

**ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ, ТЕКТОНИЧЕСКИЕ И МАГМАТИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ  
КРУПНЫХ УРАНОВОРУДНЫХ УЗЛОВ ЗАБАЙКАЛЬСКО-МОНГОЛО-СЕВЕРОКИТАЙСКОЙ  
ПРОВИНЦИИ**

**В.Г. Хомич<sup>1,2</sup>, Н.Г. Борискина<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, пр-т 100 лет Владивостоку 159, г. Владивосток, 690022; e-mail: [khomich79@mail.ru](mailto:khomich79@mail.ru)

<sup>2</sup>ФГАОУВО Дальневосточный федеральный университет, Инженерная школа, ул. Суханова 8, г. Владивосток, 690950

Поступила в редакцию 30 октября 2017 г.

Забайкальско-Монголо-Северо-Китайская провинция Восточной Азии принадлежит к числу наиболее продуктивных на уран. На ее площади обнаружены сотни проявлений, десятки месторождений разных (эндо-, экзо- и полигенных) типов, несколько крупных урановорудных узлов и районов. Наиболее крупные F-Мо-U узлы выявлены в Монголо-Приаргунской и Иньшань-Ляохэской (Inshan-Liaohé) вулcano-плутонических зонах (ВПЗ) западной и юго-западной периферии Большехинганского пояса.

Анализом материалов, содержащих информацию об особенностях тектоники Тулукуевской (Юго-Восточное Забайкалье), Дорнотской (Восточная Монголия), Гуюань-Дуолунской (Inshan-Liaohé, Китай) позднемезозойских (J<sub>2</sub>-K) впадин вышеназванных ВПЗ определены важные детали их строения, оказавшие влияние на размещение урановорудных полей и месторождений «вулканитового типа». Одна часть месторождений, с рудными залежами сложной морфологии, ассоциирует с палеовулканическими жерловинами, экструзивами, субвулканическими телами и дайками, вторая – размещается в стратифицированных эффузивно-пирокластических отложениях, а третья – среди пород основания (фундамента) депрессий. Современные геохронологические, геофизические, сейсмотомографические данные указывают не только на синхронность формирования узлов в раннем мелу (валанжин), но и расположенность их в земной коре умеренной (36–42 км) мощности над периметром слэба, стагнированного в транзитной зоне мантии. Совместимость проекции границ слэба и ареала их влияния с пространственным положением крупных F-Мо-U рудных узлов (Стрельцовским, Дорнотским, Гуюань-Дуолунским), удаленных друг от друга на сотни и тысячи км, рассматривается как свидетельство вероятного воздействия глубинной геодинамики на формирование соответствующей минерализации. Некоторые из перечисленных и подобных им узлов провинции представляются недостаточно изученными. В определенной мере это относится к разведанности в их пределах полей эффузивно-пирокластических накоплений значительной мощности, сопряженных с палеоцентрами вулканизма, а также возможного размещения урановых залежей среди пород фундамента впадин.

**Ключевые слова:** урановорудные узлы, позднемезозойские вулcano-тектонические сооружения, глубинная геодинамика, Восточная Азия.

**ВВЕДЕНИЕ**

Сопредельная территория Юго-Востока России (Восточное Забайкалье), Востока Монголии и Северного Китая представляет собой крупную урановоносную провинцию. Она занимает центральную часть Амурской плиты, расположенной между Сибирским и Сино-Корейским кратонами. Тектоническое и геодинамическое положение провинции обладает признаками двойственности. С одной стороны, она принадлежит западной краевой части Азиатско-Тихооке-

анской мегазоны активного взаимодействия в мезозое океанических и континентальных литосферных плит, а с другой – входит в состав восточного фланга палеозойского Центрально-Азиатского (Урало-Монгольского) орогенного мегапояса. Эта двойственность позиции отразилась на степени насыщенности Забайкальско-Монголо-Северокитайской провинции гидротермальными, гидрогенными и полигенными месторождениями урана разных минерально-геохимических типов (рис. 1).

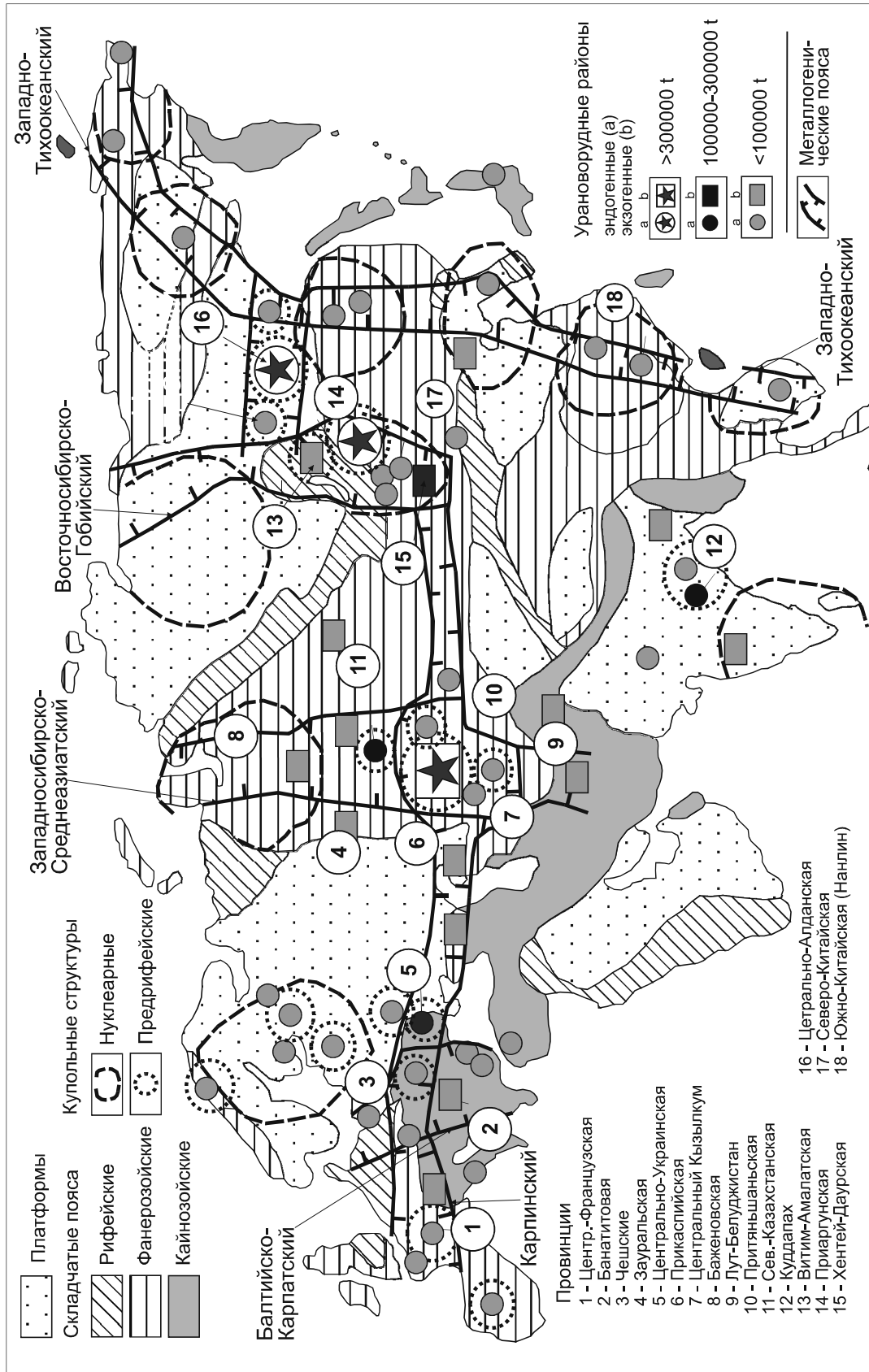


Рис. 1. Карта урановых провинций Евразии. По [3] с изменениями и дополнениями.

### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ ЗОН БОЛЬШЕХИНГАНСКОГО ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКОГО ПОЯСА И ИХ УРАНОНОСНОСТЬ

Современные исследования закономерностей формирования и размещения проявлений урановой минерализации базируются, как правило, на констатации их принадлежности к эндо-, экзо- или полигенным рудообразующим системам. При создании эмпирических, статистических, динамических, физико-химических, геолого-генетических или иных моделей таких систем разного масштаба (от локального до глобального) учитывается их соответствие реальным геолого-геофизическим обстановкам, а также петрогеохимическим, изотопным и сейсмоотографическим доказательствам вероятного влияния глубинной геодинамики на развитие магмо- и рудообразующих процессов.

На сопредельной территории трех стран (России, Монголии, Китая) расположены внешние, фланговые, периферические зоны крупного Большехинганского вулканоплутонического пояса (ВПП) обычно рассматриваемые в качестве самостоятельных тектонических единиц, в которых сосредоточены наиболее крупные урановорудные узлы. Формирование ВПП, предопределено геодинамическими процессами на активной палеоконтинентальной окраине [7, 9]. Они обусловили возникновение в позднем мезозое (J-K) не только ВПП и его дочерних вулканоплутонических зон (ВПЗ), но также субрегиональных и локальных вулканотектонических сооружений, часто являющихся рудоносными.

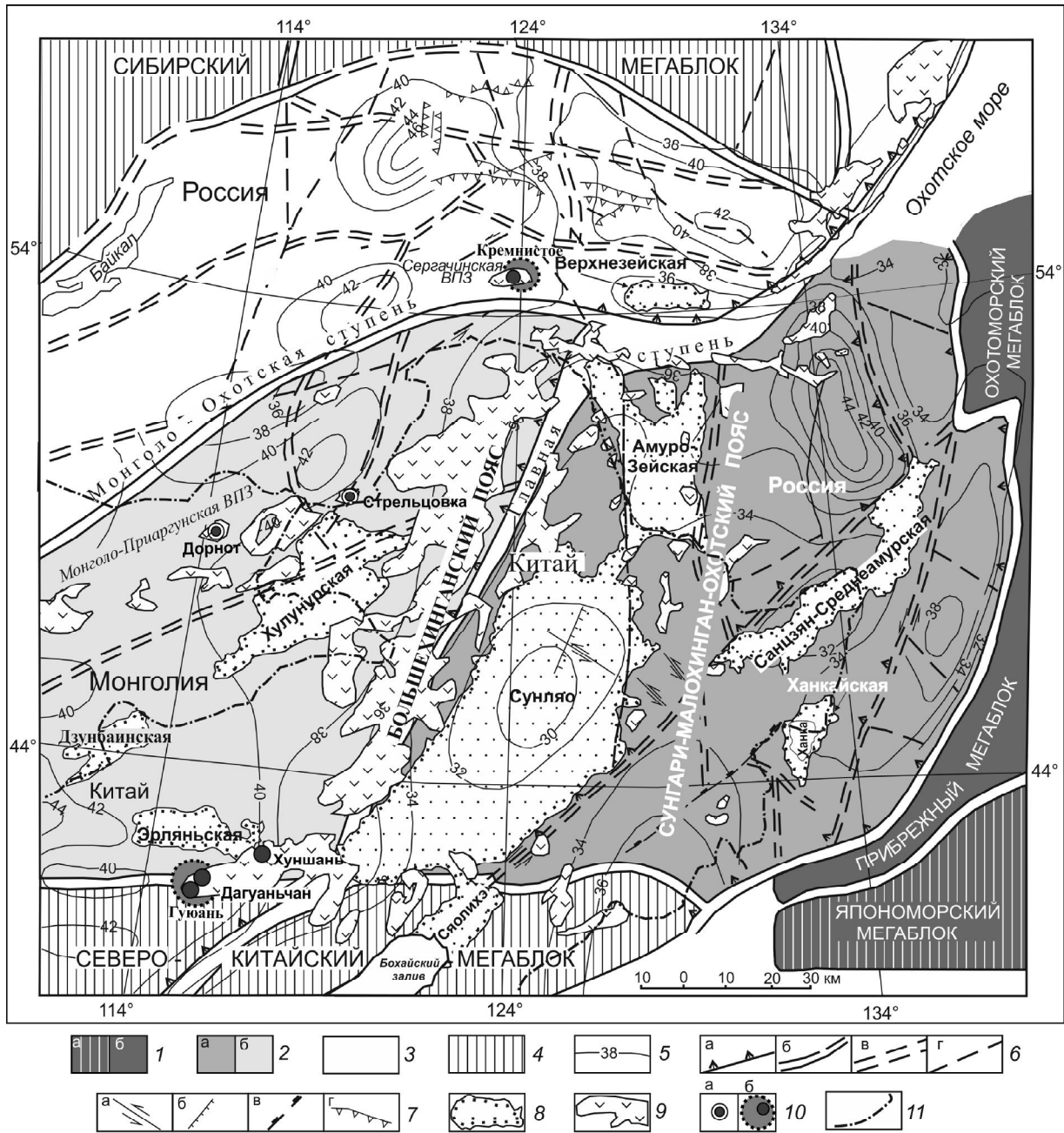
В строении пояса и таких его периферических зон, как Монголо-Приаргунская, Оловско-Могочинская, Сергачинская (Уруша-Ольдойская), Иньшань-Ляохэ (Yinshan-Liaohé), участвуют осадочные аквальные и субаквальные юрские ( $J_{1,2}$ ), осадочно-вулканогенные субаквальные и субаэральные эффузивно-пирокластические позднеюрско-меловые ( $J_{2,3}$ -K) отложения. Последние представлены андезибазальтовыми, дацит-андезитовыми, дацит-трахиандезитовыми, трахит-риолитовыми, трахиандезибазальт-дацит-риолитовыми толщами (шадоронская, приаргунская серии, дорнотский комплекс, зюльзиканская, укурайская, тургинская, Baiqi, Zhanjiakou, Dabeigou, Huajiying и др. свиты). Для фланговых частей Большехинганского ВПП (БВП) характерно наличие многих из перечисленных толщ, сосредоточенных в разобщенных депрессиях, впадинах и более сложных вулканотектонических сооружениях (ВТС). В отдельных ВТС размещены широко известные фтор-молибден-урановорудные узлы: Стрельцовский (РФ), Дорнотский (Монголия) и Гуюань-Дуолунский (Китай) (рис. 2).

Для Стрельцовского узла характерна совмещенность с Тулукуевской вулканотектонической депрессией (ВТД), осадочно-вулканогенные отложения которой принадлежат приаргунской ( $J_{2,3}$ pr) серии и тургинской ( $K_1$ tr) свите. В ВТД установлена явная предопределенность в размещении, с одной стороны, палеожерловин и экструзивов, а с другой – стратифицированных эффузивно-пирокластических накоплений (рис. 3).

Центры приаргунского риолитового вулканизма и базальтового вулканизма тургинского времени сосредоточены в центральной части впадины на площади горстового выступа пород основания. Здесь между северным и южным бортами ВТД преимущественно распространены вулканы жерловых фаций и экструзивные тела. В пределах Краснокаменского центра закартированы неки и экструзивы из флюидальных, сферолитовых, сферолоидных и брекчиевых тел риолитов, а также их крупно- и мелкопорфировых санидин-морионовых разновидностей. По обрамлению центра, в западной и преимущественно восточной частях ВТД, распространены стратифицированные эффузивно-пирокластические отложения. В целом глубина залегания пород фундамента на площади горстообразного поднятия изменяется от 0 до 200 м, а на его крыльях, особенно в восточной депрессионной просадке (кальдере), увеличивается до 1000 м. Фтор-молибден-урановое оруденение (возраст  $135 \pm 1$  Ма [2]) узла редко достигает современной поверхности [13, 23]. Глубина его распространения превышает 2500 м. При этом два наиболее крупных месторождения (Антей и Аргунское) залегают среди пород фундамента впадины.

Стратифицированные и экструзивные образования Дорнотского ВТС во многом сопоставимы с толщами приаргунской серии, тургинской свиты Тулукуевской впадины и причисляются к субщелочной базальт-андезит-риолитовой формации, возраст которой укладывается в диапазон 160–144 Ма [5]. Нижнемеловые ( $K_1$ ) угленосные отложения дзунбаинской серии принадлежат субплатформенному чехлу (рис. 4).

Для Дорнотской ВТС также свойственна определенная симметрия размещения стратифицированных эффузивно-пирокластических накоплений относительно валообразного горстового поднятия пород фундамента, разделяющего ВТС на две депрессии: Уланскую на западе и Эрхтийнскую на востоке. Основное урановое оруденение (возраст 138–136 Ма) не имеет выхода на современную поверхность, залегающая на глубинах от 30 до 700 м. Обычно верхняя граница распространения минерализации находится в 90–130 м от поверхности, а нижняя – на 400–500 м глубже [16]. Как и в Стрельцовском узле, здесь выяв-

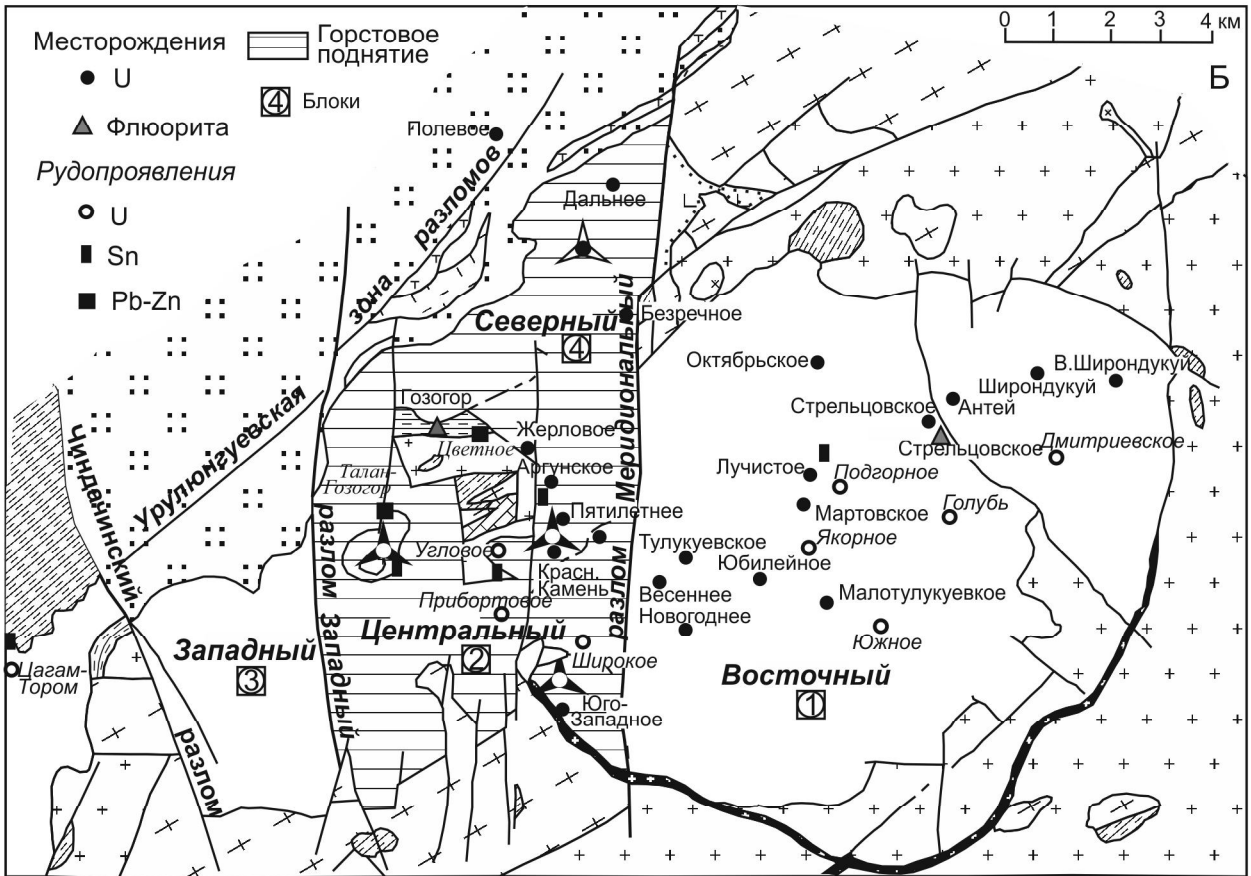
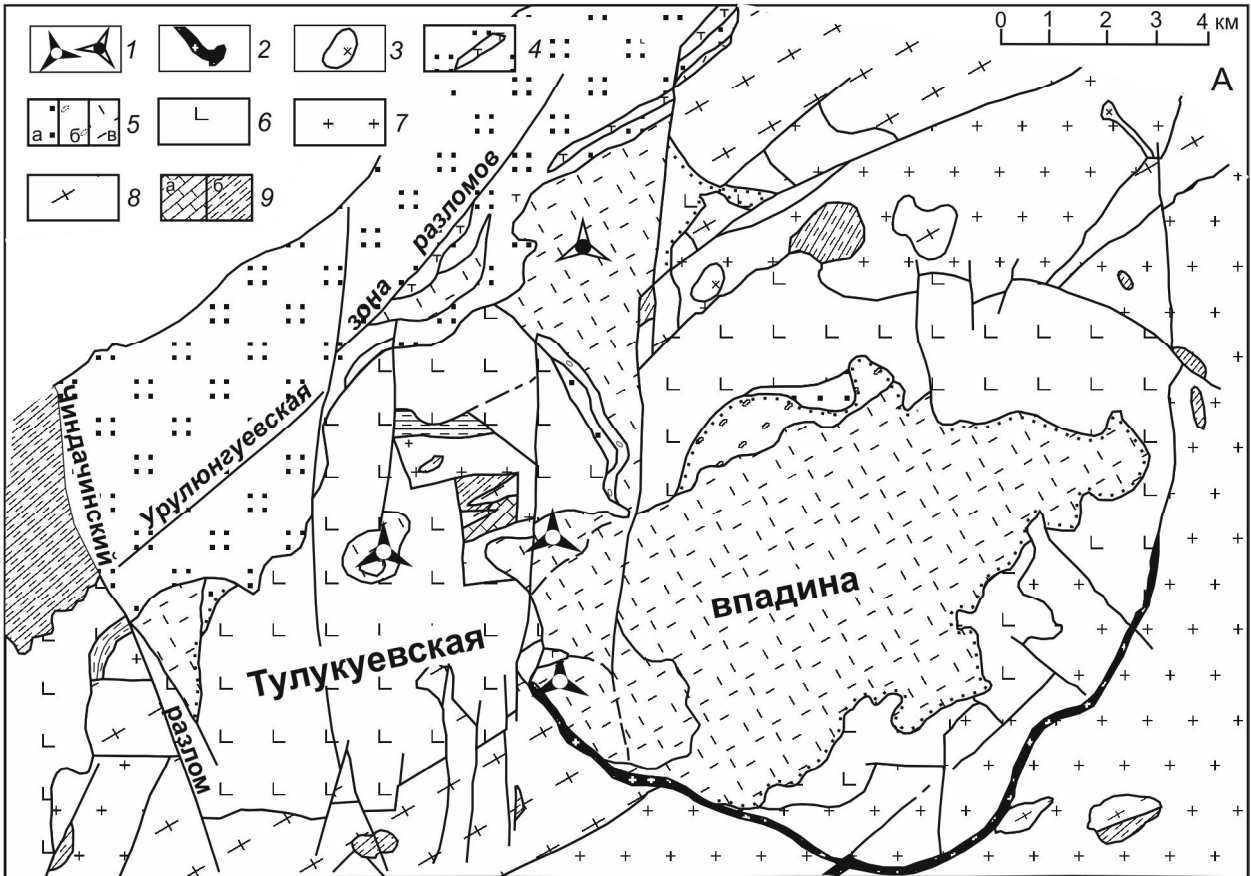


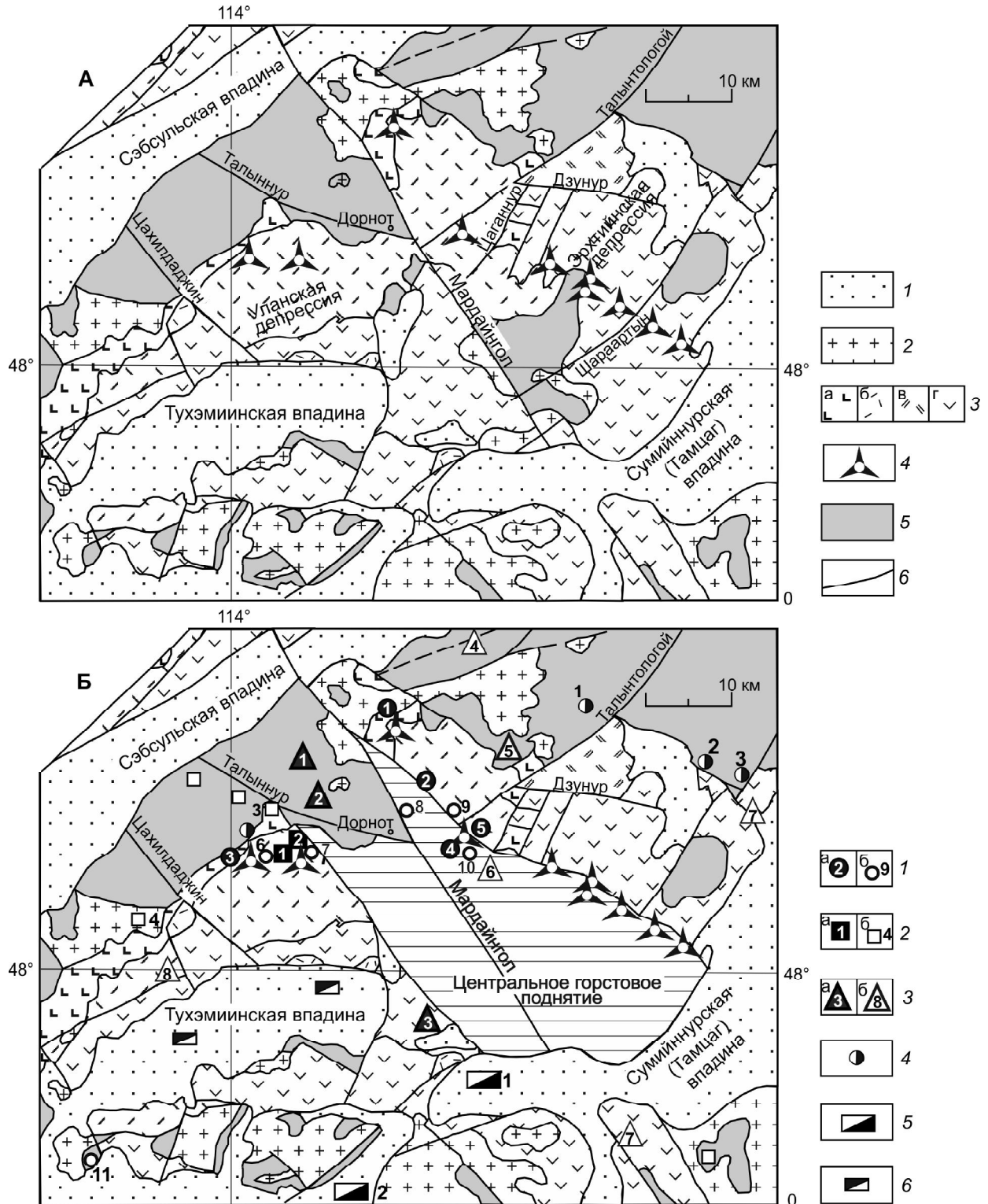
**Рис. 2.** Позиция Большехинганского вулcano-плутонического пояса и его периферических зон на карте глубинного строения Восточной Азии. По [21] с изменениями и дополнениями.

1–3 – типы земной коры мегаблоков, блоков I–II порядков и ее мощность, км: 1 – субокеанический, менее 20 км (а) и окраинно-континентальный, 26–30 км (б); 2 – континентальный деструктивный, 30–40 км (а) и континентальный переходный, 35–45 км (б); 3 – континентальный, 38–48 км; 4 – плитные комплексы Сибирского и Северо-Китайского континентальных мегаблоков; 5 – изолинии мощности земной коры по сейсмическим данным, км; 6 – гравитационные ступени и зоны нарушения поля силы тяжести разного масштаба: а – планетарные, б – глобальные, ограничивающие мегаблоки I порядка, в – региональные, разделяющие блоки II порядка, г – прочие зоны; 7 – некоторые крупные разломы и их кинематическая характеристика: а – сдвиги и сдвиговые зоны; б – сбросы, в – взбросы, г – фронтальные части надвигов; 8 – контуры крупных позднемезозойско-кайнозойских депрессий; 9 – Большехинганский, другие вулcano-плутонические пояса и их периферийные зоны (J-K); 10 – известные крупные (а) и потенциально крупные (б) урановорудные узлы, 11 – государственные границы.

**Рис. 3.** Геологическая (А) и структурно-минерагеническая (Б) карты Тулукуевской вулcano-тектонической депрессии. По [13] с изменениями и дополнениями.

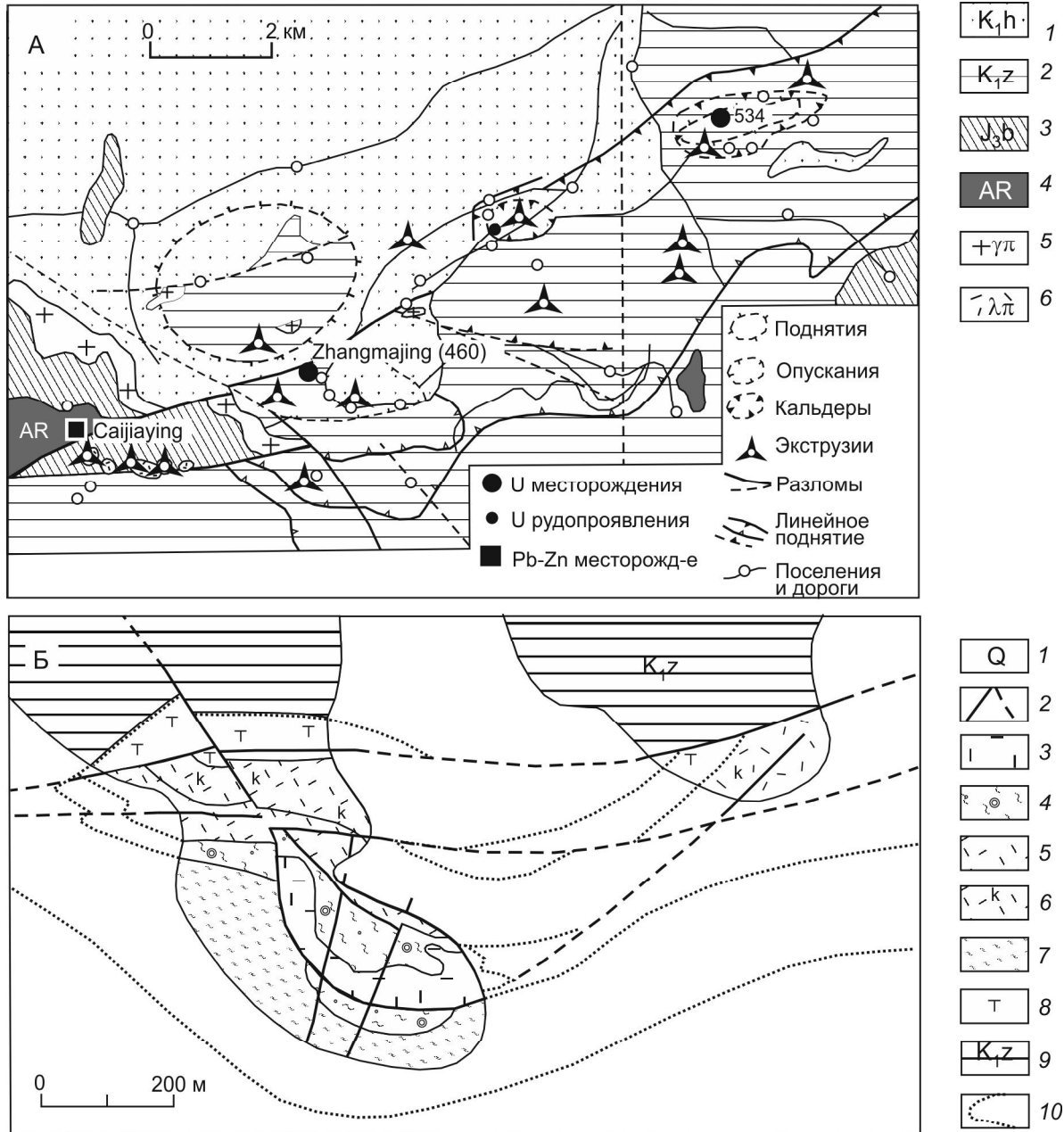
1 – палеовулканические жерловины; 2–3 – порфиры: 2 – риолит-гранит, 3 – граносиениты; 4–5 – Тургинская свита: 4 – верхняя толща, базальты, 5 – нижняя толща: песчаники (а), конгломераты (б), вулканиты, осадки (в); 6 – приаргунская свита; 7–8 – гранитоиды и гранитогнейсовые комплексы: 7 – ундинский (250 ± 1 Ма), 8 – уруллонгуевский (774–800 Ма), 9 – известняки (а), сланцы (б).





**Рис. 4.** Схематические карты: геологическая (А) и структурно-минералогическая (Б) Дорнотского вулканотектонического сооружения. По [14, 16] с изменениями и дополнениями.

Для А: 1 – терригенные угленосные осадки; 2 – монцитит-гранит-граносиениты; 3 – вулканогенные толщи дорнотского комплекса: нижняя (а), средняя (б, в), верхняя (г); 4 – некки; 5 – фундамент вулканотектонической структуры (ВТС); 6 – главные разломы. Для Б: Месторождения (а) и рудопоявления (б): 1 – урана (1 – Немер, 2 – Мардайнол, 3 – Гурванбулак, 4 – Хавар, 5 – Дорнот, 6 – Даван, 7 – Мохаррам, 8 – Цеве, 9 – Ирлех, 10 – Хар, 11 – Багадзоснур); 2 – полиметаллов (1 – Улан, 2 – Мохаррам, 3 – Бутан, 4 – Арбулджи); 3 – флюорита (1 – Барунсуджин, 2 – Холой, 3 – Хубобулак, 4 – Ганджур, 5 – Делгер, 6 – Цаганнур, 7 – Озерное, 8 – Будунбулак); 4 – рудопоявления Au (1 – Тохой, 2 – Урлиинобин, 3 – Вост. Дагар); 5 – месторождения бурых углей (1 – Дедженур, 2 – Шинебулак); 6 – ураноносные угли.



**Рис. 5.** Структурная карта (А) рудного района Гуоянь-Дуолун и геологическая схема (Б) F-Мо-U месторождения Чжанмадзин (Zhangmajing, № 460). По [29, 34] с изменениями и дополнениями.

Для А: Свиты: 1 – Нуацуйин, 2 – Zhajiakou, 3 – Baiqi, 4 – гнейсы, 5 – гранит-порфиры, 6 – риолит-порфиры.

Для Б: 1 – рыхлые отложения, 2 – разломы, 3 – риолит-порфиры, 4 – сферолитовые риолиты, 5 – риолиты, 6 – калиевые риолиты, 7 – игнимбриты, 8 – трахиты, 9 – Zhajiakou, 10 – геол. границы.

лены мелкие месторождения урана, ассоциирующие с экструзивами риолит-дацитового состава [14, 16].

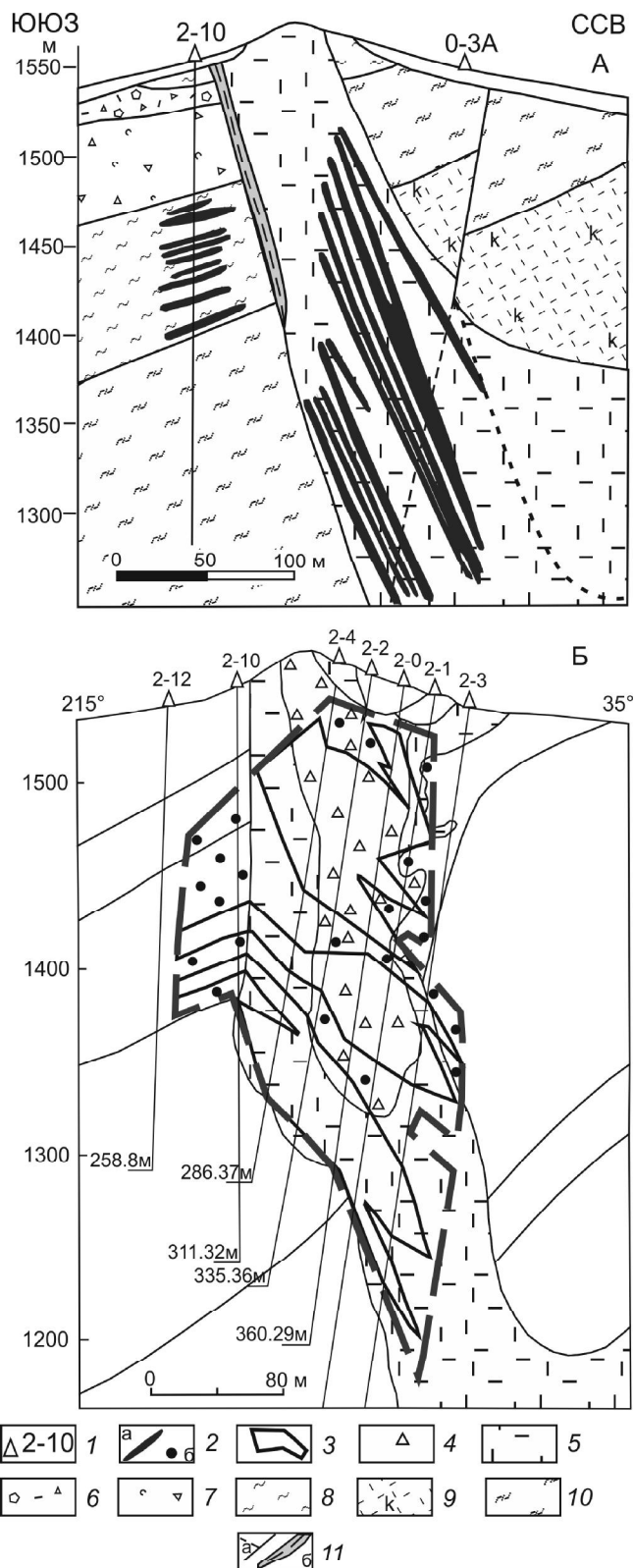
Гуоянь-Дуолунская ВПЗ, называемая китайскими геологами «вулканическим бассейном» [33, 40], расположена на юго-западном (Yinshan-Liaohе) фланге Большехинганского ВПП (рис. 5). Породы основания «бассейна», как и в других вышеупомянутых ВТД, представлены позднеархейскими и ран-

непротерозойскими метаморфическими образованиями (гранулиты, микрогнейсы, кварциты, мраморы, калишпатизированные мигматиты) и гранитоидами домезозойского возраста. «Бассейн» заполнен осадочно-вулканогенными отложениями ( $I_3$ - $K_1$ ) четырех свит: Baiqi, Zhanjiakou, Dabeigou и Нуацуйин. Они в целом сопоставимы по возрасту и составу с накоплениями дорнотского комплекса, приаргунской серии

и тургинской свиты [33, 38–40]. Самым крупным и наиболее изученным в районе является F-Mo-U месторождение Чжанмаджин (Zhangmajing, № 460). Оно приурочено к экструзиву риолит-порфиров, который окружен агломератовой мантией и вмещает эксплозивные брекчии криптовзрыва (рис. 6). Возраст риолитов экструзии согласуется с данными о раннемеловом (135–133 и 143 Ма, U-Pb метод по циркону) времени формирования толщ трахитов и риолитов [33, 39]. Новейшие данные [38] также свидетельствуют о раннемеловом возрасте рудовмещающих кварцевых порфиров ( $136.2 \pm 2.9$  Ма), риолитов ( $138.6 \pm 1.4$  Ма), риолитовых порфиров ( $140.2 \pm 1.6$  Ма), а U минерализации – 132–130 Ма. Изложенные фактические материалы позволяют констатировать, что периферические части Большехинганского ВПП характеризуются сосредоточением крупных и потенциально крупных урановорудных узлов. Среди гидротермальных F-Mo-U месторождений и полей вулканитового типа, преимущественно размещенных в ВТД периферических частей БВПП, индикаторами объектов промышленной значимости являются проявления U, сопряженные с экструзивами кислого состава повышенной щелочности.

Доступная информация о крупных урановорудных узлах провинции демонстрирует, при относительном их своеобразии, наличие в каждом узле сопоставимых геолого-геофизических, петрологических, геохронологических, структурных, геохимико-метасоматических и минералогических характеристик. Это относится и к примерно одинаковой мощности земной коры (~36–42 км), и к небольшой (5–7 км) глубине залегания периферических магматических очагов, существованию на площади узлов отрицательных аномалий поля силы тяжести на фоне более крупных гравитационных максимумов [21]. Примечательна также не просто совмещенность рассматриваемых узлов с ВТД, расположенных во внешней и фланговой частях Большехинганского ВПП, но их размещенность на блоках ранней консолидации, претерпевших неоднократную анатектоидную и палингено-метасоматическую гранитизацию [4, 12]. Породы фундамента Тулукуевской, Дорнотской, Гуянь-Дуолунской ВТД представлены метаморфическими комплексами (гранулиты, гнейсы, мигматиты, амфиболиты, сланцы, мраморы и т.п.), габброидами и гранитоидами древнего (AR-PR, R-PZ) возраста и разного облика.

Осадочно-эффузивно-пирокластические отложения (J-K) ВТД принадлежат, как правило, трем ярусам из базальт-трахиандезит-дацитовый, риолит-трахириолитовой и трахиандезитовой породных ассо-



**Рис. 6.** Схематические разрезы F-Mo-U месторождения Чжанмаджин (Zhangmajing, № 460). По [28] (А), [29] (Б).

1 – скважины, 2 – руды U (а) Mo (б), 3 – рудное тело, 4 – эксплозивные брекчии, 5 – риолит-порфиры, 6 – лавобрекчия риолитов, 7 – туфы, 8 – флюидальные риолиты, 9 – калиевые риолиты, 10 – игнимбриты, 11 – разломы (а), зоны окремнения (б).



циаций, формировавшихся в период 170–110 Ма [13, 16, 22, 23, 28, 39, 40]. В основании каждой из них, на размытой поверхности подстилающих образований картируются базальные пачки молассоидов.

Каждая их ураноносных ВТД обладает достаточно сложным строением. В них выделяются горстовые, валлообразные поднятия, сопряженные с местными кальдерами и локальными просадками. Для поднятий характерно наличие палеожерловин, штоков, некков, экструзивов, даек риолит-, гранит- и граносиенит-порфиоров. С ними ассоциируют ореолы гидрослюдисто-аргиллизитовых и цеолитовых гидротермально-метасоматических преобразований пород.

По периферии ВТД часто распространены верхнемеловые и третичные угленосные отложения (кутинская, дзунбаинская и др. свиты), вмещающие гидрогенные месторождения урана. Здесь же встречаются и платобазальты миоцена.

На площади узлов среди породных комплексов основания и по периферии ВТД обнаружено значительное число месторождений и рудопроявлений флюорита и полиметаллов позднемезозойского возраста. Часть таких месторождений принадлежит к числу крупных (рис. 3–5) [31].

Многоплановые исследования оруденения «стрельцовского типа», сосредоточенного в ВТС периферии Большехинганского пояса, позволили сделать обобщающий вывод о том, что формирование уникальных месторождений U в значительной степени предопределено благоприятными условиями в нижних слоях земной коры и мантии, где возникали длительно функционировавшие глубинные очаги, аккумуляровавшие исключительно мощные источники энергии, зарождались рудоносные расплавы, газонасыщенные флюидопотоки и гидротермальные системы. Последние содержали высокие концентрации  $\text{CO}_2$ , F и щелочей при низких количествах водорода и других восстановителей [13, 17, 22, 24].

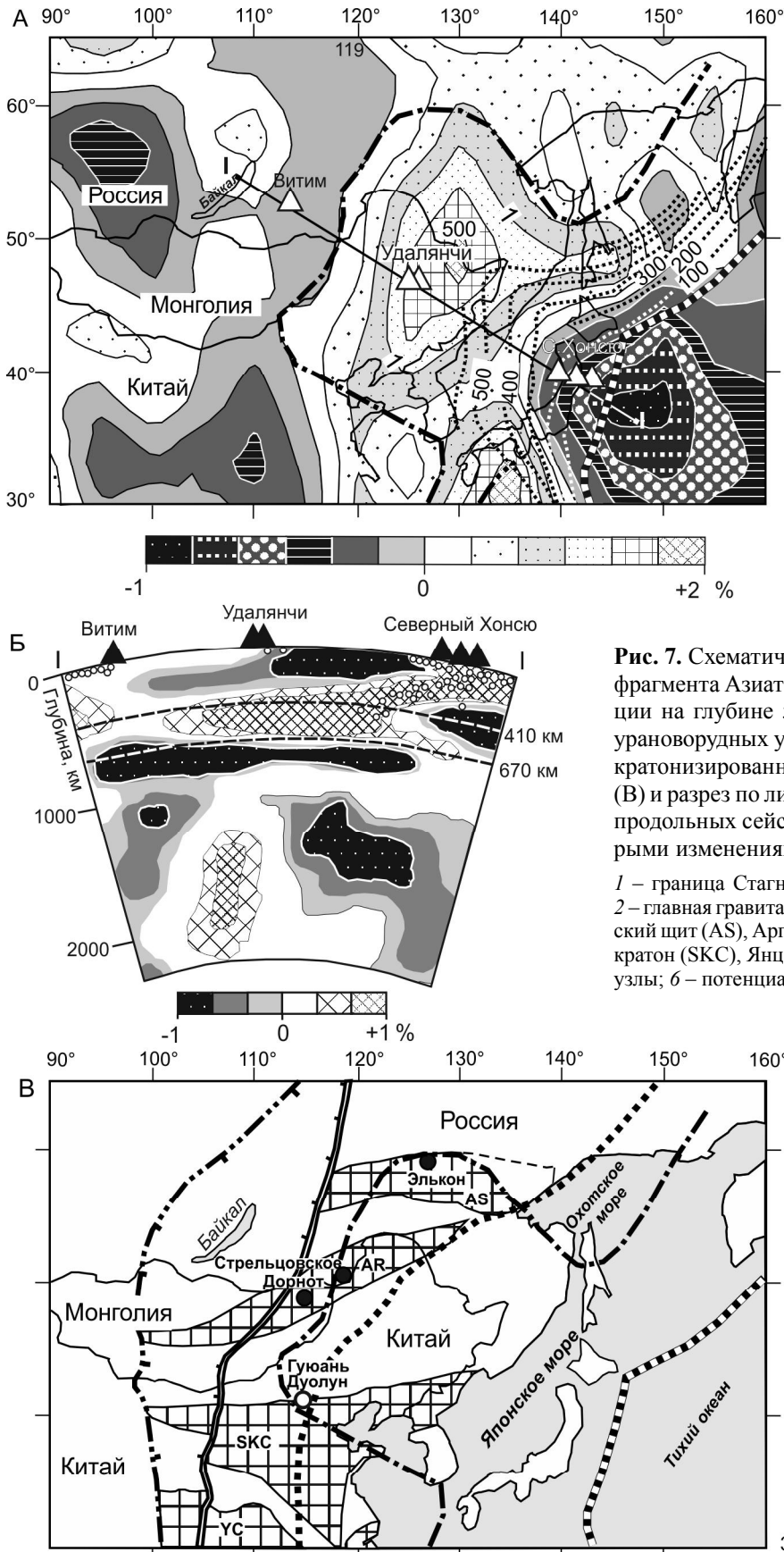
Многие участники дискуссий по проблеме источников урана на вулканогенных месторождениях стрельцовского типа склоняются к выводу о том, что его основными поставщиками были специализированные очаги риолитовой магмы с первичными содержаниями U и Th на уровне 15–20 и 45–60 г/т, соответственно [14, 22, 23, 28]. Допускается, что миграция радиоактивных элементов происходила в равномерно рассеянном состоянии в обстановке интенсивного выноса щелочей из остаточного расплава. Повышенные концентрации других элементов отчасти сохранялись в силикатном каркасе вулканического стекла, обладающего высокими содержаниями не только U и Th [23]. Активной мобилизации урана предшествовала

кристаллизационная дифференциация расплавов в интервале глубин 4–5 км (от палеоповерхности), где предполагалась «кровля» периферических магматических очагов. Здесь же могло происходить насыщение флюидов минерализаторами – F,  $\text{H}_2\text{O}$ , CO и др. [22, 24].

Среди многих факторов образования очагов риолитового состава два являются наиболее важными. Во-первых, наличие в районах локализации урановорудных узлов древних высокорadioактивных образований типа гранитоидов урулюнгуевского,  $\gamma$ PR (Восточное Забайкалье) и модоухудукского (Восточная Монголия) комплексов [6, 16, 23]. Во-вторых, существование в мантии «горячих» точек и крупных «горячих» полей [18, 23, 26], которые служили флюидно-тепловыми источниками для мантийных плюмов (локальных или региональных). Производные последних в виде соответствующих покровов в ВТД (с возрастом 176–120 Ма и менее) последовательно эволюционировали в сторону увеличения содержания U, Th и F. Считается, что именно фтор обеспечивал в последующем геохимическую специализацию гидротерм и формирование полиметаллических Улан (Ulan), Кайдзин (Caijing) и др., флюоритовых Гозогор, Стрельцовское, Барун-Сунджин (Barun-Sungin) и др., фтор-молибден-урановых месторождений вулканитового типа в каждом из рассмотренных узлов [14, 16, 23, 39].

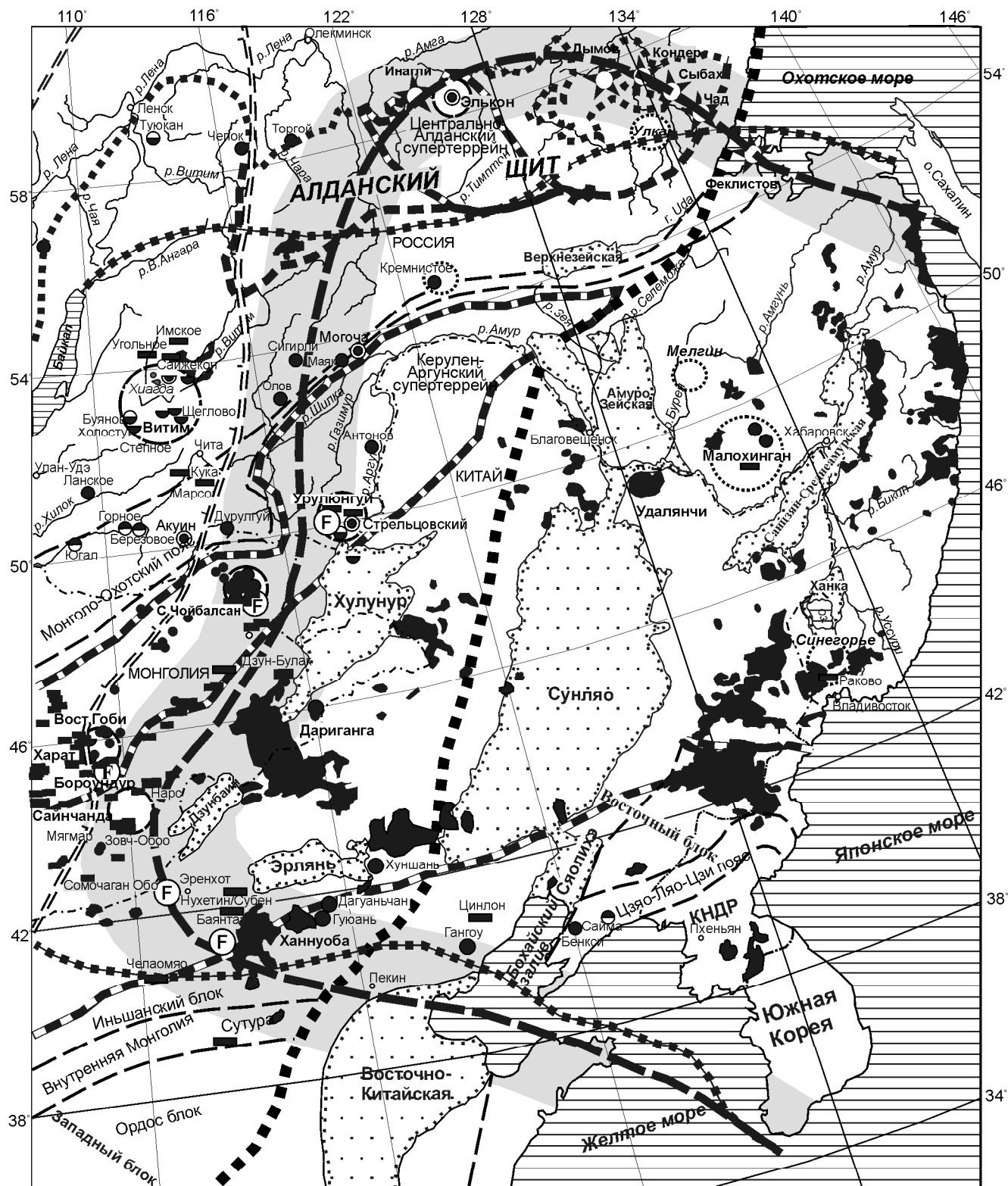
#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Отмеченная ранее [18, 31, 32] линейность размещения крупных урановорудных узлов в пределах провинции над фронтальной частью слэба, стагнированного в транзитной зоне мантии (рис. 7), переводит дискуссию о факторах, определивших закономерности размещения таких узлов, из виртуальной плоскости в реальную (рис. 8). Открываются возможности привлечения информации о глубинной геодинамике, существовавшей здесь в позднем мезозое, к доказательному объяснению установленных нашими предшественниками [1, 17, 25, 27] физико-химических условий образования крупных и уникальных урановорудных узлов. Из представленного синтеза следует, что формирование в земной коре ярусной системы рудоносных магматических очагов оказалось возможным за счет мощных восходящих флюидно-энергетических потоков, в которых принимали участие разные уровни мантии. По нашему мнению, определенная синхронизация деятельности глубинных очагов, поставивших основные, кислые магмы, способствовавших развитию гидротермально-метасоматических процессов, предопределена синхронным же существованием нескольких «горячих точек», особенно активных у фронтального и фланговых ограничений



**Рис. 7.** Схематические карты строения северо-западного фрагмента Азиатско-Тихоокеанской мегазоны конвергенции на глубине 500 км (А), размещения суперкрупных урановорудных узлов провинции относительно кратонов, кратонизированных террейнов и глубинных георазделов (В) и разрез по линии I-I (Б) со шкалами распространения продольных сейсмических волн. По [10, 11, 21] с некоторыми изменениями и дополнениями.

1 – граница Стагнированного слэба (а), зона субдукции (б); 2 – главная гравитационная ступень; 3 – зона Вебирс; 4 – Алданский щит (AS), Аргунский супертеррейн (AR), Сино-Корейский кратон (SKC), Янцзы кратон (YC); 5 – суперкрупные U-рудные узлы; 6 – потенциально суперкрупный узел.



- |  |  |   |
|--|--|---|
| <p><b>Рудные районы</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Крупные суперкрупные</li> <li>○ Потенциальные</li> </ul> <p><b>Рудные узлы</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Гидротермальные</li> <li>● Гидрогенные</li> </ul> | <p><b>Месторождения</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Гидротермальные</li> <li>● Гидрогенно-стратиформные</li> <li>● Слюдисто-цеолитовые</li> <li>● Палеодолин</li> <li>● Песчанниковые</li> <li>● Флюоритовые</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>1 [Symbol]</li> <li>2 [Symbol]</li> <li>3 [Symbol]</li> <li>4 [Symbol]</li> <li>5 [Symbol]</li> <li>6 [Symbol]</li> <li>7 [Symbol]</li> <li>8 [Symbol]</li> <li>9 [Symbol]</li> <li>10 [Symbol]</li> <li>11 [Symbol]</li> <li>12 [Symbol]</li> </ul> |
|--|--|---|

стагнированного слэба, хотя и удаленных друг от друга на сотни и тысячи километров. Длительность существования очагов и неоднократное их вскрытие обеспечили последовательное формирование трех породных ассоциаций: базальт-трахиандезит-риолитовой, затем риолит-трахириолитовой и, наконец, трахиандезитовой, как это имеет место во всех ВТС, где размещены крупные урановородные узлы. Влияние крупных разломов на такие «вскрытия» способствовало миграции к палеоповерхности расплавов и газонасыщенных флюидов, возникновению долгоживущих вулканических центров с экструзивами, некками, дайками и телами эксплозивных брекчий, а затем формированию в благоприятных структурных условиях крутопадающих жильно-прожилково-штокверковых зон и (или) стратиформных залежей урана. Подчеркнем, что такого типа вулканические центры известны и на территории США [37]. Возвращаясь от рис. 8 к схеме ураноносности Евразии (рис. 1) и констатируя размещенность на окраине Азии Витим-Амалатской, Приаргунской, Хентей-Даурской, Центрально-Алданской и Северо-Китайской провинций, авторы предлагают их рассматривать в качестве звеньев более крупной – Восточно-Азиатской – суперпровинции. Последняя обязана своей масштабностью мантийно-коровым процессам, развивавшимся с позднего мезозоя над фронтальной и фланговыми границами слэба, стагнированного в транзитной зоне мантии.

Представляется возможным на основе приведенной схемы (рис. 8) и вышеупомянутых моделей предложить для прогнозно-поисковых исследований еще не в полной мере изученные участки на площади некоторых узлов. Для объективной оценки уранового оруденения и Десовского (Россия) [8, 15, 19], и Дорнотского (Монголия), и Гуюань-Дуолунского (Китай) узлов очевидна необходимость возобновления их доизучения. Особенно участков, где распространены стратифицированные отложения, окружающие палеожерловины и экструзивные центры риолитового вулканизма. Потребуется также проходка нескольких структурно-параметрических скважин, вскрывающих породы основания рудоносных ВТД. При этом следует иметь в виду два заключения Л.П. Ищуковой с соавторами [13]. Во-первых, о том, что на месторождениях стрельцовского типа основная часть ураново-

рудных месторождений формировалась в интервале глубин 600–1100 м от палеоповерхности, и поэтому многие из них остаются скрытыми. И, во-вторых, что «...оруденение, развитое в эффузивах жерловых фаций, характеризуется сложной морфологией и низким качеством» [13, с. 68].

Следует также иметь в виду, что впадины Тамцаг (Tamtsag), Дзунбаин (Dzunbain), Северо-Сайншандинская с месторождениями Нарс (Nars), Мягмар (Myagma) и др., признанные потенциальными местами размещения крупных ураноносных объектов [16, 20], также расположены над фронтальной частью слэба.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Доказательства вероятного влияния глубинной геодинамики (за счет активного воздействия мантийных флюидно-энергетических потоков, сосредоточенных по обрамлению стагнированного слэба, на литосферу и земную кору) призваны способствовать совершенствованию представлений об условиях формирования крупных и суперкрупных урановородных узлов. Факты существования в пределах последних ураноносных вулканических центров (в виде экструзивов, некков, штоков, жерловин) необходимо учитывать при поисково-оценочных исследованиях на потенциально перспективных площадях. Повышению эффективности оценки будут способствовать данные о размещении упомянутых центров среди валлообразных, купольных, горстовых поднятий фундамента впадин и вероятности обнаружения скрытых (не достигающих современной поверхности) промышленных месторождений урана на крыльях поднятий в депрессионных просядках ВТС. Как и наличие в пределах ВТС и по их периферии месторождений флюорита, цеолитов, цветных и благородных металлов.

Авторы выражают глубокую благодарность члену-корреспонденту Международной Академии минеральных ресурсов, профессору Цзилиньского университета (КНР) Яню Хуньцуаню за советы, консультирование и помощь в сборе материалов по ураноносным объектам Гуюань-Дуолунского рудного района.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток», гранты № 15-1-2-019 и № 18-2-015.

**Рис. 8.** Специфика пространственного размещения крупных урановородных узлов и районов Забайкальско-Монголо-Северокитайской провинции относительно элементов глубинной геодинамики. По [3, 18, 20, 28, 30–32, 35, 36].

1–7 – границы: 1 – Сибирской платформы, 2 – Алданского щита, 3 – Сино-Корейского кратона, 4 – Амурской плиты, 5 – супертеррейнов; 6 – подвижного пояса, 7 – зоны Вебис, 8 – главная гравитационная ступень (NSGL), 9 – контуры гетерохронного стагнированного слэба и ареала его влияния, 10 – позднемезозой-кайнозойские депрессии, 11 – базальтовые поля Kz, 12 – платиноносные зональные массивы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агапова Г.Ф., Модников И.С., Шмариович Е.М., Константинов А.К. Моделирование процесса гидротермального выщелачивания урана и его спутников из гранитов // Геология руд. месторождений. 1990. № 2. С. 78–84.
- Алешин А.П., Величкин В.И., Крылова Т.Л. Генезис и условия формирования месторождений уникального молибден-уранового Стрельцовского рудного поля: новые минералого-геохимические и физико-химические данные // Геология руд. месторождений. 2007. Т. 49, № 5. С. 446–470.
- Афанасьев Г.В., Миронов Ю.Б., Пинский Э.М. Урановые провинции мира // Региональная геология и металлогения. 2014. № 58. С. 91–99.
- Вольфсон Ф.И., Дружинин А.В. Месторождения урана // Главнейшие типы урановых месторождений. М.: Недра, 1975. С. 306–327.
- Голубев В.Н., Троицкий В.А., Аракельянц М.М. Изотопная геохронология вулканизма и гидротермальных рудообразующих процессов в Дорнотской вулкано-тектонической структуре (Восточная Монголия) // Геология руд. месторождений. 1994. № 36. С. 277–283.
- Голубев В.Н. Возраст рассеянной урановой минерализации в породах обрамления Стрельцовского урановорудного поля и Ямского участка (Восточное Забайкалье) // Геология руд. месторождений. 2011. Т. 53, № 5. С. 450–461.
- Гордиенко И.В., Климук К.В., Кван Хень. Верхнеамурский вулкано-плутонический пояс Восточной Азии (строение, состав и геодинамические условия формирования) // Геология и геофизика. 2000. Т. 41, № 12. С. 1655–1669.
- Горошко М.В., Малышев Ю.Ф., Кириллов В.Е. Металлогения урана Дальнего Востока России. М.: Наука, 2006. 372 с.
- Гусев Г.С., Хаин В.Е. О соотношениях Байкало-Витимского, Алдано-Станового и Монголо-Охотского террейнов (юг центральной Сибири) // Геотектоника. 1995. № 5. С. 68–82.
- Жао Д., Пирайно Ф., Лиу Л. Структура и динамика мантии под Восточной Россией и прилегающими регионами // Геология и геофизика. 2010. Т. 51, № 9. С. 1188–1203.
- Зорин Ю.А., Турутанов Е.Х., Кожевников В.М., Рассказов С.В., Иванов А.В. О природе кайнозойских верхнемантийных плюмов в Восточной Сибири (Россия) и Центральной Монголии // Геология и геофизика. 2006. Т. 47, № 10. С. 1060–1074.
- Ищукова Л.П., Игошин Ю.А., Авдеев Б.В., Губкин Г.Н., Филиппченко Ю.А., Попова А.И., Рогова В.П., Макушин М.Ф., Хоментовский Б.Н., Спирин Е.К. Геология Урулунгуевского рудного района и молибден-урановых месторождений Стрельцовского рудного поля. М.: ЗАО Геоинформмарк, 1998. 526 с.
- Ищукова Л.П., Модников И.С., Сычев И.В., Наумов Г.Б., Мельников И.В., Кандинов М.Н. Урановые месторождения Стрельцовского рудного поля в Забайкалье. ФГУП «Уран-геологоразведка». Иркутск: Геологоразведка, типография Глазковская, 2007. 160 с.
- Лаверов Н.П., Величкин В.И., Власов Б.П., Алешин А.П., Петров В.А. Урановые и молибден-урановые месторождения в областях развития континентального внутрикорового магматизма: геология, геодинамические и физико-химические условия формирования. М.: ИФЗ РАН, ИГЕМ РАН, 2012. 320 с.
- Машковцев Г.А., Константинов А.К., Мигута А.К., Шу-  
мили М.В., Щеточкин В.Н. Уран российских недр. М.: ВИМС, 2010. 850 с.
- Миронов Ю.Б., Афанасьев А.М., Булычев А.В., Бузовкин С.В., Высокоостровская Е.Б., Герел О., Карпунин А.М., Коршунов А.М., Тамираа А., Шор Г.М., Шувалов Ю.М. Урановые месторождения Монголии. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 304 с.
- Наумов Г.Б. Основы физико-химической модели уранового рудообразования. М.: Атомиздат, 1978. 213 с.
- Хомич В.Г. Глубинная геодинамика и позиция суперкрупных урановорудных узлов Юго-Востока России // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2015. Вып. 25. № 1. С. 231–238.
- Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Месторождения урана центров риолитового вулканизма периферических зон Большехинганского пояса – индикаторы крупных F-Mo-U рудных узлов // Успехи современного естествознания. 2017. № 2. С. 157–162.
- Царук И.И., Самович Д.А., Будунов А.А. Уран Монголии // Разведка и охрана недр. 2016. № 1. С. 27–37.
- Шатков Г.А., Вольский А.С. Тектоника, глубинное строение и минерагения Приамурья и сопредельных территорий. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. 190 с.
- Шатков Г.А., Бережная Н.Г., Лепехина Е.Н., Родионов Н.В., Падерин И.П., Сергеев С.А. U-Pb (SIMS SHRIMP-II) возраст вулканических образований Тулукуевской кальдеры (Стрельцовский урановорудный узел, Восточное Забайкалье) // Докл. АН. 2010. Т. 432, № 3. С. 360–364.
- Шатков Г.А. Стрельцовский тип урановых месторождений // Региональная геология и металлогения. 2015. № 63. С. 85–96.
- Шаткова Л.Н., Шатков Г.А. О возможном источнике рудного вещества уран-флюоритовых месторождений // Геология руд. месторождений. 1973. № 4. С. 36–44.
- Шмариович Е.М., Модников И.С. К проблеме источников урана при рудообразовании // Геология руд. месторождений. 1988. № 5. С. 5–16.
- Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Иванов В.Г. Внутриплитная позднемезозойско-кайнозойская вулканическая провинция Центральной–Восточной Азии проекция горячего поля мантии // Геотектоника. 1995. № 5. С. 41–67.
- Cathelineau M., Poty B. U-Th-REE mobility in granitic environments at the hydrothermal stage // Metallogenesis uranium deposits: Proc. Techn. Comm. Meet Vienna: IAEA, 1989. P. 121–142.
- Dahlkamp F.J. Uranium deposits of the world. Asia. Springer Berlin Heidelberg, 2009. 493 p. DOI: 10.1007/978-3-540-78558-3
- Gong Jinzhong, Shu Xing, Zhnag Yadong, Chu Fulu. Guyuan super circular structures and mesozoicera mineralization big explosion. Hebei Institute of Geophysical Exploration, Langfang 065000, China, 2009. 122 p.
- Khomich V.G., Boriskina N.G., Santosh M. A geodynamic perspective of world-class gold deposits in East Asia // Gondwana Res. 2014. V. 26. Is. 3–4. P. 816–833. DOI: 10.1016/j.gr.2014.05.007
- Khomich V.G., Boriskina N.G. Advancement of mineragenic regionalization of eastern Transbaikalia based on geophysical studies // Russian Geology and Geophysics. 2017. V. 58, N 7. P. 822–835. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2017.06.005>
- Khomich V.G., Boriskina N.G., Santosh M. Geodynamic

- framework of large unique uranium orebelts in Southeast Russia and East Mongolia // *J. Asian Earth Sci.* 2016. V. 119. P. 145–166. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jseaes.2016.01.018>
33. Li Yaosong. On evaluation of the U-Pb isotope system and uranium mineralization in Guyuan volcanic basin // *Geochimica*. 1990. N 4. P. 286–294.
  34. Liu X., Wang Sh., Fan B. Discussion on the genesis of uranium-molybdenum ore deposit 460 in Guyuan, Hebei Province // *Contr. Geol. Miner. Resources Res.* 2010. N 1. P. 36–42.
  35. Luo Yi, Wang Zh., Zhou D. Study on the structure-mineralization zoning and the metallogenetic model for volcanics type molybdenum-uranium deposit N 460 // *Galaxy of research achievements of uranium geology of China*. Beijing: Uranium Geol., 1996. P. 189–195.
  36. Nie Feng-Jun, Li Qiang-Feng, Wang Jia-Xin, Jiang Zhe, Zhang Xiao-kang, Wu Ke-rui, Ding Cheng-wu, Cao Yi. Geological setting, features, origin and exploration criteria of uranium deposits occurring within the China-Mongolia border region and its neighboring areas // *Geol. in China* 2014. N 41. P. 1037–1058.
  37. Ridge J.D (ed.). Ore deposits of the United States. 1933–1967. The Graton-Sales volume. New York: Amer. inst. mining, metallurgical and petroleum engineers. 1968. 638 p.
  38. Wu Jianhu, Ding Hui, Niu Ziliang, Wu Rengui, Zhu Minqiang, Guo Guolin, Liu Shuai, Yu Dagan. SHRIMP zircon U-Pb dating of country rock in Zhangmajing U-Mo deposit in Guyuan, Hebei Province, and its geological significance // *Mineral. Deposita*. 2015. N 4. P. 757–768.
  39. Xia Yuliang, Lin Jingrong, Zhu Jiechen, Zheng Maogong. Research on U-metallogenic conditions and isotopic geochronology of volcanic rocks and granitoid in Guyuan-Duolung basin // *Uranium Geol.* 1998. N 14. P. 274–281.
  40. Zhang Zhenqian. Geochemistry of Mesozoic uranium-bearing volcanic rocks in Guyuan-Duolung area, Hebei // *Resources survey and environment*. 2007. N 28. P. 256–262.

*Рекомендована к печати А.И. Ханчуком*

***V.G. Khomich, N.G. Boriskina***

### **Geodynamic, tectonic, and magmatic indicators of large uranium nodes of the Transbaikal-Mongolia-Northern China province**

The Trans-Baikal – Mongolia – Northern China territory of the Eastern Asia is ranked as the most productive uranium province. A number of uranium occurrences found here reaches hundreds; there are also dozens of deposits of different (endo-, exo- and polygenic) types, and several large uranium nodes and districts. The largest F-Mo-U-bearing nodes are detected in the Mongol-Priargun (Argun) and Inshan-Liaohe volcano-plutonic zones (VPZ) on the western and southwestern periphery of the Great Xingan mountain belt. The analysis of the publications on the tectonics of the Tulukuev (Southeastern Transbaikalia), Dornod (Eastern Mongolia), and Guyuan-Duolung (Inshan-Liaohe, China) late Mesozoic (J<sub>2</sub>-K) depressions of the above mentioned volcano-plutonic zones helped to define the important details of their structures that influenced on the distribution of the uranium fields and deposits in the volcanic rocks. Some of the deposits associate with paleovolcanic necks, extrusive rocks, subvolcanic bodies and dykes and are characterized by complex morphology. Others are located in the stratified effusive-pyroclastic rocks, and others – within the basement rocks of a depression. Modern geochronological, geophysical and seismic-tomographic data point not only to a synchronicity of the nodes formation in the Early Cretaceous (Valanginian), but also to their localization in the crust at a moderate depth of 36–42 km above the periphery of a slab stagnated in the transition zone of the Earth's mantle. The fact that the slab boundaries projection coincide with spatial positions of the far remote large F-Mo-U ore nodes (the Streltsovka, Dornod, Guyuan-Duolung) can be treated as an evidence of probable effect of the deep geodynamics on the formation of corresponding mineralization. Some of the listed and similar nodes of the territory seem to have been studied insufficiently, if talking specifically about the degree of exploration of the fields of thick effusive-pyroclastic accumulation associated with paleolocations of volcanism, and also about the possible presence of uranium deposits within the basement rocks of the depressions.

**Key words:** deep geodynamics, Late Mesozoic volcano-tectonic structures, uranium-ore nodes, Eastern Asia.