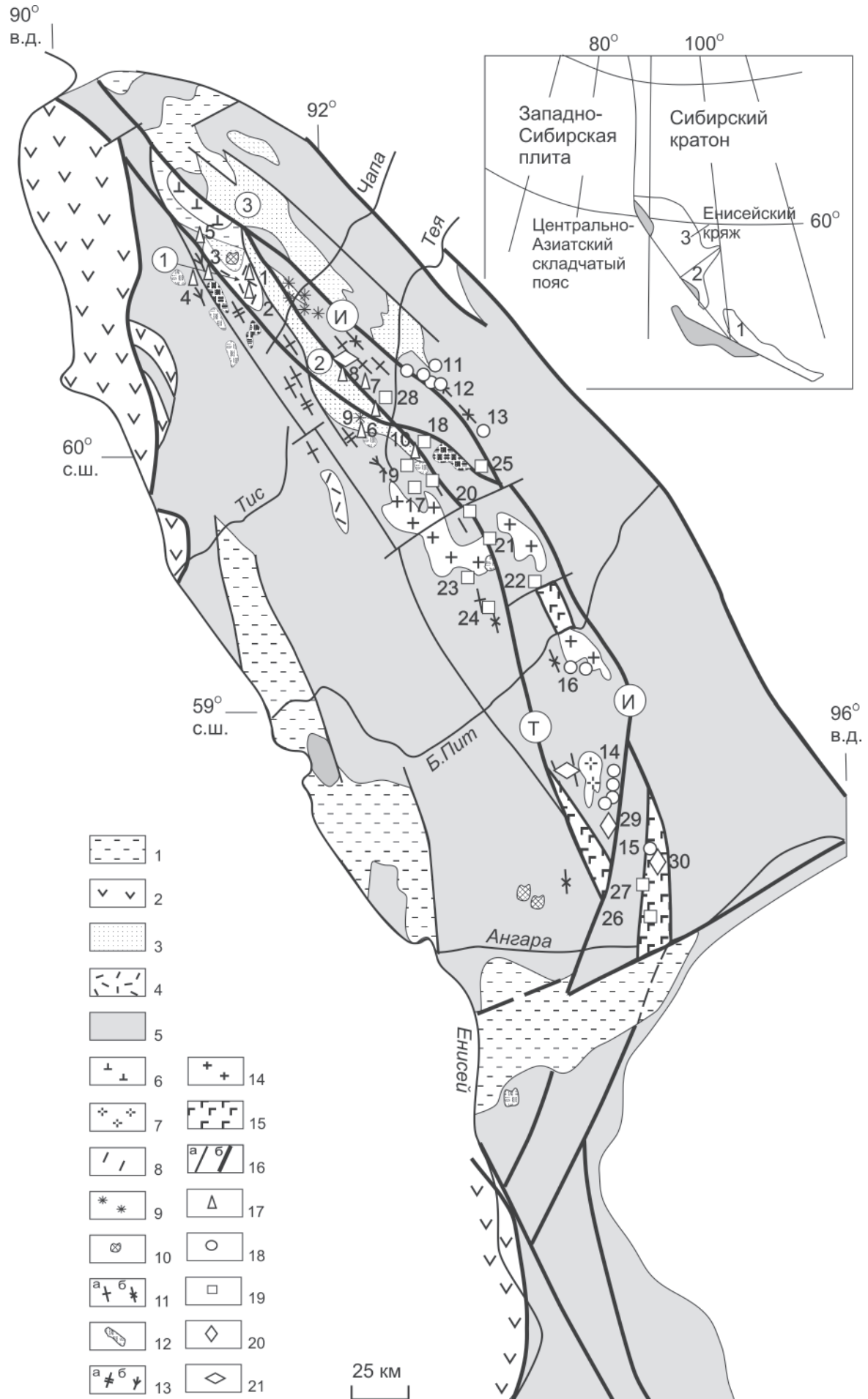
В *мезопротерозойский* этап происходит формирование Предъенсейского перикратонного прогиба, Рыбинско-Панимбинского вулканического пояса в зоне заложения Татарско-Ишимбинской системы разломов [6] и накопление терригенных осадков (до 6–7 км) сухопитской серии. Вулканиды и углеродистые терригенные сланцы этой зоны золотоносны. Содержание Au в сланцах 10–60 мг/т, в метабахитах 4–9 мг/т, в сульфидизированных разностях до 0,1–1 г/т. *Ранний неопротерозойский* этап характеризуется проявлением гренвилевского орогенеза, формированием синколлизонных гранитоидных куполов тейского типа (950–1050 млн лет) и становлением позднеколлизонных плутонов каламинского типа (865–880 млн лет). В зоне воздействия этих плутонов на черносланцево-терригенные толщи образованы дорудные метасоматиты, среди которых размещены более поздние золоторудные месторождения. В эту же эпоху происходит дальнейший рост Na-K гранитоидных куполов, сопровождавшийся концентрацией U до 4–8 и Th до 40–60 г/т. В *поздний неопротерозойский* этап происходит развитие рифтогенных структур и проявление бимодального и внутриплитного субщелочного и щелочного магматизма в зоне Татарско-Ишимбинской системы разломов. Выделяются четыре эпохи формирования рифтогенных структур, сопровождавшихся внутриплитным магматизмом на рубежах 780, 750, 700 и 670–630 млн лет. Продукты магматизма этих эпох (млн лет) представлены базальт-плагиоориолитовой (780), риолит-базальтовой (750), трахибазальт-трахитовой (700) и щелочно-пикритовой (650–670) ассоциациями [2, 6]. Проявление магматизма происходило синхронно с накоплением терригенных отложений (млн лет) рыбинской (~800–780), верхневороговской (~750–725), орловской (~730–720), чингасанской (~725–700) и чапской (650–650) серий. В обрамлении этих структур одновременно с про-

явлениями вулканизма формировались дайки, гранитоидные и щелочные интрузии. Предполагается, что рифтогенный и внутриплитный магматизм связан с проявлением плюмовой активности, обусловившей распад Родинии [2]. Полученные геологические и изотопно-геохимические данные позволяют приблизиться к пониманию природы уникальной рудоносности Центральной металлогенической зоны Енисейского кряжа.

Основные типы урановой, золотоурановой, редкометалльно-ториевой и золоторудной минерализации в Центральном металлогеническом поясе, особенности их размещения и корреляция с эпохами магматизма

На Енисейском кряже в 1950–1980-е гг. установлен ряд месторождений и рудопроявлений урана, тория и редких элементов, многие из которых при последующем геохимическом опробовании оказались золотоносными [3, 5].

Урановое и золотоурановое оруденение размещено в рифтогенных вулканогенно-осадочных образованиях верхневороговской (Верхневороговская грабен-синклиналь) и в терригенных отложениях чингасанской (Уволжский грабен, Индольские структуры) серий, а также в подстилающих комплексах зон структурно-стратиграфического несогласия в обрамлении рифтогенных структур (см. рисунок). В Верхневороговской структуре выделяются три типа золотоурановой минерализации: 1) золотоносные урановорудные песчаники и алевриты оленьинской свиты (тип месторождения Кедровое); 2) золотоносные урановорудные кислые эффузивы и туфогенно-терригенные породы ковригинской свиты (тип месторождения Оленье); 3) уран-золотоносные конгломераты ковригинской свиты. Оруденение связано с гидротермально измененными (кварц+хлорит+серицит+сульфиды) породами. Рудные тела первых двух типов имеют мощность от 0,5–2 до 5 м, содержание U в среднем от 0,08 до 0,2 %, Au – от 0,5–2 до 10, изредка 20–29 г/т. В конгломератах содержание U 0,02–0,06 %, Au 0,1–0,5 до 1 г/т. Рудная минерализация вкрапленная, прожилково-вкрапленная, представлена браннеритом, урановой смолкой, пиритом, халькопиритом, галенитом, молибденитом, самородным золотом. В юго-западном обрамлении Верхневороговской грабен-синклинали золото-урановая минерализация развита в углеродистых кварцитах гаревской толщи (PR₁) (тип рудопроявления Ясное). Оруденение находится во внешнем ореоле гранитоидного купола. Рудные тела мощностью 2–3 м, с содержанием U от 0,03–0,1 до 0,3 % и Au 1–1,5 г/т содержат вкрапленность уранинита, браннерита, прожилки сульфидов с включениями золота. В разломе, ограничивающим Верхневороговскую структуру, находится месторождение Кутукаское. Пластообразные тела мощностью до





Неопротерозойские рифтогенные и внутриплитные комплексы, урановые, золотоурановые и золоторудные месторождения Центрального металлогенического пояса Енисейского кряжа

1 – чехол (PZ–KZ); 2 – офиолиты и островодужные комплексы (NP); 3–4 – рифтогенные (NP) комплексы чингасанской (3) и верхневороговской серий (4); 5 – нерасчлененные комплексы докембрия; рифтогенные и внутриплитные комплексы: 6 – вороговский – траппы (Т), 7 – татарский – граниты (≈630 млн лет), 9 – чапинский – щелочные пикриты (≈670 млн лет), 10 – среднетатарский – фойяиты, захребетнинский – нефелиновые сиениты (700 млн лет), 11 – захребетнинский – дайки сиенит-порфиров (а) и трахидолеритов (б) (700 млн лет), 12 – кутукацкий – лейкограниты (690–700 млн лет), гурахтинский – субщелочные граниты (≈700 млн лет), 13 – ковригинский – дайки риолит-порфиров (а) и габбро-долеритов (б) (≈750 млн лет), 14 – аяхтинский – граниты, лейкограниты (750–760 млн лет); 15 – мезопротерозойская пикробазальт-базальтовая и плагиориодацит-базальтовая (780 млн лет) ассоциации Рыбинско-Панимбинского пояса; 16 – разломы (а), зоны разломов (б): И – Ишимбинская, Т – Татарская; 17 – урановые и золотоурановые месторождения и рудопроявления (1 – Кедровое, 2 – Оленье, 3 – Кутукаское, 4 – Ясное, 5 – Полярное, 6 – Тейское, 7 – Марсальское, 8 – Северо-Тейское, 9 – Ногатинское и Осиновское, 10 – Дубовое); 18 – золоторудные узлы и месторождения золото кварцевого типа (11 – Советский, 12 – Александр-Агеевский, 13 – Перевальнинский, 14 – Партизанский, 15 – Раздольнинский, 16 – Аяхтинский); 19 – золоторудные узлы (17 – Верхнеенашиминский (Олимпиадинский), 18 – Благодатнинский, 19 – Титамухтинский) и месторождения (20 – Ерудинское, 21 – Панимбинское, 22 – Товрикульское, 23 – Золотой ключ, 24 – Ведугинское, 25 – Кварцевая гора, 26 – Попутнинское, 27 – Боголюбское, 28 – Золотое) золотосульфидного типа; 20 – сурьмяные месторождения (29 – Удережское, 30 – Раздольнинское); 21 – редкометалльные месторождения и рудопроявления. Цифры в кружках: 1 – Верхневороговская грабен-синклиналь, 2 – Уволжский грабен, 3 – Тейско-Чапский прогиб. На врезке: 1 – Присяянский, 2 – Ангара-Канский выступы фундамента; 3 – протерозойская окраинно-континентальная область Енисейского кряжа; заштрихованная область – офиолиты и островодужные комплексы аккреционного пояса

3 м содержат до 0,5 % U и от 0,1–3,8 до 10–22 г/т Au. Рудная минерализация представлена уранинитом, урановой смолкой и вторичными соединениями U, а также сульфидами, включающими Au. Урановая минерализация (уранинит, браннерит) связана с формированием гранитоидного купола, а золотосульфидная – с процессом гидротермального метаморфизма, проявившимся вдоль зоны разлома [5].

Структуры Верхневороговского района расположены в области сочленения Татарско-Ишимбинской системы разломов. Юго-восточнее находится Уволжский грабен (см. рисунок). Здесь урановорудными и золотоносными являются гидротермально-измененные конгломераты и песчаники лопатинской свиты чингасанской серии, а также филлиты и сланцы, развитые вдоль зоны разломов, ограничивающих Уволжский грабен. Прослеживаются они на расстояние около 85 км от долины р. Индола (приток р. Тея) до р. Чапа. К ним приурочены Тейское, Северо-Тейское, Марсальское, Березовское, Дубовое и другие рудопроявления урана, а также Осиновское и Ногатинское месторождения урана в терригенных породах грабена, гранитоидах и метаморфических сланцах, контактирующих по надвигу с отложениями грабена. На продолжении этой же зоны располагаются уникальные золоторудные месторождения Олимпиадинское, Благодатское и др. Урановая минерализация в районе Уволжского грабена представлена урановой смолкой, коффицитом, урановыми чернями, вторичными урановыми соединениями. Содержание урана в рудах 0,03, реже 0,1–0,4 %. Сульфиды представлены пиритом, изредка арсенопиритом, халькопиритом и галенитом. Содержание золота в гидротермально измененных породах 0,05–0,1 г/т, в сульфидизированных разностях – от 1,6–2 до 9,0 г/т (Тейское рудопроявление) [3].

Обнаруженные проявления редкоземельно-уран-ториевой минерализации сосредоточены вдоль северной ветви Татарского разлома, ограничивающей с востока Уволжский грабен. Ширина зоны 5–10 км, общая протяженность от верховий рр. Черная и Захребетная (притоки р. Вороговка) до р. Чапа, верховий рр. Нойба, Уволга, Тея около 140 км. Эта зона пространственно совпадает с зоной развития щелочных пород в северо-западной части Енисейского кряжа [2, 6]. В пределах Уволжского грабена и особенно Тейского рудопроявления среди грубообломочных отложений лопатинской свиты широко развиты кварц-полевошпатовые, барит-полевошпатовые метасоматиты с редкоземельно-ториевой минерализацией, а также более поздние альбит-карбонат-хлоритовые метасоматиты с редкоземельно-уран-ториевой минерализацией [4]. Они предшествуют золотоурановой ассоциации березитового типа с повышенным содержанием Th и РЗЭ. Эти типы минерализации, а также полевошпатовые и апатит-полевошпатовые жильные тела распространены и в породах фундамента северо-восточного обрамления Уволжского грабена, прослеживаясь на расстояние около 50–60 км до истоков рр. Нойба и Бол. Алмакан. Основные минералы – концентраторы Th и редкоземельных элементов (РЗЭ) – торит, ауэрлит, ферриторит, уранпирохлор, апатит, монацит. В составе РЗЭ преобладают элементы цериевой группы [4]. В верховьях р. Нойба полевошпатовые образования пересекаются флюоритовыми жилами с редкоземельно-ториевой и урановой минерализацией. С флюоритом ассоциируют алюмофториды (усовит, прозопит, калькяллит, геарксутит), зунит, топаз, диаспор, торит, оранжит, урановая смолка [4]. В зонах с полевошпатовыми метасоматитами развиты дайки сиенит-порфиров, бостонитов, нефелиновых сиенит-порфиров. Полевошпатовые



метасоматиты в ассоциации с жильными щелочными сиенит-порфирами развиты и в северной части Верхневороговской структуры. Это уран-ториевая и золотоурановая минерализация на рудопроявлении Полярном и на р. Захребетная. Золотоурановая минерализация связана с зонами биотитизации и сульфидизации, накладывающейся как на полевошпатовые метасоматиты, так и на вмещающие кислые метавулканы [5].

На основании изучения изотопного состава свинца урановых минералов установлено, что наиболее древний возраст (1100–1150 млн лет) имеет уранинит, развитый в кварцитах гаревской толщи (рудопроявление Ясное). Урановое и золотоурановое оруденение Верхневороговской грабен-синклинали, Уволжского грабена и структур ближайшего обрамления формировалось в период от 630 до 750 млн лет. Эти оценки ориентировочные, но они соответствуют эпохам проявления внутриплитного магматизма и развития рифтогенных структур в пределах Центрального металлогенического пояса.

Все месторождения золота заангарской части Енисейского кряжа сосредоточены в пределах Центрального металлогенического пояса, в зоне влияния Татарско-Ишимбинской системы разломов и многократного проявления мезо- и неопротерозойского магматизма рифтогенного и внутриплитного типа [6]. Основные золоторудные месторождения, в том числе крупные – Олимпиадинское, Ведугинское, Советское, размещены в углеродистых сланцах нижних свит мезопротерозоя, характеризующихся повышенной (5–10 до 60 мг/т) «фоновой» золотоносностью. Попутнинское и ряд других месторождений и рудопроявлений золота находятся в осадочно-вулканогенных толщах Рыбинско-Панинбинского пояса. Ведущие типы золотого оруденения – золотокварцевый (месторождения Советское, Эльдорадинское, Васильевское и др.), золотосульфидный (Олимпиадинское, Богодатское, Ведугинское, Боголюбовское, Золотое, Попутнинское и др.), золотосурьмяный (Удереиское, Раздольнинское). На основе геохронологических исследований выявлена корреляция рубежей золотого и золотоуранового рудообразования с основными тектономагматическими событиями в регионе в позднем рифее [6]. Образование кварцево-жильных зон (месторождения Советское, Эльдорадинское и др.) (820–830 млн лет) коррелирует с эпохой формирования шарьяжно-надвиговых структур [1]. Эпоха формирования золотоарсенопирит-кварцевых руд (775–820 млн лет) близка ко времени заложения рифтогенных структур, формирования риодацитов (780 млн лет) и даек высокотитанистых диабазов Рыбинского участка. Образование золотосульфидных руд (700–720 млн лет) по времени совпадает с заложением и эволюцией рифтовых структур (Уволжский грабен) (700–720 млн лет), проявлением внутриплитного гранитоидного и щелочного маг-

матизма (700–690 млн лет). Эпоха золотосурьмяного оруденения сопряжена с этапом заложения приразломных грабенов и внедрения щелочно-ультраосновных и субщелочных гранитоидных интрузий (630–670 млн лет).

Заключение

Наиболее важными геолого-геохимическими предпосылками для формирования и прогнозирования уранового и золото-уранового оруденения являются следующие:

1) размещение оруденения в раннедокембрийских блоках ранней консолидации, развитых в пределах складчатой области (Центральное, Приенисейское поднятия);

2) наличие Na-K гранитогнейсовых куполов полихронного развития, обогащенных U и Th;

3) развитие на постколлизиионном этапе поздне-рифейских рифтогенных вулканотектонических структур и приразломных впадин с пестроцветными терригенными и углеродистыми отложениями, с бимодальным, субщелочным и щелочным внутриплитным магматизмом плюмового типа, характеризующимся высокой «фоновой» концентрацией U и Th;

4) приуроченность оруденения к краевым частям этих впадин, перекрывающих полихронные гранитогнейсовые купола с субщелочными интрузиями и высоким содержанием U и Th;

5) наличие обширных радиогеохимических аномалий и геохимических ореолов Cu, Zn, Pb, Ag, Au, Bi, As, зон метасоматических изменений березитового, гумбеитового и кварц-гидрослюдисто-карбонатного типов.

Для формирования золоторудных месторождений существенное значение имеют, очевидно, такие исходные условия:

1) размещение месторождений в металлогеническом поясе между Ишимбинской и Татарской зонами разломов (между опущенным краем Сибирского кратона и протерозойской складчатой областью);

2) проявление основного магматизма в этих зонах на границе PR₁ и PR₂ (индыглинский комплекс) и в мезопротерозое с формированием в троговой структуре Рыбинско-Панинбинского вулканического пояса;

3) стратиграфический и формационно-литологический контроль оруденения (терригенные и карбонатно-терригенные золотоносные углеродистые сланцы тейской и нижней части сухопитской серий), развитого в троговой структуре и связанного с гидротермальными процессами этапов постколлизиионного внутриплитного магматизма;

4) повышенные содержания Au в базитах, туфах, черных углеродистых сланцах, кислых вулканах K-Na типа;

5) проявление коллизиионного K-Na гранитоидного (≈850 млн лет назад), внутриплитного



и рифтогенного плюмового магматизма бимодального, субщелочного и щелочного типов на уровне 780, 750, 700 и 650 млн лет;

6) развитие рудообразующих и рудоконцентрирующих систем, формирующих экономически значимые месторождения.

Следует отметить, что на продолжении структур Тейского и Марсаловского урановых и уран-ториевых рудопоявлений (р. Уволга) [4] в сульфидизированных ураноносных конгломератах и песчаниках нами еще в 1968 г. впервые выявлены содержания Au от 1,6 до 9 г/т [3], через 40 лет при площадных литогеохимических работах здесь обнаружены геохимические аномалии с содержанием Au от 20–50 до 1000 мг/т и выше на огромной площади [7]. Протяженность аномальной зоны свыше 60 км – от верховий р. Уволга до правых притоков р. Тея. В пределах геохимических ореолов выявлено и оценено золотосульфидно-кварцевое оруденение с содержанием Au до 8 г/т, в среднем 2–4 г/т (месторождение Золотое) [7]. Все эти данные вместе с установленной А. Д. Ножкиным, В. А. Гавриленко, А. Г. Мироновым в 1968–1969 гг. повышенной золотоносностью урановорудных зон Верхневороговской грабен-синклинали и Уволжского грабена свидетельствуют о высоких перспективах выявления новых промышленно значимых месторождений золота на огромной территории Центрального металлогенического пояса, в том числе к северо-западу от Олимпиадинского, Благодатного рудных полей, в междуречье Теи, Уволги, Чапы и Вороговки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Неопротерозойский** возраст коллизионного метаморфизма в Заангарье Енисейского кряжа (по ^{40}Ar – ^{39}Ar данным) [Текст] / И. И. Лиханов, П. С. Козлов, О. П. Полянский [и др.] // Докл. РАН. – 2007. – Т. 412, № 6. – С. 799–803.
2. **Неопротерозойский** рифтогенный и внутриплитный магматизм Енисейского кряжа как индикатор процессов распада Родинии [Текст] / А. Д. Ножкин, О. М. Туркина, Т. Б. Баянова [и др.] // Геология и геофизика. – 2008. – № 7. – С. 666–689.
3. **Ножкин, А. Д.** Гидротермальные изменения и золотоносность грубообломочных отложений лопатинской свиты юго-восточной части Уволжского грабена (Енисейский кряж) [Текст] / А. Д. Ножкин, В. А. Гавриленко, А. Г. Миронов // Геология и геофизика. – 1971. – № 7. – С. 24–33.
4. **Ножкин, А. Д.** Редкоземельно-уран-ториевая минерализация района Уволжского грабена (Енисейский кряж) [Текст] / А. Д. Ножкин // Геология и геохимия урановых месторождений средней Сибири : Сб. науч. ст. – Новосибирск : ИГиГ СО РАН, 1965. – С. 81–95.
5. **Ножкин, А. Д.** Урановое оруденение и золотоносность протерозойских вулканогенно-терригенных пород в зоне несогласия верхневороговской серии (Енисейский кряж) [Текст] / А. Д. Ножкин // Геология и геохимия урановорудных провинций Сибири. – Новосибирск : ИГиГ СО РАН, 1990. – С. 68–91.
6. **Ножкин, А. Д.** Этапы позднепротерозойского магматизма и возрастные рубежи золотого оруденения Енисейского кряжа [Текст] / А. Д. Ножкин, А. С. Борисенко, П. А. Неволько // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52, № 1. – С. 158–181.
7. **Попов, А. Л.** Прогнозно-поисковая модель золотосульфидно-кварцевого месторождения Золотое (Енисейский кряж) : Автореф. дис. ... к.г.-м.н. [Текст] / А. Л. Попов. – СПб., 2013. – 21 с.
8. **Шахов, Ф. Н.** Магмы и руды. Избранные труды [Текст] / Ф. Н. Шахов. Новосибирск : ОИГГИМ, 1994. – 314 с.