

ВОСТОЧНО-АЗИАТСКИЙ ПОЯС УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЛЕЙКОГРАНИТОВОГО ТИПА

Пояс широчайшего распространения высокорadioактивных мезозойских лейкократовых гранитов и связанных с ними урановых месторождений трассируется вдоль всей восточной окраины Евразии. Он приурочен к субмеридиональной цепочке активизированных синформных нуклеаров в основании притихоокеанских параплатформ. Для всех урановых провинций рудного пояса характерна тесная парагенетическая ассоциация ведущего лейкогранитового типа с вулканитовым и песчаниковым типами.

Ключевые слова: *рудный пояс, нуклеар, лейкограниты, вулканисты.*

Belt of widespread highly radioactive Mesozoic leucocratic granite and related uranium deposits is traced all along the eastern margin of Eurasia. It is confined to submeridional chain of activated synform nuclears at the base of cis-Pacific paraplatforms and located in a subduction zone, which controls its energy and ore content in the Mesozoic. All uranium provinces of the ore belt are characterized by close paragenetic association of leading leucogranite type with volcanite and sandstone types.

Keywords: *ore belt, nuclear, leucogranite, volcanics.*

В пределах фанерозойских подвижных поясов на разных континентах известны многочисленные жильно-штокверковые урановые месторождения в связи с интрузиями гранитов. Наибольшее количество таких месторождений, объединяемых в рудные провинции и районы, установлено на территории Евразии. По составу околорудных изменений и возрасту выделяются два основных типа уранового оруденения, связанного с гранитами: первый – собственно гранитовый, сопровождающийся кварц-хлорит-серицит-карбонатными (березитовыми) изменениями, наиболее характерный для позднепалеозойских урановых месторождений в срединных массивах варисцид Западной и Центральной Европы (Испания, Португалия, Франция, Чехия), и второй – лейкогранитовый, сопровождающийся глинистыми, глинисто-цеолитовыми изменениями, характерный главным образом для мезозойских урановых месторождений Восточной Азии (Забайкалье, Монголия, Корея, Китай) [2]. Деление на типы отчасти условно, учитывая локальное проявление ураноносных лейкократовых разностей гранитов в рудных провинциях первого типа, особенно на территориях развития черных сланцев (Центральная Франция, Западная Чехия). Для обоих типов характерны небольшие масштабы отдельных месторождений до первых тысяч тонн при средних содержаниях урана в рудах до 0,1–0,2%. Однако общие запасы металла в месторождениях этих типов определяют крупные суммарные ресурсы обширных территорий распространения рудоносных гранитов (около 70–100 тыс. т). Месторождения европейского собственно гранитового типа, связанного с омоложенными купольными структурами предрифейского заложения [1], давно известны, в значительной мере отработаны и многократно охарактеризованы в специальной литературе. Напротив, урановые месторождения и территории относительно нового восточноазиатского лейкогранитового типа, ассоциирующего со структурами активизации древнейших куполов-нуклеаров [1], описаны по

отдельным регионам и странам. Ранее их сравнительные металлогенические исследования были затруднены в связи с государственными границами, разной степенью открытости материалов и различной методологией исследований. Поэтому настоящая статья посвящена металлогении наименее изученного лейкогранитового типа урановых месторождений на территории Восточной Азии.

К лейкогранитовому типу относятся жильные и штокверковые руды, которые локализуются в зонах дробления среди высокорadioактивных лейкократовых и аляскитовых гранитов, претерпевших достаточно интенсивные автометаморфические изменения: грейзенизацию и раннюю высокотемпературную альбитизацию. Характерные акцессории рудоносных гранитов – уранинит, ториевые минералы, морион, топаз, флюорит, турмалин. В гранитах отмечено повышенное содержание урана 8–15 и тория до 25–35 г/т. С ними связано также разнообразное редкометалльное (Sn, W, Mo, Bi, Be, Ta, Nb и др.) оруденение в зонах грейзенизации и альбитизации. В данной статье не рассматривается ураноносность докембрийских палингенно-метасоматических гранитоидов аляскитового состава, своего рода порфиоровых пород-руд (типа россинг, олимпик, рапакиви и пр.), специализированных на TR, Th, U и ряд других рудогенных элементов и представляющих для промышленности либо попутный интерес, либо имеющих перспективы в качестве руд отдаленного будущего. Об этом говорится в предыдущих работах авторов [1, 2]. В данном исследовании в числе прочих методов используются палеотектонические реконструкции купольных структур двух главных глобальных генераций: раннедокембрийской (нуклеарной) и предрифейской с выяснением их роли в локализации уранового и комплексного оруденения [1–3].

Предварительное обобщение материалов по геологии и ураноносности азиатской части Тихоокеанского подвижного (рудного) пояса позволяет наметить грандиозный по протяженности (более

8 тыс. км) субмеридиональный Восточно-Азиатский (Западно-Тихоокеанский) мегапояс распространения мезозойских лейкогранитов и связанных с ними урановых месторождений [2]. Положение мегапояса на уровне основания активизированных древних и молодых платформ (параплатформ) контролируется цепочкой геоблоков-нуклеаров, прилегающих к акватории современного Тихого океана. Основой структурного плана мегапояса является часть глобальной дизъюнктивной сети Земли, образованная комплексом внешних сил, существенной составляющей которых являются ротационные силы.

Согласно палеореконструкциям, мегапояс включает пять геоблоков-нуклеаров диаметром около 1,7–2,0 тыс. км (с юга на север – от о. Хайнань до мыса Дежнева): Южно-Китайский, Сино-Корейский, Нижне-Амурский, Колымо-Омолонский, Чукотский (рис. 1).

Все они, за исключением Нижне-Амурского, относятся к синформным (обращенным) купольным структурам, которые в отличие от антиформных (сводовых) характеризуются максимальной глубиной общего компенсационного проседания с повторной ультраметаморфической гранитизацией и, как следствие, высокой мантийно-коревой рудоносностью [1, 3]. К субмеридиональному с СВ сегментом Восточно-Азиатскому мегапоясу примыкает субширотная зона глобальной дизъюнктивной сети в виде восточного окончания транс-континентального долгоживущего мегалинеамента Карпинского. К системе этого линейамента относятся Монголо-Охотский, Главный Монгольский и Южно-Монгольский (Солонкерский) коровые разломы, между которыми в пределах мегапояса размещается Нижне-Амурский антиформный геоблок-нуклеар без явных признаков лейкогранитового типа. К западной части сферы влияния относится рудоносный Монголо-Забайкальский геоблок на юго-западной окраине древней Сибирской платформы [1, 2], который, как будет показано далее, по своим особенностям близок к Южно-Китайскому геоблоку. Типоморфные особенности синформных геоблоков-нуклеаров мегапояса: гранит-зеленокаменное основание, неравномерно перекрытое мощным кулисно-многослойным рифей-фанерозойским платформенным чехлом; многократное проявление внутриплатформенного гранитоидного магматизма и деформаций, включая мезозойские, высокая рудоносность с разнообразными и разновозрастными эндо- и полигенными месторождениями мантийного и мантийно-корового профиля, свойственными «мультиминеральным» геоблокам земной коры [7, 8].

Восточными ограничениями геоблоков, как правило, являются мезозойские вулканические пояса субмеридиональной ориентировки (с севера на юг): Восточно-Чукотский, Охотско-Колымский, Сихотэ-Алинский, Восточно-Китайский и обособленный Большехинганский протяженностью 1,5–2,5 тыс. км и шириной около 200–500 км. Анализ доступной информации по геологии и металлогении Восточно-Азиатского мегапояса позволяет выделить два основных наиболее изученных геоблока, вмещающих рудные провинции с месторождениями лейкогранитового типа: Южно-Китайский геоблок с Ганьхан-Нанлинской рудной провинцией и Монголо-Забайкальский геоблок

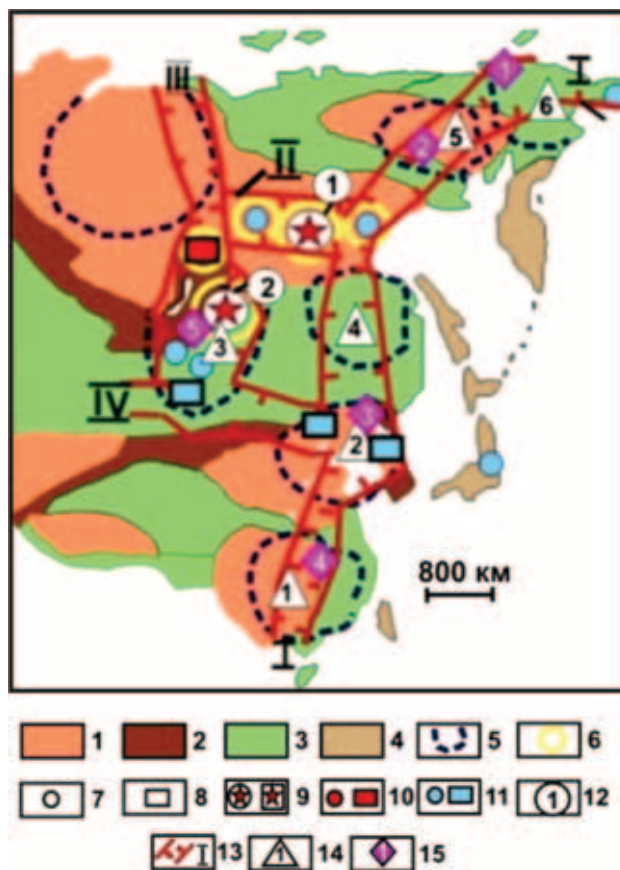


Рис. 1. Схематическая карта геоблоков-нуклеаров Восточно-Азиатского пояса, вмещающих мезозойские урановые месторождения лейкогранитового типа

1–6 – структуры континентальной земной коры (геотектоническая основа): 1 – древние платформы, включая шиты, 2 – рифейские складчатые пояса, 3 – фанерозойские складчатые пояса и молодые платформы, 4 – кайнозойские мобильные (орогенные) пояса, 5, 6 – реконструированные купольные структуры (5 – нуклеарные, 6 – предрифейские); 7, 8 – группировки урановорудных территорий по степени литификации вмещающих комплексов пород: 7 – первая надгруппа – в литифицированных комплексах пород (эндогенные и полигенные месторождения), 8 – вторая надгруппа – в слабо- и нелитифицированных комплексах пород (экзогенные месторождения); 9–11 – категории по масштабам ресурсов урана: 9 – более 300, 10 – 300–100, 11 – менее 100 тыс. т; 12 – крупнейшие урановорудные районы (1 – Эльконский, 2 – Стрельцовский); 13 – трансрегиональные металлогенические пояса: I – Восточно-Азиатский, II – Чарско-Алданский, III – Восточносибирско-Гобийский, IV – Карпинского (восточное окончание); 14 – реконструированные геоблоки-нуклеары: 1 – Южно-Китайский, 2 – Сино-Корейский, 3 – Монголо-Забайкальский, 4 – Нижне-Амурский, 5 – Колымо-Омолонский, 6 – Чукотский; 15 – рудные провинции и районы с урановым оруденением лейкогранитового типа: 1 – Певекский ареал Восточного-Чукотской провинции, 2 – Бутугычэгский район Колымо-Омолонской провинции, 3 – Очёнский пояс Сино-Корейской провинции, 4 – Ганьхан-Нанлинский район Южно-Китайской провинции, 5 – Гоби-Хэнтей-Даурская провинция

с Гоби-Хэнтей-Даурской рудной провинцией [5, 6, 9–16, 19–24]. Для прочих менее изученных геоблоков мегапояса ранее также были установлены признаки проявления уранового оруденения лейкогранитового типа, которые позволяют трассировать мегаструктуру в целом, уточнять общие закономерности и прогнозировать урановорудные территории.

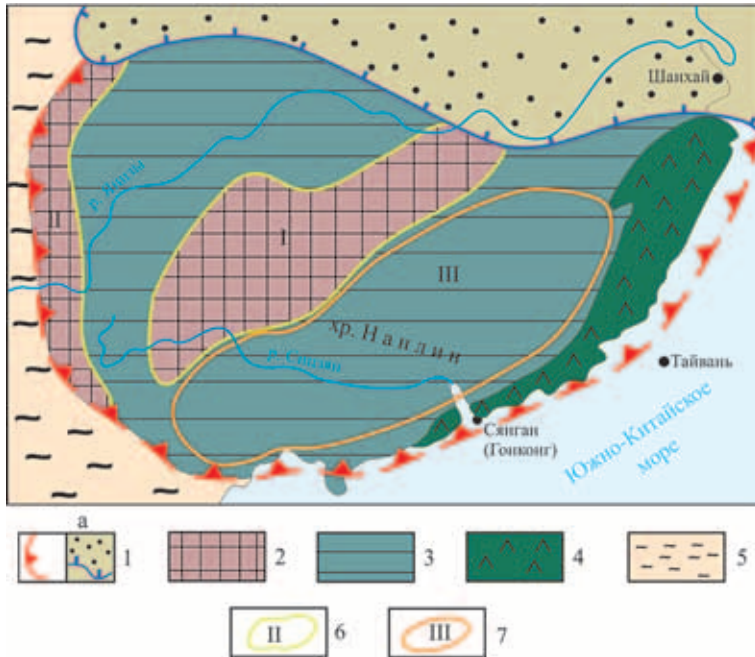


Рис. 2. Структурная и минерагеническая зональность Южно-Китайского геоблока-нуклеара. По Л. И. Красному [8] с генерализацией и реконструкциями

1–5 – структурные элементы геоблока и его обрамления: 1 – границы геоблока (а – граница геоблока с межкратонным протоавлакогеном Янцзы-Чунцин), 2 – выступы кратонного гранит-зеленокаменного основания (AR–PR₁) с реликтами платформенного чехла, 3 – неравномерно деформированный платформенный чехол (рифей – фанерозой), 4 – Восточно-Китайский (Фудзянь-Чжецзянский) мезозойский вулканический пояс, 5 – фанерозойские складчатые системы западного обрамления геоблока; 6 – рудные провинции с месторождениями мантийного профиля (I – внутренняя провинция Гуйчжоу-Хунань; II – западная краевая провинция), 7 – рудные провинции с месторождениями мантийно-корового и корового профиля (III – уран-редкометалльная провинция Ганьхан-Нанлин)

Южно-Китайский геоблок [4–6, 13–16, 19, 22–24]. Уран-редкометалльная Ганьхан-Нанлинская рудная провинция. Южно-Китайский геоблок как обособленная рудоносная мегаструктура выделен Л. И. Красным [7, 8], а первичная нуклеарная его природа определена М. З. Глуховским [3]. На востоке геоблок ограничен мезозойским Восточно-Китайским вулканогеном, на севере – докембрийским погребенным протоавлакогеном Янцзы-Чунцин, перекрывающим обширную северную окраину мегаструктуры, а на западе – фанерозойскими складчатыми системами провинции Юннань. В современных структурах геоблок представляет собой параплатформу, испытавшую ряд трансформаций в рифее – фанерозое и особенно в яньшаньскую (мезозойскую) эпоху тектоно-магматической активизации – ТМА [7, 14, 18]. Конечный результат этих перестроек – формирование тектонической и минерагенической зональности, наиболее крупными элементами которой являются три структуры (рис. 2):

1) мезозойский окраинно-континентальный Восточно-Китайский (Фудзянь-Чжецзянский) вулканический пояс-вулканоген протяженностью около 1900 и шириной 200–500 км. В разрезе пояса выделяются ранние андезитбазальтовые (160–140 млн лет) и более поздние дацит-риолитовые (140–120 млн лет) вулканы, которые переслаиваются с терригенными осадками [4]; 2) область многократных (Pz–Mz) проявлений ТМА, в том числе интенсивных деформаций платформенного чехла и широкого развития ураноносных лейкократовых яньшаньских коровых гранитов. Область контролирует положение Ганьхан-Нанлинской уран-редкометалльной рудной провинции [4, 5]; 3) отчетливо приподнятый блок (зона) гранит-зеленокаменного нуклеарного основания с останцами рифей-фанерозойского платформенного чехла. Блок вмещает многочисленные крупные и уникальные по масштабам стратиформные и жильные месторождения мантийного профиля (Hg, Sb, Ni, Fe, Ti, Au и др.) в породах фундамента и чехла (провинция Гуйчжоу-Хунань). В блоке широ-

ко распространены ураноносные черные сланцы [22, 24].

Уран-редкометалльная Ганьхан-Нанлинская рудная провинция располагается в пределах Южно-Китайского геоблока и содержит значительную часть запасов урана страны – около 40% [5, 23]. Провинция представляет собой ареал широчайшего распространения ураноносных и редкометалльных лейкократовых и аляскитовых гранитов раннемезозойского возраста [4–6, 13, 19–24] (рис. 3).

Форма ареала эллиптическая, размеры по осям 1200 (СВ) × 300–500 (СЗ) км. Максимальное развитие граниты имеют в средней-центральной части ареала в субширотном хребте Нанлин, где сосредоточены главные урановые и редкометалльные месторождения, локализующиеся в гранитах, а также в их экзоконтактах среди различных пород чехла и фундамента. На северо-востоке ареала вдоль выступа кратонного основания прослеживается рудоносная зона Ганьхан (рис. 3) – структура, аналогичная Центрально-Монгольскому рудному поясу.

Зона Ганьхан протяженностью 350–450 и шириной 50–80 км трассируется цепочкой узких впадин, выполненных красноцветами мела – палеогена и ВТС позднемезозойского возраста. Впадины и ВТС рудоносны и вмещают жильно-штокверковые и пластовые концентрации F–Mo–U руд, наиболее ранние генерации которых содержат примесь фосфора в форме фторapatита [4, 15]. Наиболее крупная рудоносная структура пояса Ганьхан – ВТС Сяншань – представляет собой кальдеру проседания с мелкими куполами внутри.

Ведущим типом уранового оруденения провинции Ганьхан-Нанлин является лейкогранитовый в зонах дробления и брекчирования лейкократовых гранитов. С этими гранитами связаны также крупные гидротермальные жильные редкометалльные месторождения, руды которых содержат в различных соотношениях Sn, W, Bi, Mo, Be, TR, Ta, Nb. В размещении оруденения, связанного с гранитами, наблюдается вертикальная зональность. Наиболее высокое положение занимают жильно-штокверковые полиметаллические (+Au, Ag, Sn) и олово-

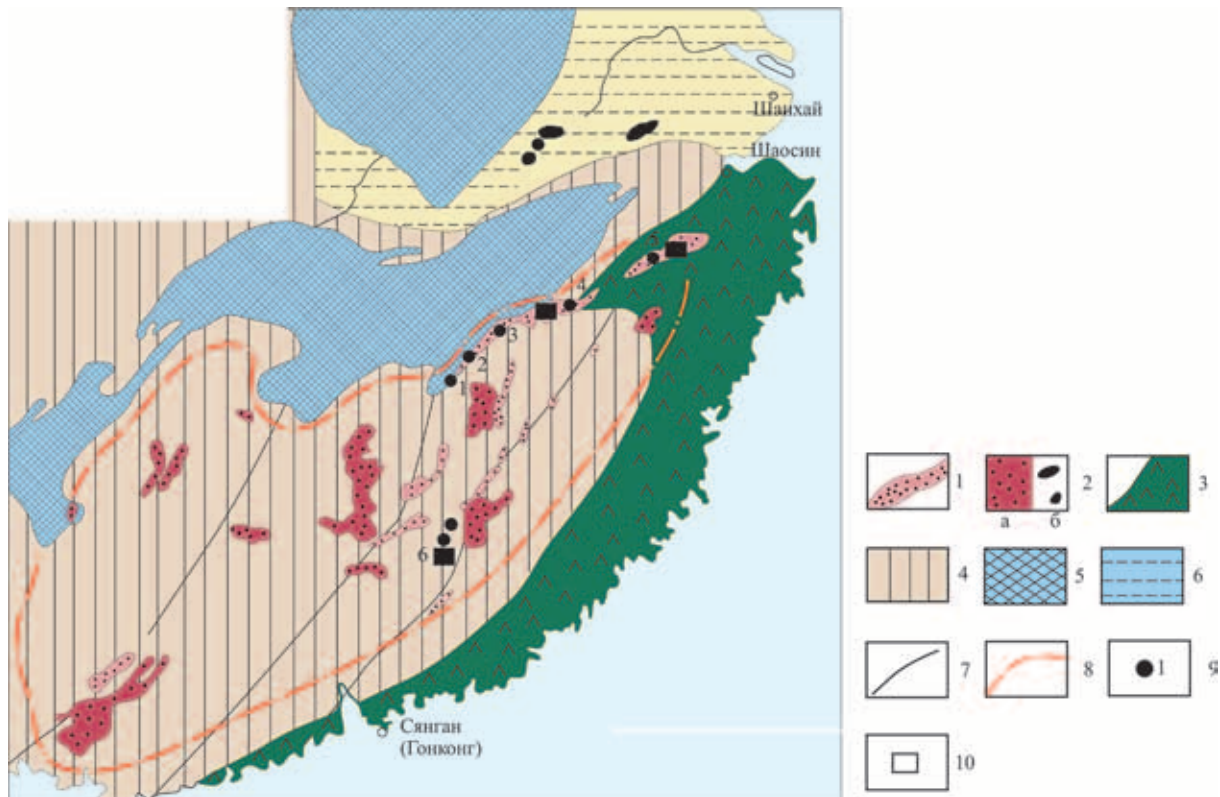


Рис. 3. Схема распространения ураноносных лейкократовых гранитов и ВТС в Южном Китае [4, 5, 15, 19, 21]

1 – меловые – третичные красноцветные отложения; 2 – мезозойские (юра – мел) граниты: а – коровые в блоках параплатформы с мощной континентальной корой; б – мантийно-коровые в зоне глубинных разломов протоавлакогена Янцзы; 3 – мезозойский Восточно-Китайский вулканический пояс; 4 – деформированный платформенный чехол (рифей – средний палеозой); 5 – выступы кратонного основания; 6 – межкратонный прогиб Янцзы-Чунцин; 7 – разломы; 8 – контур ареала распространения мезозойских ураноносных лейкократовых гранитов (комплексная уран-редкометалльная рудная провинция Ганьхан-Нандин); 9 – урановые узлы (месторождения) в мезозойских ВТС и впадинах зоны Ганьхан (1 – Сяншань, 2 – № 90, 3 – Шенюань, 4 – Канкун, 5 – Сяоцзювужань); 10 – урановые стратиформные месторождения в мезозойских терригенных впадинах (6 – Мобугань)

вольфрамовые (+Ve, Li) залежи в ороговикованных и скарнированных породах экзоконтактовых зон гранитных массивов. Ниже, в ореолах грейзенизации апикальных частей массивов, размещаются жильно-штокверковые редкометалльные месторождения. Урановые месторождения, как правило, локализируются гипсометрически ниже олово-вольфрамовых, что объясняется их различным возрастом и развитием мезозойской металлогении Юго-Восточного Китая в условиях последовательного поднятия территории. Эмпирически установлено, что не выходящие на поверхность и небольшие по площади гранитные штоки сопровождаются только редкометалльным оруденением. Промышленные урановые месторождения обнаружены в массивах гранитов площадью от 80 до 3000 км².

Вертикальный размах урановорудных жил обычно близок к 300 м. Урановое оруденение имеет отчетливо наложенный характер и отделено значительным возрастным интервалом от вмещающих гранитов возрастом 176–140 млн лет и более, а урановые руды обычно датируются 140–70, а иногда 45 млн лет.

Урановые жилы имеют очень простой минеральный состав и относятся к низкотемпературным образованиям. Они состоят из нескольких генераций кварца (халцедона), имеют четкие крустификационные текстуры, обычно содержат флюорит и сопровождаются окварцеванием, гидромускови-

тизацией и монтмориллонитизацией вмещающих гранитов. Почти весь уран заключен в настуране. О присутствии цеолитов в составе околорудных ореолов изменений пород нет информации.

В подавляющей своей части жильные урановые месторождения располагаются внутри гранитных массивов, которые рассечены крупными разломами двух-трех систем и насыщены дайками диабазов, лампрофиров, диоритовых порфиритов. По морфологическим признакам различают одиночные жилы, веерообразно расходящиеся пучки жил, которые тяготеют к периферии массивов, прожилково-вкрапленные зоны и столбы в узлах пересечения кварцевых жил с дайками, где содержание урана увеличивается в несколько раз. Размеры отдельных жил и жильных пучков сравнительно невелики, но в совокупности они образуют крупные рудные поля. В экзоконтактовых зонах гранитных массивов месторождения урана иногда удаляются от них на несколько километров.

Пространственная и, вероятнее всего, генетическая ассоциация в пределах Южно-Китайского геоблока и рудной провинции трех типов мезозойского уранового оруденения (лейкогранитового, вулканического, песчаникового) при существовании в ее обрамлении (основании) многочисленных горизонтов ураноносных черных сланцев позволяет китайским геологам делать выводы об эволюции уранового рудообразования и существовании породно-рудного

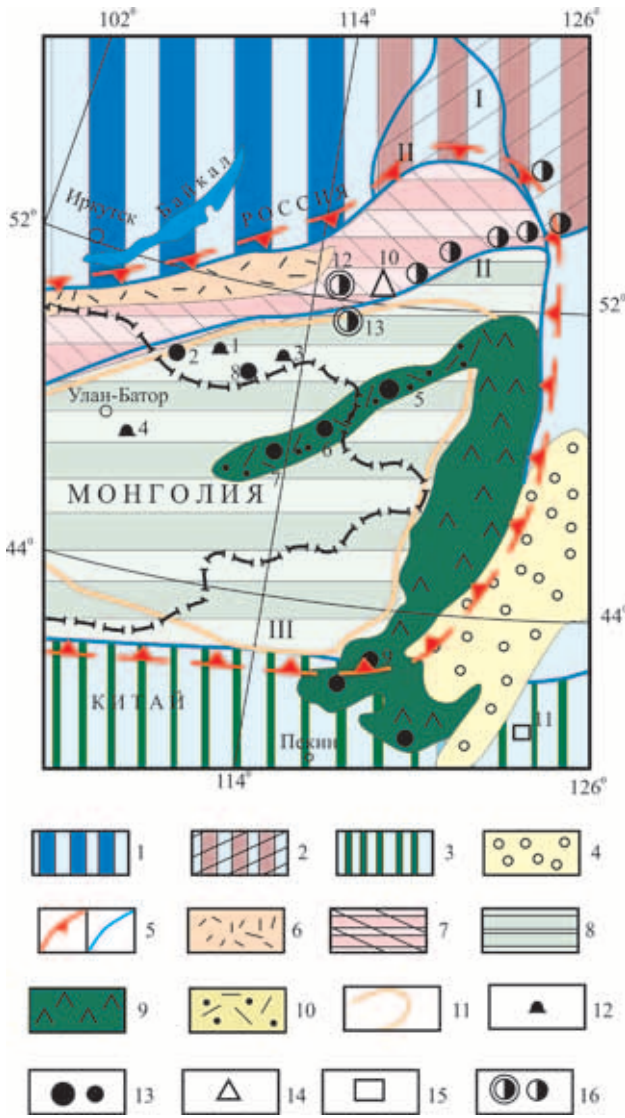


Рис. 4. Структурная и минерагеническая зональность Монголо-Забайкальского геоблока. Тектоническая основа по [9, 14, 16], с генерализацией и палеореконструкциями

1–4 – сопредельные структуры: 1 – Байкало-Витимский геоблок (рифей-палеозойские комплексы чехла Сибирской платформы и синхронных геосинклинальных прогибов Забайкалья), 2 – Алдано-Становой геоблок, 3 – Северо-Китайская (Сино-Корейская) платформа, 4 – мезозойско-кайнозойская впадина Сунляо; 5–11 – Монголо-Забайкальский геоблок (реликт Южно-Сибирского нуклеара): 5 – границы геоблока: а – палеореконструкция, б – краевые линейменты (I – Ничатско-Аникинско-Большехинганский, II – Монголо-Охотский, северный и южный швы, III – Солонкерский или Южно-Монгольский), 6 – Орхон-Селенгинский поздне-палеозойский вулканический пояс, 7 – Нерча-Олекминский выступ кратонного основания с реликтами рифей-фанерозойского чехла, 8 – неравномерно деформированный чехол параплатформы, 9 – Большехинганский мезозойский вулканический пояс, 10 – Центрально-Монгольский (Керулен-Аргунский) мезозойский вулканический пояс, 11 – ареал распространения мезозойских лейкократовых гранитов; 12–15 – урановорудные районы и узлы: 12 – в лейкократовых гранитах (1 – Чикойский, 2 – Югальский, 3 – Дурулгуевский, 4 – Жанчублинский), 13 – в мезозойских ВТС (5 – Приаргунский, 6 – Дорнотский, 7 – Бэрхинский, 8 – Акуинский, 9 – Южно-Хинганский), 14 – в мезозойских впадинах (10 – Оловский), 15 – в докембрийских кварцево-галечных конгломератах (11 – Шеньянский); 16 – золоторудные узлы (12 – Дарасунский, 13 – Балейский)

гомологического ряда урановых концентраций от древних и древнейших черных сланцев и ранне-мезозойских лейкократовых гранитов до оруденения в гранитах, вулканитах и песчаниках [22]. Несмотря на ведущую роль месторождений урана лейкогранитового типа, провинция должна считаться полиформационной.

Монголо-Забайкальский геоблок. Гоби-Хэнтей-Даурская рудная провинция. Основные черты тектоники и металлогении геоблока и рудной провинции в нем отражены в целом ряде публикаций, в том числе с нестандартной интерпретацией геодинамических обстановок и событий в геологической истории [5, 7–9, 14, 16]. По представлениям Л. П. Зоненшайна (1973) и его последователей, Монголо-Забайкальский геоблок является фрагментом южной и юго-западной окраины Сибирской платформы, переработанной рифей-фанерозойской тектоникой. В современных структурах этот геоблок четко ограничен крупными разломами субмеридионального и субширотного простирания, входящими в системы трансрегиональных долгоживущих линейментов. На западе и востоке это Саяно-Енисейский и Восточно-Азиатский (Ничатско-Аникинско-Большехинганский) линейменты, а на севере и юге Монголо-Охотский и Южно-Монгольский (Солонкерский) линейменты. В этих рамках рудноносный геоблок примерно соответствует Восточно-Забайкальскому минерагеническому мегаблоку Г. А. Шаткова [16] или западной половине Амурского геоблока Л. И. Красного [7].

Согласно палеореконструкциям [1], отторжение Монголо-Забайкальского геоблока от основного тела древней Сибирской платформы произошло в среднем рифее (патомская эпоха). Наиболее интенсивной тектоно-магматической переработке геоблок подвергся в мезозое, в эпоху автономной активизации, охватившей обширные пространства азиатской части Тихоокеанского подвижного (рудного) пояса [5, 16–18]. В эту эпоху в основном завершилось формирование рассматриваемой геоструктуры, относимой Л. И. Красным к «мульти-минерагенным» геоблокам [8].

Особенности гранит-зеленокаменного ранне-докембрийского основания, выступающего в ряде районов Северной Монголии и Юго-Западного Забайкалья, значительная мощность многослойного платформенного чехла и высокая рудоносность наряду с результатами дистанционных геофизических работ позволяют относить Монголо-Забайкальский геоблок к синформным нуклеарам [1, 3, 9] и сравнивать с Южно-Китайским геоблоком-нуклеаром. В современных рамках к югу от Монголо-Охотского линеймента сохранилась большая часть первоначальной площади синформной купольной структуры диаметром около 1800 км. Остальная, реликтовая часть нуклеара предполагается в субширотной «материнской» Тонод-Прибайкальской зоне Сибирской платформы. В результате интенсивной тектоно-магматической переработки в мезозое (яньшаньская эпоха) в пределах Монголо-Забайкальского геоблока сформировались крупные структуры и рудные месторождения, весьма сходные с южно-китайскими, и проявились элементы структурной и минерагенической зональности (рис. 4).

Наиболее крупной мезозойской (триас–юра) структурой является «пограничный» вулканоген Большого Хингана протяженностью около 1800

и шириной 200–500 км, ограничивающий геоблок с востока. Он сложен вулканитами контрастной (бимодальной) ассоциации риолитов и базальтов с прослоями осадочных пород [14].

Минерагенический облик этой структуры характеризуется сидеро-халькофильной специализацией известных рудных концентраций и отсутствием месторождений флюорита, редких металлов и урана [4, 5, 16]. К западу от вулканогена размещаются две сопряженные в пространстве и времени региональные ураноносные структуры: прилегающий к вулканогену раннемезозойский (триас – юра) Гоби-Хэнтей-Даурский ареал широкого распространения ураноносных лейкократовых и аляскитовых гранитов; оперяющий вулканоген под острым углом и «встроенный» в ареал лейкократовых гранитов позднемезозойский Центрально-Монгольский пояс ВТС (Дорнотской, Бэрхинской и др.) и меловых впадин с красноцветами. Протяженность рудного пояса 400–500, ширина до 50–100 км.

Уран-редкометалльная Гоби-Хэнтей-Даурская рудная провинция занимает значительную часть Монголо-Забайкальского геоблока (рис. 4). Определяющий положение рудной провинции ареал распространения лейкократовых гранитов охватывает прилегающие с запада к Большехинганскому вулканогену восточные части структурных зон Забайкалья и Монголии [9, 11]. Форма ареала грубоэллиптическая, его размеры по осям 1600 (СВ) и 900 (СЗ) км. Ареал практически не выходит за рамки Монголо-Забайкальского геоблока-нуклеара. На юге он скрывается под меловыми – третичными отложениями Гобийской молодой платформы, которые вмещают стратиформные залежи инфильтрационного уранового оруденения. Ураноносные массивы лейкократовых гранитов размерами от малых до крупных, батолитовых: Жанчублинский и Баянделгерский в Монголии, Жергонконский и Улелейский в Забайкалье прорывают породы докембрийского основания и рифей-фанерозойского платформенного чехла. Крупные массивы имеют сложное строение, многофазны и сопровождаются многочисленными дайками разного состава. Массивы рассечены густой сетью разрывов и зон трещиноватости, сливающихся в мощные зоны дробления. Граниты, как правило, характеризуются повышенными содержаниями урана до 10–12 и тория до 30–35 г/т. Распределение радиоактивных элементов в гранитах неравномерно, что выражается в существовании радиогеохимических зон с различной, в том числе высокой степенью дифференциации [9]. Граниты специализированы также на широкий спектр редких элементов и вмещают многочисленные жильно-штокерковые рудные концентрации (месторождения, рудопроявления) комплексного, варьирующего состава. Редкометалльное оруденение локализуется в зонах грейзенизации и альбитизации, а полиметаллическое – в экзоконтактовых ореолах ороговикования и скарнирования.

Урановые месторождения и рудопроявления приурочены к зонам дробления лейкократовых гранитов и сопровождаются низкотемпературными глинистыми, слюдисто-глинистыми и глинисто-цеолитовыми изменениями. Цеолиты в рудоносных зонах наиболее изучены для месторождений Чикойского рудного района Даурии, они также присутствуют в ураноносных зонах среди гранитов

Жанчублинского массива Монголии (центральный рудный район Хэнтейской зоны). Вертикальный размах уранового оруденения обычно составляет первые сотни метров, иногда более, но не превышает 800 м. В первичных гидротермальных урановых рудах Жанчублинского массива преобладают настуран и коффинит с небольшим количеством сульфидов: марказитом, галенитом, сфалеритом. Жильные минералы представлены розовым и фиолетовым флюоритом, реже карбонатами и цеолитами. Содержание урана в рудах 0,05–0,1, в отдельных гнездах до 0,325%.

Урановые месторождения Чикойского рудного района Даурии (Горное, Березовое, Югальское, Дусалейское) приурочены к мощным крутопадающим зонам дробления и широкого развития цеолитов среди грейзенизированных и альбитизированных лейкократовых гранитов. Кроме кальциевых цеолитов (ломонтит, десмин), в составе зон околорудных изменений развиты апатит, монтмориллонит, гидрослюда типа иллита, хлорит, кварц, редко пирит, кальцит «чикойских руд» («урановая формация в зонах глинисто-цеолитовых изменений») [11]. Такие руды представлены исключительно водными силикатами уранила: бетауранотилом, уранофаном, урановыми слюдками, выполняющими поры, трещины, открытые полости, цемент брекчий. Элементы-спутники урана в рудах отсутствуют. Урановые руды – силикатные бессульфидные, низкокарбонатные, рядовые и богатые, контрастные. Главные нерудные минералы рудных залежей (жил, столбов) – кварц, полевые шпаты, цеолиты, глинистые минералы. От поверхности урановое оруденение распространяется на глубину до 600–800 с максимумами до 300–400 м. Наиболее богатое оруденение концентрируется в узлах пересечения крупных прямолинейных разломов с оперяющими, реже поперечными системами нарушений. Прогнозные ресурсы урана кат. Р₁ в Чикойском районе этих объектов превышают 10 тыс. т при среднем содержании 0,104–0,245%, причём более 50% запасов заключено в рудах с содержанием урана более 0,3%.

Генезис цеолит-бетауранотилового оруденения остается спорным. Существуют три гипотезы его образования: гидротермальная, где в качестве источника урана рассматриваются вмещающие высокоактивные граниты; полигенная, трактуемая оруденение как результат полного окисления первичных настуран-коффинитовых руд; инфильтрационная, полагающая, что оруденение возникло в результате транспортировки урана из длительно развивающейся коры выветривания обогащенных ураном гранитов нисходящими водами по проницаемым трещинным зонам.

Урановое оруденение скорее всего полигенное, о чем свидетельствует и возраст руд от 60 до 10 млн лет.

В размещении урановых месторождений лейкогранитового типа, а также связанных с ним в геологических рядах месторождений вулканитового, экзогенного чикойского и других типов важную роль на территории Монголо-Забайкальской рудной провинции играют поперечные к структурной зональности системы долгоживущих разломов. Такими разломами, по Ю. М. Шувалову, М. Д. Пельменеву, Г. А. Шаткову, Ю. Б. Миронову, являются Кличка-Дарасунский, Чойбалсан-Ононский и др. Вдоль них трансформируются цепочки наиболее др-

штабных месторождений урана, флюорита, золота, редких металлов [11].

Рассмотрение особенностей локализации уранового оруденения лейкогранитового типа в двух «эталонных» геоблоках Восточно-Азиатского мегапояса и на различных уровнях (от регионального до локального) позволяет сделать предварительные выводы. Для синформных нуклеарных геоблоков характерны три особенности:

- размещение к западу от субмеридиональных мезозойских внутри- или окраинно-континентальных вулканических поясов (вулканогенов) с контрастным риолит-базальтовым (бимодальным) составом пород протяженностью до 2,5 тыс. км и шириной 200–500 км;

- приуроченность к обширным внутригеоблокным ареалам распространения раннемезозойских лейкократовых гранитов, специализированных на редкие металлы и уран;

- существование внутри этих ареалов линейных рудных поясов протяженностью 400–500 и шириной 50–100 км, которые опережают вулканогены и представлены цепочками позднемезозойских ВТС и терригенных впадин с молибден-урановым оруденением (Центрально-Монгольский и Ганьханский рудные пояса).

Указанная триада сопряженных мезозойских тектонических структур в ураноносных геоблоках (лейкограниты, ВТС и впадины) уникальна и скорее всего не повторяется в других подвижных поясах Земли. Эти выводы следует подкрепить информацией по ураноносным территориям распространения мезозойских лейкократовых гранитов в других нуклеарных геоблоках мегапояса.

Чукотский геоблок отличается наибольшим сходством с «эталонными» провинциями. Несмотря на то что он представлен лишь фрагментом первичного нуклеара, отделенным от соседнего Колымо-Омолонского геоблока системой долгоживущих глубинных расколов и окруженным с трех сторон акваториями арктических и тихоокеанских морей, в нем установлены все типы рудоносных структур и месторождений, характерных для регионов лейкогранитового типа. С востока геоблок обрамляется Восточно-Чукотским фрагментом мезозойского Притихоокеанского окраинно-континентального вулканического пояса. К западу от вулканогена размещается обширный Певекский ареал распространения мезозойских лейкократовых гранитов, специализированных на уран и редкие металлы и прорывающих субплатформенные отложения от триаса до нижнего мела (в ядрах антиклинальных структур также девона и нижнего карбона). К гранитным плутонам приурочены многочисленные мелкие урановые месторождения и рудопроявления в зонах дробления и глинисто-цеолитовых изменений (Северное, Янранайское и др.), а также располагающиеся, как правило, на более высоких уровнях гранитов (в зонах грейзенизации) редкометалльные месторождения (Sn, W, Mo, Au, Ag и др.). На юго-восточном фланге ареала гранитов находится ряд рудных объектов: весьма крупное Майское жильное золото-сульфидное месторождение с ресурсами около 280 т, месторождения Au-Ag с полиметаллами, а также Полянское ртутное месторождение [12]. Со стороны окраинного вулканического пояса в ареал гранитов, вдоль границы с жестким массивом, «врезается» опережа-

ющий вулканоген Провиденско-Камынейский пояс F-Mo-U месторождений в мезозойских ВТС и ассоциирующихся с ними впадинах (месторождения Провиденское, Чиф, Чайка и др.). Этот пояс по своему положению в структурах и металлогении аналогичен урановорудным поясам Ганьханскому и Центрально-Монгольскому, свойственным рудоносным синформным нуклеарам. Можно считать подтвержденным предположение о приуроченности урановорудных провинций лейкогранитового типа к синформным нуклеарам, подвергшимся мезозойской активизации и находящимся в субдукционной позиции.

Колымо-Омолонский геоблок. Определенные черты сходства с тремя рассмотренными выше геоблоками-синформами обнаруживает слабоизученный на уран мультиминеральный Колымо-Омолонский геоблок, ограниченный с востока Охотским вулканогеном. Некоторые месторождения золота этого геоблока – Наталкинское, Нежданкинское [5] – отличаются особо крупными размерами (2500–400 т). Кроме традиционных для таких структур редкометалльных месторождений (Sn, W, Mo, Au), связанных с мезозойскими гранитами, в нем известно ныне отработанное Бутугыгачское урановое месторождение (рис. 5).

Подобно типовым вышеописанным месторождениям, оно размещается в трещинно-жильных структурах среди высокорadioактивных лейкократовых гранитов и сопровождается глинисто-цеолитовыми изменениями, которые распространяются на глубину 300–350 м от поверхности, а вдоль разломов до 600 м [12].

Сино-Корейский геоблок. В нем отмечаются типоморфные признаки проявления уранового оруденения исследуемого типа. На юге Корейского полуострова, в пределах докембрийского массива Гиёнги, установлены три характерные структуры: широкий ареал распространения юрских лейкократовых гранитов с мелкими месторождениями урана в зонах трещинных глинистых изменений и редкометалльными грейзенами и скарнами (аналог ареала Нанлин); Очёнский пояс ураноносных ВТС кальдерного типа размерами 150 × 25–30 км в пределах ареала, как бы опережающий приокеанический вулканоген (аналог пояса Ганьхан); реликты рифейских черносланцевых толщ поверх кристаллического основания массива [10]. Все эти примеры указывают на применимость «эталонных» закономерностей практически ко всем синформным нуклеарным геоблокам Восточно-Азиатского мегапояса.

В отличие от преобладающих в составе мегапояса синформных купольных структур антиформный Нижне-Амурский геоблок не обнаруживает признаков существования урановых концентраций лейкогранитового типа, несмотря на разнообразие урановых проявлений в осадках Бураинском и Приханкайском рудных районах [12].

Наиболее вероятная первопричина различной и закономерной рудно-геохимической специализации ареалов мезозойского гранитоидного магматизма в син- и антиформных нуклеарах – степень (кратность) проявления ультраметаморфической гранитизации мантийно-базальтового субстрата геоблоков-нуклеаров [2, 3]. В антиформных нуклеарах ультраметаморфизм проявлен однократно

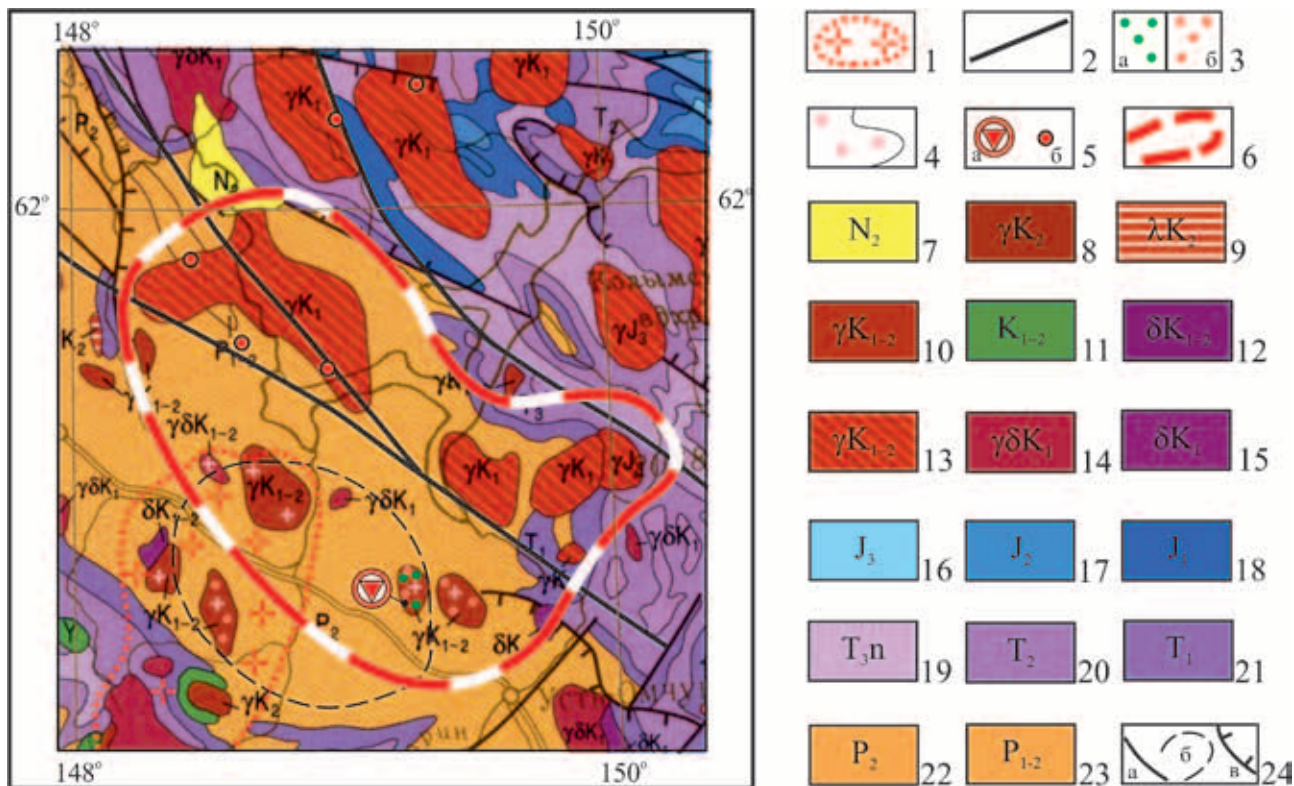


Рис. 5. Бутугычагский урановорудный район. Схема проявления региональных критериев и признаков ураноносности (по материалам ВСЕГЕИ, ВИМСа, ВИРГа, ГП «Таёжгеология», 2006)

1–6 – критерии и признаки ураноносности: 1 – блоки разуплотнения (гранитизация) земной коры (по геофизическим данным), 2 – региональные магмоконтролирующие разломы (прослеженные и предполагаемые по комплексу геолого-геофизических данных), 3 – гидротермально-метасоматические изменения: глинисто-цеолитовые (а), грейзенизация (б), 4 – специализированные на уран лейкократовые и аляскитовые редкометалльные граниты, 5 – урановое месторождение Бутугычаг (а), урановые проявления и аномалии (б), 6 – Бутугычагский потенциально урановорудный район; 7 – песчано-галечные отложения; 8–23 – геологические формации: 8 – лейкогранит-щелочно-гранитовая, 9 – риолитовая, 10 – лейкогранитовая, 11 – риолит-дацитовая, 12 – диорит-гранодиоритовая, 13 – гранитовая, 14 – гранит-гранодиоритовая, 15 – диоритовая, 16–23 – терригенные, вулканогенные и вулканогенно-терригенные; 24 – разломы межблоковые и внутривблоковые (а), кольцевые (б), надвиги (в)

в процессе первичного куполообразования с входением урана в состав Th-TR-Ti-содержащих акцессорных минералов наиболее поздних калиевых гранитов и пегматитов (циркона, монацита, оргита, апатита, сфена и др.). Как известно, эта «акцессорно-порфировая» ассоциация минералов присутствует в составе палеороссыпных залежей золото-ураноносных кварцево-галечных конгломератов в протозорогенных впадинах Витватерсранда (Южно-Африканский нуклеар) и других подобных структур. В синформах в отличие от антиформ ультраметаморфизм проявлен дважды: при первичном куполообразовании и при последующем «обращении» (глубоком компенсационном проседании) с вероятным переходом урана из «трудновскрываемых» акцессорных минералов в более подвижные окисные и силикатные формы. При последующих эндо- и экзогенных процессах эта особенность способствовала мобилизации и концентрации урана в различных коллекторах, в том числе в ассоциации с мезозойскими лейкократовыми гранитами, вулканитами и песчаниками. В генетическом плане ураноносные лейкократовые граниты синформных блоков представляли собой продукты палингенеза, т. е. повторного переплавления (возрождения) гранитного субстрата, уже прошедшего стадию магматического гранитообразования, в отличие от

анатектоидных гранитов – продуктов плавления твёрдых пород, до этого не бывших в состоянии расплава.

Приуроченность урановых провинций лейкогранитового типа к синформным нуклеарам закономерна для азиатской части Тихоокеанского подвижного пояса. Суперзолотоносная территория Северо-Американской Аляски, по многим особенностям сходная с Чукотским и Колымско-Омолонским регионами Северо-Востока Азии, скорее всего также принадлежит к синформному нуклеару.

1. Афанасьев Г.В., Миронов Ю.Б. Уран в купольных структурах земной коры. Опыт палеореконовструкций в металлогении. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. – 360 с.
2. Афанасьев Г.В., Миронов Ю.Б., Пинский Э.М. Урановые провинции мира // Регион. геология и металлогения. 2014. № 58. – С. 91–99.
3. Глуховский М.З. Геологическая эволюция фундаментов древних платформ (нуклеарная концепция). – М.: Наука, 1990. – 215 с.
4. Ишуква Л.П., Ашихмин А.А., Константинов А.К. и др. Урановые месторождения в вулканно-тектонических структурах. – М.: ВИМС, 2005. – 212 с.
5. Казанский В.И. Урановые месторождения азиатской части Тихоокеанского рудного пояса // Геология рудных месторождений. 1995. Т. 37. № 4. – С. 303–316.

6. Ковалев А.А. Урановые месторождения Китая и генезис месторождений вулканического и интрагранитного типов // Известия секции наук о Земле РАЕН. 1999. № 3. – С. 132–136.
7. Красный Л.И. Глобальная система геоблоков. – М.: Недра, 1984. – 224 с.
8. Красный Л.И. Развитие тектонических идей и некоторые проблемы минерализации // Отечеств. геология. 2003. № 4–5. – С. 3–11.
9. Миронов Ю.Б. Уран Монголии. – СПб., 2003. – 326 с.
10. Региональная металлогения Центральной Азии / ред. О.В. Петров, Дун Шувен. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. – 248 с. (Труды ВСЕГЕИ. Новая серия. Т. 353).
11. Самович Д.А., Бузовкин С.В., Миронов Ю.Б. Металлогения урана юга Восточной Сибири // Регион. геология и металлогения. 2007. № 32. – С. 75–87.
12. Уран российских недр / ред. Г.А. Машковцев. – М.: ВИМС, 2010. – 850 с.
13. Федорчук В.П. Минеральные месторождения Китая. – М.: Геоинформмарк, 1999. – 279 с.
14. Хаин В.Е. Региональная геотектоника. Т. 3: Внеальпийская Азия и Австралия. – М.: Недра, 1979. – 356 с.
15. Шатков Г.А., Былинская Л.В. Сианшань – китайская столица урана // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов: Инф. сб. Вып. 150. – М., 2006. – С. 78–88.
16. Шатков Г.А., Терентьев В.М., Пинский Э.М., Шор Г.М. Металлогеническое районирование Амурского геоблока (сопредельные территории России, Китая, МНР) в связи с задачами прогнозирования промышленных типов уранового оруденения на Востоке России // Регион. геология и металлогения. 1999. № 8. – С. 35–46.
17. Щеглов А.Д. Металлогения областей автономной активизации. – Л.: Недра, 1968. – 180 с.
18. Chen Guo-da. Characteristics and nature of the Diva region compared with the so-called paraplatform // Acta Geol. Sinica. 1960. Vol. 40. – P. 162–186.
19. Liu Xingzhong, Zhon Weixun. Uranium provinces in China and their distribution pattern // Uranium Provinces in China. – Bureau of geology of the China Nat. Nuclear Corpor. Beijing, 1990. – P. 1–16.
20. Mineral Deposits of China. Vol. 1–5. Beijing, 1990–1996.
21. Zhang Bangtong. On geochemical recognition criteria and genesis for two kinds of granite-type uranium deposits in South China // Uranium Provinces in China. – Bureau of geology of the China Nat. Nuclear Corpor. Beijing, 1990. – P. 54–66.
22. Zhang Jindai, Li Ziyang. Uranium Potential and Regional Metallogeny in China // Acta geologica sinica. 2008. Vol. 82. N 4. – P. 741–744.
23. Zhou Weixun, Zhang Bangtong, Wu Jianhue. Granite types uranium deposits in South China Uranium Province // Uranium geochemistry / M. Cuneu et al. (eds). Univ. Henri Poincare, Vandoeuvre les Nancy, 2003. – P. 396–399.
24. Dahlkamp F.I. Uranium Deposits of the World. Asia. – Berlin – Heidelberg: Springer Verlag, 2009. – 508 p.

Афанасьев Георгий Владимирович – доктор геол.-минер. наук, консультант, ВСЕГЕИ. <ogumr@vsegei.ru>.

Миронов Юрий Борисович – доктор геол.-минер. наук, зав отделом, ВСЕГЕИ. <Yuri_Mironov@vsegei.ru>.

Пинский Эдуард Маркович – доктор геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ. <Eduard_Pinsky@vsegei.ru>.