

## ПЕРМОТРИАСОВЫЕ ГРАНИТОИДЫ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ХАНГАЯ (Центральная Монголия)

Д. Оролмаа, Г. Эрдэнэсайхан, А.С. Борисенко\*, Г.С. Федосеев\*, В.В. Бабич\*, С.М. Жмодик\*

*Институт геологии и минеральных ресурсов АНМ, 210351, Улан-Батор, просп. Энхтайван, 63, Монголия*

*\* Институт геологии и минералогии СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Коптюга, 3, Россия*

Приводятся новые данные по абсолютным возрастам, металлогении и геохимии гранитоидов Хангая, позволяющие по-иному интерпретировать характер и время проявления главных масс гранитоидного магматизма Центральной Монголии. Близкие значения дат получены для триасовых массивов — Гучин ус ( $241.3 \pm 1.5$  млн лет) и Хурмэн гол ( $238.2 \pm 2.5$  млн лет) уран-свинцовым и аргон-аргоновым методами соответственно. Обоснована принадлежность к раннепермским гранитоидам массива Баянулаан —  $288.7 \pm 2.3$  млн лет (Ar-Ar) и гранит-порфиров Cu-Mo-(Au) порфирового месторождения Сайрин Ула. Выделено два геохимических типа гранитоидов, участвующих в составе традиционно выделяемых комплексов юго-западной части Хангайского ареала, — эгийндаваанского, хангайского и шарусгольского. На основании полученных и обобщенных литературных данных сделан вывод о полихронности некоторых массивов, относимых ранее к какому-то одному из названных комплексов, и возможной принадлежности их главной массы к ранне- и среднетриасовому (230—255 млн лет), а не к пермскому и позднетриасово-раннеюрскому, как это считалось, импульсу гранитоидного магматизма. Рассмотрены особенности размещения золотого оруденения Хангая и его соотношение с разновозрастными интрузивными образованиями.

*Геохронология, металлогения, внутриплитный магматизм, гранитоиды, геохимия, Центральная Монголия.*

## PERMIAN-TRIASSIC GRANITOID MAGMATISM AND METALLOGENY OF THE HANGAYN (central Mongolia)

D. Orolmaa, G. Erdenesayhan, A.S. Borisenko, G.S. Fedoseev, V.V. Babich, and S.M. Zhmodik

We report new isotope dates and metallogenic and chemical characteristics of granitoids from the Hangayn area (central Mongolia) with implications for the time and tectonic settings of their formation. Close U-Pb and Ar-Ar ages of  $241.3 \pm 1.5$  Ma and  $238.2 \pm 2.5$  Ma have been obtained for the Triassic Guchin Us and Hurmen Gol intrusions, respectively, and an Early Permian age ( $288.7 \pm 2.3$  Ma, Ar-Ar) for the Bayanulaan granite and for granite porphyry from the Sayrin Ula Cu-Mo-(Au) deposit. Granitoids of the Egiyn Davaa, Hangayn, and Shar Us Gol complexes in the southwestern Hangayn area are of two geochemical types. Some intrusions that were formerly attributed to these complexes have been reinterpreted as resulting from multiple plutonic pulses of different ages. According to our new data and published evidence, most of granitoids in the area may have been produced by Early-Middle Triassic (230—255 Ma) rather than Permian and Late Triassic-Early Jurassic events. The Hangayn granitoids are of low mineral potential. Gold mineralization in the area is confined within the Hangayn gold belt and appears to be independent of the intrusions.

*Geochronology, metallogeny, within-plate magmatism, granitoids, geochemistry, central Mongolia*

### ВВЕДЕНИЕ

По масштабам проявления позднепалеозойского гранитоидного магматизма Хангайский район Центральной Монголии занимает особое место в Центрально-Азиатском складчатом поясе (ЦАСП). Многочисленные массивы позднепалеозойских гранитоидных комплексов расположены в юго-западном окончании крупнейшей в Центральной Азии Монголо-Забайкальской щелочно-гранитоидной магматической провинции. Здесь они изучены неравномерно и недостаточно. Для многих из них еще отсутствуют изотопно-геохронологические, петрохимические и геохимические данные, необходимые для решения проблем корреляции гранитоидного магматизма Хангая и прилегающих регионов, выяснения геодинамических обстановок его проявления и металлогении. Одним из таких слабоизученных районов с широким развитием гранитоидного магматизма является Хангайское нагорье, расположенное в важной с точки зрения геологии и экономики центральной части страны.

Рассматриваемый район приурочен к одноименному герцинскому прогибу, выполненному мощной толщей терригенных отложений девонского и каменноугольного возрастов. Они представлены главным образом алевролитами и песчаниками с редкими прослоями конгломератов, кварцитов и эффузивов кислого и среднего составов (хангайская серия). Среди терригенных пород отмечаются пачки алевролитов, местами кремнистых, обогащенных углистым веществом и сульфидами (пирит, пирротин) и характеризующихся повышенными содержаниями Au и Ag. Фундамент прогиба сложен рифейскими и

вендскими терригенными толщами, местами метаморфизованными, а также венд-кембрийскими офиолитами и терригенно-карбонатными отложениями, развитыми в структурах обрамления прогиба (рис. 1).

Породы хангайской серии прорваны крупными интрузивами гранитоидов раннепермского и триас-юрского возрастов, сопровождающимися обширными ореолами контактового метаморфизма. Кроме них отмечаются дайки диабазов, габбро-диабазов и диоритов, в большей мере тяготеющие к юго-западному обрамлению Хангайского прогиба. На смятых в складки породах хангайской серии с угловым несогласием залегают нижнепермские эффузивно-осадочные (андезиты, дациты, риолиты, туфопесчаники) толщи и терригенные отложения верхней перми, триаса и юры.

Первые сведения о геологии и магматизме этого региона были получены в ходе мелкомасштабного картирования и региональных исследований, проводившихся Л.П. Зоненшайном, А.А. Уфляндом, И.Б. Филипповой, М.Е. Федоровой и многими другими геологами в 1950—1960-х гг. Существенный вклад внесли работы Советско-Монгольской экспедиции, в результате которых были составлены первые кондиционные геолого-тектонические и металлогенические карты на наиболее перспективные районы Северной и Центральной Монголии. В частности, детально было изучено крупнейшее молибденовое месторождение Эрдэнэтуин-Обо, открыт ряд вольфрамовых (Толбо-Нур, Бурэн-Цогт и Их-Хайрхан), золоторудных, флюоритовых и фосфоритовых месторождений. В последние годы главное внимание уделяется вовлечению открытых и изученных месторождений в эксплуатацию. Эти работы проводятся крупными компаниями — „Монголгазаар“, „Монгол-Росцветмет“, „Золотой Восток“ и др.

В геологическом строении Хангайского региона большую роль играют разнообразные гранитоиды, которые по геолого-петрографическим особенностям ранее были расчленены на позднепалеозойские тарбагатайский ( $C_3$ ), шарусгольский ( $P_1$ ), хангайский ( $P_2$ ) и раннемезозойский эгийндаваанский ( $T_3—J_1$ ) комплексы. Геолого-тектоническая позиция этих гранитоидов исследователями оценивается по-разному. Одни полагают, что гранитоиды были сформированы в процессе герцинского орогенеза [Геология..., 1973; Павленко и др., 1974; Федорова, 1977], другие считают, что они образовались при аккреции континентальной коры за счет Палеотетиса [Коваленко, Ярмолук, 1990; Коваленко и др., 1996; Ярмолук и др., 2002]. Активно развивается идея о существенной роли мантийной горячей точки в образовании позднепалеозойского магматизма Центральной Азии, в том числе и Монголии [Ярмолук, Коваленко, 2003]. Касаясь вопросов происхождения позднепалеозойских и раннемезозойских гранитоидных батолитов рассматриваемого региона, многие авторы связывают формирование этих гранитоидов с процессами, вызванными взаимодействием мантийных плюмов и литосферы в условиях активной континентальной окраины.

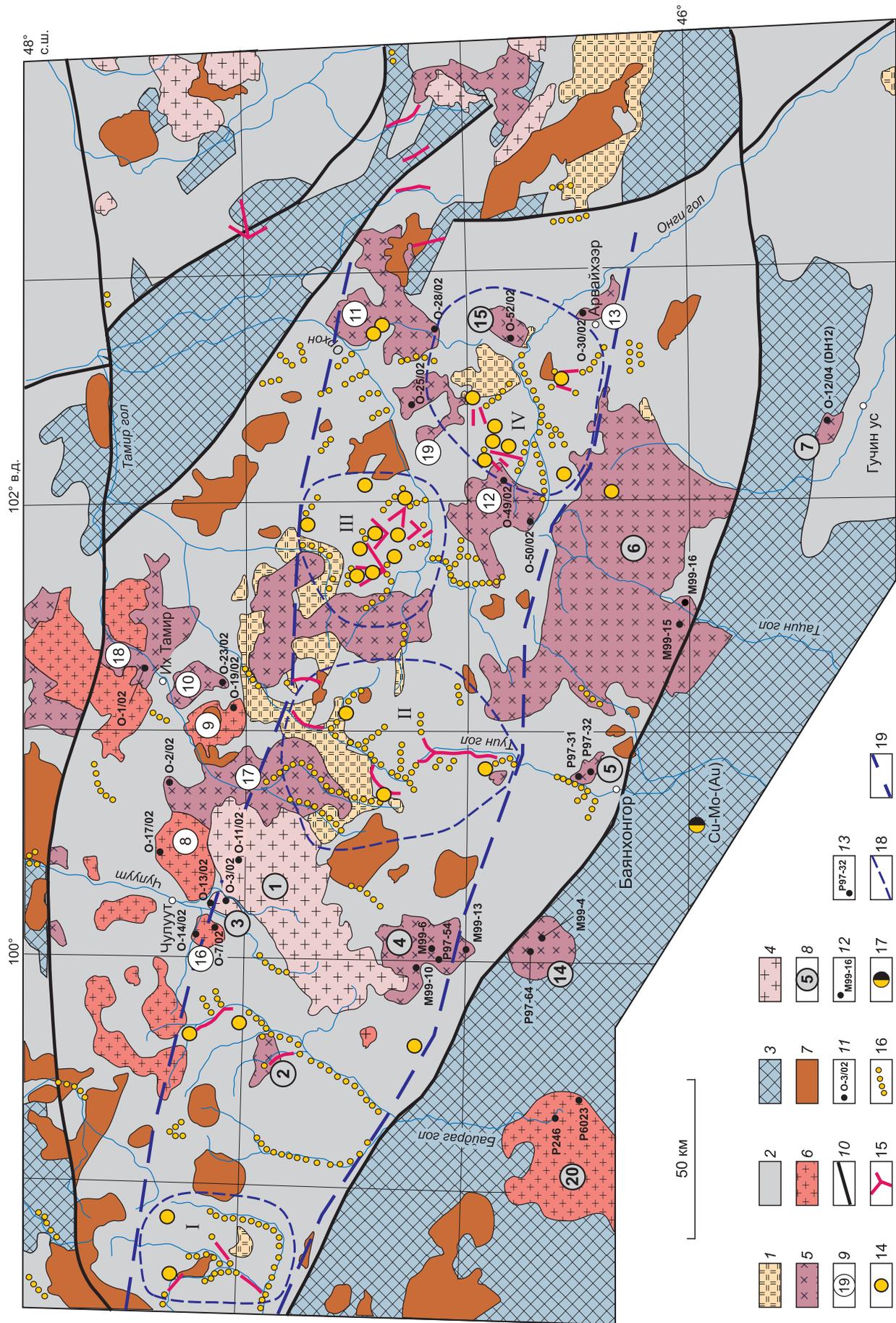
Тем не менее возраст и петролого-геохимические особенности этих гранитоидов до сих пор остаются недостаточно изученными. В последние годы японские и монгольские исследователи [Akawa et al., 1998, 1999; Takahashi et al., 2000] при проведении совместных тематических работ по геологии Баянхонгорской зоны получили данные по возрастам (Rb-Sr, K-Ar) и изотопии некоторых гранитоидных массивов Юго-Западного Хангая. При изучении физических свойств гранитоидов Баянхонгорской зоны и прилегающей части Хангайского региона была предпринята попытка разделить их на две серии — магнетитовую и ильменитовую, с первой из которых связывалось медно-золотое оруденение, со второй — олово-вольфрамовое [Оюунгэрэл и др., 2001]. В.В. Ярмолуком и др. [2002] установлен возраст массива Хархорин, располагающегося в восточной части рассматриваемого региона. Возраст составляет  $228 \pm 2.3$  млн лет (U-Pb метод). Надежные уран-свинцовые датировки в узком возрастном интервале (250—255 млн лет) были получены для Хангайского батолита [Budnikov et al., 1999]. Кроме того, Б.-М. Джан [Jahn et al., 2004], проанализировав образцы гранитоидов из южной части Хангая, собранные им во время международной полевой экскурсии, проведенной в 1999 г. по программе IGCP-420, получил новые данные по изотопной геохронологии и геохимии (Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb), которые позволяют значительно уточнить их возраст и условия формирования. Особенности петрографии, минералогии, геохимии и геохронологии некоторых гранитоидных массивов были рассмотрены ранее [Оролмаа, Эрдэнэсайхан, 2006].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения поставленной задачи авторами изучено 16 гранитоидных массивов эгийндаваанского, шарусгольского и хангайского комплексов (см. рис. 1), развитых в центральной и южной частях Хангая, и получены новые данные о их составе, геохимии, Ar-Ar датированию, о металлогении этого района и возрасте золотого оруденения.

### Геолого-петрографическая характеристика массивов

Массив Ихтамир большинством исследователей считается одним из представителей хангайского комплекса. Породы этого массива, изученные в точке О-1/02, представлены крупнозернистыми резко порфиroidными серыми и розовато-серыми биотитовыми субщелочными гранитами с характерными крупными порфиroidными выделениями ортоклаза, составляющего 35—40 % объема. В гранитах часто



- 1 [Cross-hatched pattern]
- 2 [White box]
- 3 [Blue cross-hatched pattern]
- 4 [Pink cross-hatched pattern]
- 5 [Red cross-hatched pattern]
- 6 [Red box with '+' symbols]
- 7 [Brown box]
- 8 [White box with '+' symbols]
- 9 [White box with black diagonal line]
- 10 [White box with black diagonal line]
- 11 [White box with black dots]
- 12 [White box with black dots]
- 13 [White box with black dots]
- 14 [Yellow circle]
- 15 [White box with pink Y-shape]
- 16 [White box with yellow dots]
- 17 [White box with yellow circle]
- 18 [White box with blue dashed line]
- 19 [White box with blue dashed line]

**Рис. 1. Схема размещения верхнепалеозойских и нижнемезозойских гранитоидных комплексов и золоторудных объектов Хангайского региона, по [Geological..., 1999] с дополнениями авторов.**

1, 2 — терригенно-осадочные отложения: 1 — пермские, 2 — девон-каменноугольные; 3 — протерозойские и нижнепалеозойские отложения в структурах обрамления Хангайского прогиба; 4–7 — гранитоидные комплексы: 4 — эгийндаванский (Г<sub>3</sub>–J<sub>1</sub>), 5 — хангайский (P<sub>2</sub>), 6 — шарусгольский (P<sub>2</sub>), 7 — позднепалеозойский (нерасчлененный); 8, 9 — гранитоидные массивы: 8 — с абсолютными датировками возраста, 9 — отнесенные к комплексам условно. Массивы: 1 — Эгийн даваа, 2 — Байдраг, 3 — Хурмэн гол, 4 — Мандал, 5 — Туйн гол, 6 — Таашын гол, 7 — Гучин ус, 8 — Номгон даваа, 9 — Булган, 10 — Дзун эрэг, 11 — Хулжирт, 12 — Онгийн эх, 13 — Арвайхэр, 14 — Далтын ам, 15 — Баянгулан, 16 — Чулуутын эх, 17 — Хануйн эх, 18 — Ихтамур, 19 — Салхит, 20 — Баянбурд (Баянбулак). Рудно-россыпные узлы: 1 — Шар ус гол, 2 — Урдтамир, 3 — Улингол, 4 — Уянг. 10 — региональные разломы; 11–13 — авторы проб, отобранных на геохронологический и петрогеохимический анализы; 14 — Д. Оролмаа, Г. Эрдэнэсайхан [2006], 12 — В.М. Джан и др. [Jahn et al., 2004], 13 — Ю. Такаhashи и др. [Takahashi et al., 2000]; 14 — коренные проявления золота; 15 — россыпи; 16 — шлиховые россыли золота; 17 — Cu-Mo-(Au) порфирировое месторождение Сайрин Ула; 18, 19 — границы; 18 — рудных узлов, 19 — Хангайского золоторудного пояса.

встречаются ксенолиты мелкозернистых пород среднего и основного составов. Они пересекаются дайками и штоками красных и розоватых мелкозернистых лейкократовых гранитов. Близкие по составу, но отличные по структурам породы слагают массив Хануйн эх. Это равномерно-среднезернистые, серые биотитовые граниты (обр. О-2/02), сложенные главным образом зональными призматическими зернами плагиоклаза, часто замещенными калишпатом. Массив Хурмэн гол имеет секущий контакт с порфировидными гранитами и песчано-алевролитовой толщей. Он сложен мелко- и среднезернистыми биотит-роговообманковыми гранодиоритами (образцы О-3/02, О-13/02), среди которых встречаются отдельные небольшие тела и ксенолиты диоритов и кварцевых диоритов, а также дайки пегматоидных и мелкозернистых лейкократовых гранитов. В гранодиоритах зональные кристаллы плагиоклаза андезин-олигоклазового ряда преобладают над биотитом и роговой обманкой, присутствующими примерно в равных (до 10 %) количествах. Массив Чулуутын эх представляет собой сравнительно небольшое округлое тело, прорывающее девонскую песчано-алевролитовую толщу хангайской серии. Краевая фация этого массива сложена розовато-серыми, мелкозернистыми биотитовыми субщелочными гранитами (обр. О-7/02), а центральная — равномерно-крупнозернистыми субщелочными биотитовыми гранитами (обр. О-14/02), в составе которых ведущее место занимают крупные кристаллы ортоклаза. Этот массив считается представителем шарусгольского комплекса.

Массив Эгийн даваа известен как единственный раннемезозойский крупный массив в Хангайском регионе и изучен сравнительно лучше, чем другие массивы [Геология..., 1973; Павленко и др., 1974; Федорова, 1977; Коваль, 1998]. По данным этих исследователей, массив имеет трехфазное строение. Первая фаза представлена биотит-роговообманковыми гранодиоритами и кварцевыми диоритами; вторая, главная, — мелко- и среднезернистыми биотитовыми гранитами и лейкогранитами, а третья — дайками гранитов и гранит-порфиров. Гранитоиды первой фазы выделялись главным образом в восточной и юго-восточной частях массива, однако из-за близости по составу с аналогичными породами хангайского комплекса возрастное их положение определялось неоднозначно. На схематических картах вышеупомянутых исследователей эти гранитоиды включены в состав массива Эгийн даваа, а на других картах выделены в виде вытянутого в северо-восточном направлении крупного массива хангайского комплекса [Карта..., 1989; Geological..., 1999]. Нами изучалась главная фаза этого массива, представленная неравномерно-зернистыми биотитовыми гранитами (обр. О-11/02), характеризующимися резким изменением структурно-текстурных особенностей и широким развитием разностей с гнейсовидной текстурой. В составе аксессуарных минералов в них присутствуют гранат и касситерит. Рвуций контакт с гранитами хангайского комплекса фиксируется в бассейне р. Улзийт, где тела и дайки гранатосодержащего мелкозернистого гранита пересекают крупнозернистые розовато-серые граниты массива Мандал.

Массив Номгон даваа представлен крупно- и среднезернистыми, серыми гранодиоритами и адамеллитами, содержащими крупные (до 1 см) кристаллы титанита (обр. О-17/02). В составе пород резко преобладают зональные кристаллы плагиоклаза. Микроклин присутствует в подчиненном количестве, а биотит и роговая обманка встречаются примерно в равных количествах. Массив Булган состоит из светло-розовых порфировидных биотитовых гранитов. В его пределах встречаются амазонитовые мелкозернистые граниты (обр. О-19/02), а также небольшие дайки аплитов, линзовидные тела пегматоидных и грейзеновых образований с лепидолитом и топазом. Порфирировые выделения представлены крупными таблитчатыми кристаллами пертитового микроклина. Массив Дзун эрэг сложен биотит-роговообманковыми крупнозернистыми гранодиоритами (обр. О-23/02), для которых характерны крупные удлиненные (до 2–3 см) кристаллы роговой обманки. Эти гранитоиды на всех картах изображены как представители хангайского комплекса.

В правом борту долины р. Орхон, в районе сомона (районный центр) Бат-Улзийт, фиксируются несколько выходов гранитоидов, прорывающих песчано-алевролитовые толщи хангайской серии. Наиболее крупным является

массив Салхит, представленный средне- и мелкозернистыми биотитовыми и лейкократовыми гранитами (обр. О-25/02), которые местами несколько катаклазированы и огнейсованы. Характерной особенностью этих гранитов является повышенное содержание (до 1 %) ильменита с титанитовой „рубашкой“. В массиве Худжирт развиты серые, крупнозернистые, местами порфириовидные, роговообманковые гранодиориты (обр. О-28/02). В этих породах, считающихся главными представителями хангайского комплекса, ведущая роль принадлежит зональным кристаллам андезина и андезин-олигоклаза. В порфириовидных разностях появляются крупные фенокристы калиевого полевого шпата с многочисленными пойкилитовыми включениями других минералов. Массив Баянулаан прорывает осадочно-вулканогенную толщу нижней перми. Центральная часть массива представлена светло-серыми крупнозернистыми биотит-роговообманковыми гранодиоритами (обр. О-52/02), содержащими большое количество ксенолитов черных ороговикованных алевролитов. Массив Арвайхээр представлен розовато-серыми крупнозернистыми и порфириовидными гранит-адамеллитами и гранодиоритами (обр. О-30/02). Крупные кристаллы роговой обманки тесно ассоциируют с биотитом и вместе составляют 18—20 % объема породы. Порфириовые выделения представлены зональными кристаллами плагиоклаза. Этот массив относят к хангайскому комплексу.

Массив Онгийн эх представлен средне- и крупнозернистыми биотит-роговообманковыми гранитами и гранодиоритами (образцы О-49/02, О-50/02). В эндоконтактовой зоне встречаются порфириовидные, мелкозернистые, а местами и гнейсовидные разности. Этот массив является апофизой позднепалеозойского гранитоидного плутона Таацын гол и пересекается дайками гранатсодержащих аплитовидных гранитов. По комплексу акцессорных минералов (ильменит, касситерит, эпидот и реже гранат) массив четко отличается от большинства вышеописанных, акцессорные минералы в которых обычно представлены титанитом, апатитом, магнетитом и цирконом.

Массив Гучин ус, расположенный на самом юге рассматриваемого района, представляет собой сравнительно небольшое тело, имеющее тектонический контакт с андезитобазальтовой толщей предположительно карбонового возраста и со сланцами неопротерозоя (верхнего рифея). Массив сложен крупно- и среднезернистыми порфириовидными, биотит-амфиболовыми серыми гранодиоритами (обр. О-12/04), содержащими многочисленные округлые и линзовидные ксенолиты (до 1—1.3 м) мелкозернистых габбро и габбро-диоритов. Дайки представлены мелкозернистыми розовыми гранитами и гранит-аплитами.

Таким образом, в центральной и юго-западной частях Хангайского нагорья распространены гранитоидные массивы, довольно близкие по вещественному составу и структурно-текстурным особенностям пород, относящихся к гранит-гранодиоритовому ряду повышенной щелочности. Массивы имеют секущие контакты с девон-карбоновой песчано-алевролитовой толщей хангайской серии и нижнепермскими отложениями.

## ВОЗРАСТ ГРАНИТОИДНЫХ МАССИВОВ ХАНГАЯ

В литературных источниках и научных отчетах приводится немало изотопно-геохронологических данных по гранитоидным комплексам Хангая, которые датированы лишь калий-аргоновым методом [Геология..., 1973; Павленко и др., 1974; Коваль, 1998]. Установленные значения возрастов укладываются в весьма широкий диапазон и зачастую противоречивы, что не позволяет использовать их в качестве основы для расчленения гранитоидов. Поэтому применение для этой цели современных методов абсолютной геохронологии (U-Pb, Ar-Ag и др.) и геохимических исследований является насущной задачей геологического изучения Хангая. В конце 90-х годов прошлого столетия С.В. Будников и др. [Budnikov et al., 1999] высказали мнение о позднепермско-раннетриасовом возрасте Хангайского батолита, основанное на данных U-Pb метода (250—255 млн лет). Однако известная неопределенность конфигурации батолита, неоднозначное отнесение к нему тех или иных гранитоидных массивов, а также отсутствие четкой геологической привязки приводящихся в публикациях проб, ограничивают корректное использование имеющихся литературных данных.

В настоящее время в лабораториях Японии, Франции, России и Китая получены новые данные по K-Ar, Rb-Sr и U-Pb, а также Ar-Ag датировкам гранитоидов южных и юго-западных частей Хангая (табл. 1), что позволяет с новых позиций обсудить проблему возраста гранитоидных массивов и отнесения их к тому или иному магматическому комплексу. Авторами статьи получен ряд новых определений возраста гранитоидов Хангая U-Pb и Ar-Ag методами. Так, в лаборатории SHRIMP-Center Геологического института Китайской геологической академии (г. Пекин) уран-свинцовым методом определен возраст массива Гучин ус —  $241.3 \pm 1.5$  млн лет.

Принадлежность массива Хурмэн гол к определенному комплексу решается неоднозначно: он относится либо к триас-юрскому эгийндаваанскому комплексу [Геология..., 1973; Павленко и др., 1974; Федорова, 1977], либо к пермотрясовому хангайскому [Карта..., 1989]. Определение Ar-Ag возраста по амфиболу из обр. О-3/02 показало  $238.2 \pm 2.5$  млн лет (рис. 2, а), что соответствует началу среднего триаса и в определенной мере оправдывает мнение о принадлежности массива к эгийндаваанскому комплексу.

Таблица 1. Абсолютный возраст гранитоидов Центрального Хангая

Массив (номер на рис. 1)	№ пробы	Порода	Метод	Возраст, млн лет	Источник
Мандал (4)	P97-54	Гранит	Rb-Sr	247 ± 10	[Arakawa et al., 1999]
	M99-6	»	»	237; 250	[Jahn et al., 2004]
Эгийн даваа (1)	M99-10	Дайка гранитов	»	237	»
Байдраг (2)	P97-56	Гранит	K-Ar	249 ± 12	[Takahashi et al., 2000]
Туйн гол (5)	P97-32	»	Rb-Sr	247 ± 10	»
Баянбурд (Баянбулак) (20)	P246	»	»	260	»
	P6023	»	K-Ar	(235—242) ± 12	»
Далтын ам (14)	P97-64	»	Rb-Sr	287 ± 12	»
	M99-4	»	»	250	[Jahn et al., 2004]
Таацын гол (6)	M99-15	»	»	230	»
	M99-16	»	U-Pb	229.3 ± 5.6	»
Хурмэн гол (3)	O-3/02	Кварцевый монцодиорит	Ar-Ar	238.2 ± 2.5	[Оролмаа, Эрдэнэсайхан, 2006]
Баянулаан (15)	O-52/02	Гранодиорит	»	288.7 ± 2.3; 247.6 ± 2	[Оролмаа, наст. статья]
Гучин ус (7)	O-12 /04 (DH12)	Гранит	U-Pb	241.3 ± 1.5	»
Хархорин	—	»	»	228 ± 2.3	[Ярмолук и др., 2002]
Хангайский батолит	—	»	U-Pb	250—255	[Budnikov et al., 1999]
Сайран уул, Cu-Mo-(Au) порфировое месторождение	—	Гранит-порфир	Ar-Ar	276	[Борисенко и др., 2006]

Примечание. Прочерк — нет данных.

Однако имеющаяся на возрастном спектре плато дата  $226.5 \pm 2.5$  млн лет свидетельствует о более позднем термальном событии. Близкий возраст (237 млн лет) был определен для даек мелкозернистого гранат-содержащего гранита из массива Эгийн даваа [Jahn et al., 2004], но для гранитоидов данного эталонотипного массива имеются и другие, достаточно противоречивые сведения, что не позволяет сделать однозначное заключение о времени их формирования. Так, для среднезернистых гранитов приконтактной зоны данного массива установлен возраст 276 млн лет по породе (Rb-Sr) и 175 млн лет по биотиту (K-Ar), а для субщелочных лейкогранитов главной фазы — 153 и 154 млн лет соответственно [Коваль, 1998]. Достаточно широкий диапазон (от  $229.3 \pm 5.6$  до  $247 \pm 10$  млн лет) установлен также для плутона Таацын гол и его апофизы — массива Туйн гол (см. табл. 1), что явно свидетельствует о многоэтапном его формировании.

Эти данные указывают на то, что для многих массивов Центрального и Юго-Западного Хангая, ранее относимых к пермским хангайскому, шарусгольскому и мезозойскому эгийндаваанскому комплексам, сейчас определены интервалы датирования от поздней перми до раннего—среднего триаса (237—255 млн лет). И только некоторые массивы Баянхонгорской зоны (Баянбурд, Далтын ам, Сайран уул и др.) и Южного Хангая (массив Баянулаан) датированы ранней и средней пермью. Последние находятся в пределах Центрально-Монгольского позднепалеозойского вулканоплутонического пояса, обрамляющего с юга главный ареал плутонического магматизма Хангая [Гаврилова, Оролмаа, 1983].

Раннепермский возраст массива Баянулаан установлен аргон-аргоновым методом по амфиболу ( $288.7 \pm 2.3$  и  $247.6 \pm 2$  млн лет). По биотиту рудоносных гранит-порфиров Cu-Mo-(Au) порфирового

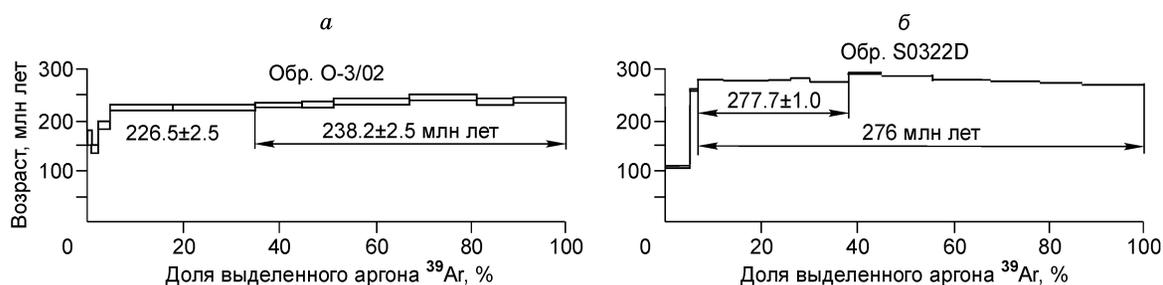


Рис. 2.  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  возрастные спектры амфибола (а) из гранитоидов массивов Хурмэн гол и биотита (б) из гранит-порфиров Cu-Mo-(Au) порфирового месторождения Сайран уул.

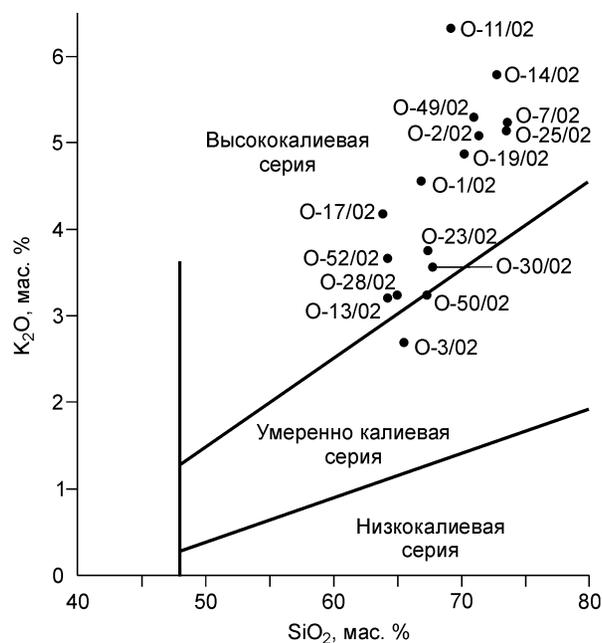
Ar-Ar метод, АЦКП ИГМ СО РАН, г. Новосибирск, аналитики А.В. Травин, В.А. Пономарчук.

месторождения Сайран уул этим же методом получены возрасты 276 млн лет (плато) (см. рис. 2, б) и  $275.8 \pm 4.6$  млн лет (изохрона). Некоторые гранитоидные массивы оказались полихронными. Так, для массива Баянбурд (как и для соседнего Таацын гол) установлены три возраста [Takahashi et al., 2000]: 260 (Rb-Sr),  $235 \pm 12$  и  $242 \pm 12$  млн лет (K-Ar метод). Такая же ситуация возникла и для массива Далтынам, оба определения для которого выполнены рубидий-стронциевым методом (см. табл. 1):  $287 \pm 12$  [Takahashi et al., 2000] и 250 млн лет [Jahn et al., 2004]. Полученные данные свидетельствуют о том, что для большинства гранитоидных массивов устанавливаются возрастные интервалы 235—250 млн лет, которые практически не согласуются с возрастом ни одного из традиционно выделяемых комплексов Хангайского региона. Поэтому главная масса гранитоидов юго-западной части данного региона сформировалась, возможно, в раннем—среднем триасе. В связи с этим следует отметить, что традиционная схема расчленения гранитоидов рассматриваемой территории уже устарела и ее следует пересматривать. Диапазон возрастов 260—287 млн лет характерен для массивов южных районов, принадлежащих к ареалам развития пермского вулканоплутонического магматизма.

### ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАНИТОИДОВ

Широко распространено мнение о том, что гранитоидные массивы, относящиеся к хангайскому и эгийндаваанскому комплексам, в целом состоят из пород диорит-гранодиорит-гранитной серии, а массивы шарусгольского комплекса представлены исключительно гранит-граносиенитовой ассоциацией [Геология..., 1973; Павленко и др., 1974; Федорова, 1977; Коваль, 1998]. Выполненные нами исследования некоторых массивов данных комплексов показали, что составы слагающих их пород довольно близки (табл. 2). Гранитоиды пересыщены глиноземом и в целом относятся к калиевым субщелочной и щелочной сериям (рис. 3). По классификации А. Штрекайзена, они в основном соответствуют граносиенитам и гранодиоритам, и только единичные породы попадают в поля монцогранитов, кварцевых монцонитов и кварцевых монцодиоритов (рис. 4). Породы массивов Ихтамиир, Хануйн эх и Салхит располагаются в полях субщелочных гранитов и монцогранитов высококалиевой серии. Довольно близки к ним породы массивов Чулуутын эх, Эгийн даваа, Булган и Онгийн эх, в составе которых отмечены также сиенограниты и субщелочные разновидности. В остальных массивах преобладают породы гранит-гранодиоритового ряда известково-щелочной серии с высокой (массивы Номгон даваа, Дзун эрэг), умеренной (Хурмэн гол) и низкой (Худжирт и Арвайхээр) калиевостью.

Для изученных гранитоидов характерны выдержанные низкие содержания некоторых элементов и преобладание легких РЗЭ над тяжелыми. На спайдер-диаграммах породы гранит-граносиенитового ряда имеют более четкие минимумы для Ba, Sr, P и Ti в сравнении с породами монцодиорит-гранодиоритового ряда (рис. 5, а, б). В целом содержание большинства редких и рассеянных элементов в породах первого ряда существенно выше, нежели в породах второго ряда. В распределении РЗЭ для субщелочных пород гранит-граносиенитового ряда четко устанавливается европейский минимум (см. рис. 5, в), а в породах монцодиорит-гранодиоритового ряда этот минимум отсутствует или проявлен очень слабо (см. рис. 5, г), что позволяет говорить о двух геохимических типах гранитоидов, развитых в пределах Хангайского



ареала. По петрогеохимическим особенностям эти гранитоиды аналогичны гранитоидам юго-западной части данного ареала, для них рассчитан баланс масс неодимовых изотопов и установлено, что гранитоиды сформировались из расплавов, субстратами которых явились породы существенно обогащенные (не менее 80 %) мантийными компонентами [Jahn et al., 2004].

Таким образом, полученные результаты показывают, что гранитоидные массивы, относимые ранее к различным комплексам, состоят из близких групп пород, для которых условия генерации магмы и геодинамических обстановок формирования, по видимому, были сходными. Петрохимические и геохимические параметры этих гранитоидов свидетельствуют о том, что магматические источники,

**Рис. 3. Положение гранитоидов Хангая на диаграмме щелочности.**

Здесь и далее номера точек соответствуют номерам проб в табл. 1 и 2.

Таблица 2.

**Содержание петрогенных (мас.%), редких и редкоземельных (г/г) элементов  
в перотриасовых гранитоидах Хангая**

Компо- нент	O-1/02	O-2/02	O-3/02	O-7/02	O-11/02	O-13/02	O-14/02	O-17/02	O-19/02	O-23/02	O-25/02	O-28/02	O-30/02	O-49/02	O-50/02	O-52/02
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SiO <sub>2</sub>	66.94	71.41	65.48	73.63	69.17	64.72	72.72	63.82	70.26	67.37	73.52	64.93	67.86	70.97	67.42	64.25
TiO <sub>2</sub>	0.76	0.34	0.54	0.20	0.31	0.52	0.24	0.63	0.29	0.44	0.16	0.52	0.43	0.29	0.38	0.63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.69	13.90	15.63	13.77	15.35	15.33	14.25	15.02	14.81	14.97	13.78	15.33	14.8	14.24	15.33	15.06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.51	0.35	0.80	0.17	0.14	1.02	0.72	1.50	0.33	0.54	0.14	0.76	0.46	0.03	1.05	0.90
FeO	2.01	1.62	3.34	1.33	1.15	3.16	0.90	3.27	1.29	2.41	1.15	3.02	2.48	1.51	1.76	3.23
MnO	0.08	0.06	0.08	0.04	0.04	0.08	0.02	0.08	0.04	0.06	0.04	0.07	0.05	0.04	0.04	0.08
MgO	1.23	0.45	2.16	0.32	0.43	2.17	0.21	1.40	0.43	1.17	0.22	1.97	1.78	0.42	1.24	2.06
CaO	2.35	1.20	4.13	0.82	1.61	4.03	0.73	3.35	1.40	2.79	1.00	3.52	2.96	1.31	3.15	3.50
Na <sub>2</sub> O	5.27	5.11	4.31	3.65	4.63	5.12	3.53	5.20	5.14	5.63	4.24	5.63	3.94	5.12	5.49	5.18
K <sub>2</sub> O	4.58	5.07	2.71	5.23	6.39	3.22	5.78	4.19	4.87	3.76	5.16	3.22	3.58	5.28	3.26	3.67
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.24	0.08	0.12	0.03	0.09	0.12	0.08	0.12	0.08	0.10	0.03	0.13	0.12	0.05	0.09	0.18
П.п.п.	0.32	0.40	0.44	0.46	0.34	0.44	0.42	0.50	0.32	0.40	0.38	0.77	0.40	0.48	0.36	0.76
Сумма	99.98	99.99	99.74	99.65	99.65	99.93	99.60	99.08	99.26	99.64	99.82	99.87	98.86	99.74	99.57	99.50
Rb	163	254	95	407	172	103	430	85	213	125	318	74	144	292	90	147
Sr	449.33	163.00	336.33	97.33	465.00	345.33	170.00	412.00	229.00	327.00	81.00	414.00	426.00	174.00	543.00	467.00
Ba	1042	378	748	313	784	658	301	895	685	650	267	604	633	487	765	672
Sc	6.20	2.07	9.90	4.00	2.46	9.80	4.02	5.90	2.48	5.08	3.20	7.70	7.30	3.11	4.40	8.60
Cs	5.90	15.90	4.50	12.10	3.32	4.50	11.50	2.40	11.30	7.00	36.00	5.71	11.60	6.19	6.60	5.75
Ta	2.70	1.67	0.69	2.62	0.82	0.69	3.12	0.82	1.43	1.01	4.38	0.55	0.92	1.66	0.36	0.93
Nb	23.60	16.00	4.98	18.40	8.10	5.51	22.50	9.80	12.40	8.80	20.35	7.00	5.18	22.40	3.41	9.10
Hf	7.40	3.90	5.10	5.80	6.80	4.20	5.03	3.80	4.94	3.35	3.80	3.80	4.30	5.00	3.10	4.36
Zr	89.33	136.00	103.33	79.00	249.00	122.00	167.00	95.00	179.00	114.00	71.00	135.00	134.67	182.00	100.33	128.00
Y	23.65	13.20	12.30	50.85	14.90	13.65	38.20	14.00	11.50	15.30	33.90	10.50	11.75	18.00	6.31	16.10
Ga	25.03	23.00	19.00	27.50	19.70	19.30	24.70	16.70	19.80	19.70	28.97	18.30	22.73	20.90	24.10	19.80
Th	28.0	30.0	11.9	45.0	46.0	12.8	42.0	10.0	32.0	14.7	37.0	8.6	17.0	48.0	4.4	12.5
U	3.8	3.6	2.7	2.7	2.8	2.3	3.4	1.8	4.3	2.2	6.9	1.3	3.5	3.2	1.5	1.7
V	58.03	10.50	49.93	19.33	18.90	38.67	10.30	30.30	16.30	18.30	11.58	28.10	33.13	9.80	29.83	22.30
Cr	128	169	211	182	116	244	152	170	116	148	209	208	230	180	199	240
Ni	9.35	6.60	43.67	9.58	5.80	42.23	4.20	9.90	3.80	10.70	11.09	26.10	56.67	5.10	14.97	18.50
Co	7.50	3.03	12.40	1.80	2.94	12.70	1.55	9.72	2.31	6.00	1.52	10.20	10.10	1.95	4.90	10.00
Cu	16.40	4.00	16.95	14.50	7.20	13.10	6.60	5.30	4.30	4.50	17.70	7.40	12.45	6.00	4.70	4.70
Zn	108.33	64.00	77.33	66.07	39.50	70.67	56.00	53.30	51.60	54.40	68.33	64.00	48.93	45.80	89.67	51.40
Pb	33.63	46.80	30.53	52.87	40.30	26.60	50.40	24.30	35.10	45.70	55.30	32.60	33.57	38.20	37.13	16.80
Mo	1.17	0.87	0.78	1.31	0.71	0.97	0.72	0.94	0.77	0.48	1.20	0.59	1.04	0.81	1.12	0.75
La	63.0	30.0	25.0	44.0	73.0	24.0	47.0	30.0	44.0	18.0	36.0	19.8	25.0	57.0	11.2	26.0
Ce	132.0	52.0	50.0	90.0	135.0	48.0	90.0	51.0	85.0	34.0	71.0	37.0	47.0	102.0	22.5	51.0
Nd	55.0	21.0	18.0	42.0	55.0	19.0	41.0	25.0	27.0	15.8	32.0	15.0	21.0	41.0	10.5	24.0
Sm	10.70	3.89	3.70	10.70	10.10	3.70	8.40	5.19	4.60	3.54	6.60	2.94	4.08	6.90	2.34	4.89
Eu	1.57	0.54	0.85	0.40	0.78	0.80	0.41	1.09	0.66	0.77	0.31	0.80	0.78	0.53	0.56	1.05
Gd	9.2	2.8	3.4	11.5	6.7	2.9	7.9	3.9	3.3	3.5	8.0	2.2	3.6	5.1	1.9	3.8
Tb	1.21	0.39	0.53	1.83	0.91	0.50	1.28	0.59	0.45	0.52	1.22	0.34	0.52	0.69	0.27	0.60
Yb	2.58	0.82	1.33	5.27	1.28	1.36	4.30	1.05	0.92	1.50	3.90	0.95	1.28	1.12	0.47	1.36
Lu	0.36	0.10	0.17	0.75	0.18	0.19	0.62	0.15	0.13	0.19	0.53	0.14	0.20	0.14	0.06	0.18

Примечание. 2, 9 — монzogраниты; 3, 5, 6, 8, 10, 12, 15 — граносиениты; 4 — кварцевый монzogдиорит; 7, 13, 14, 16, 17 — гранодиориты; 11 — кварцевый монзонит. Все определения выполнены в Аналитическом центре коллективного пользования ИГМ СО РАН (г. Новосибирск): петрогенные элементы — А.Д. Киреевым, Н.М. Глухой (рентгенофлуоресцентный анализ) и Л.А. Горчуковой (химический анализ); Sr, Nb, Zr, Y, Ga, V, Ni, Cu, Zn, Pb и Mo — Ю.П. Колмогоровым (рентгенофлуоресцентный анализ); Rb, Ba, Sc, Cs, Ta, Hf, Y, Th, U, Cr, Co и редкоземельные элементы — В.С. Пархоменко (инструментальный нейтронно-активационный анализ).

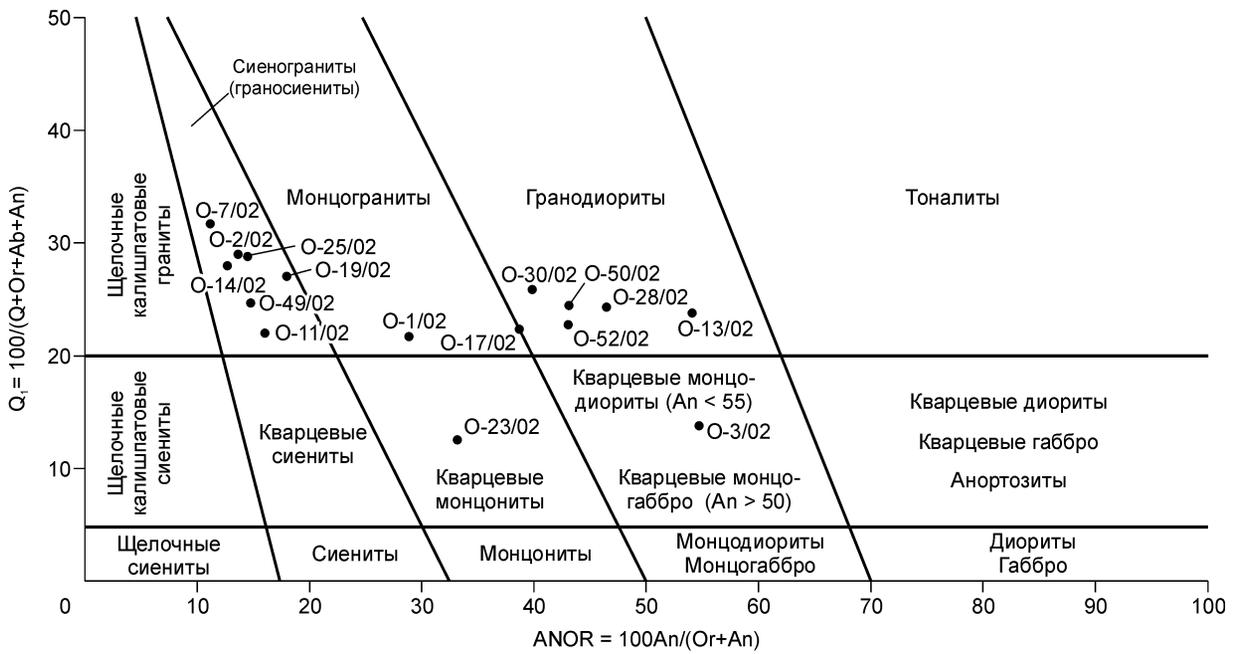


Рис. 4. Идентификация гранитоидов Хангая по диаграмме А. Штрекайзена.

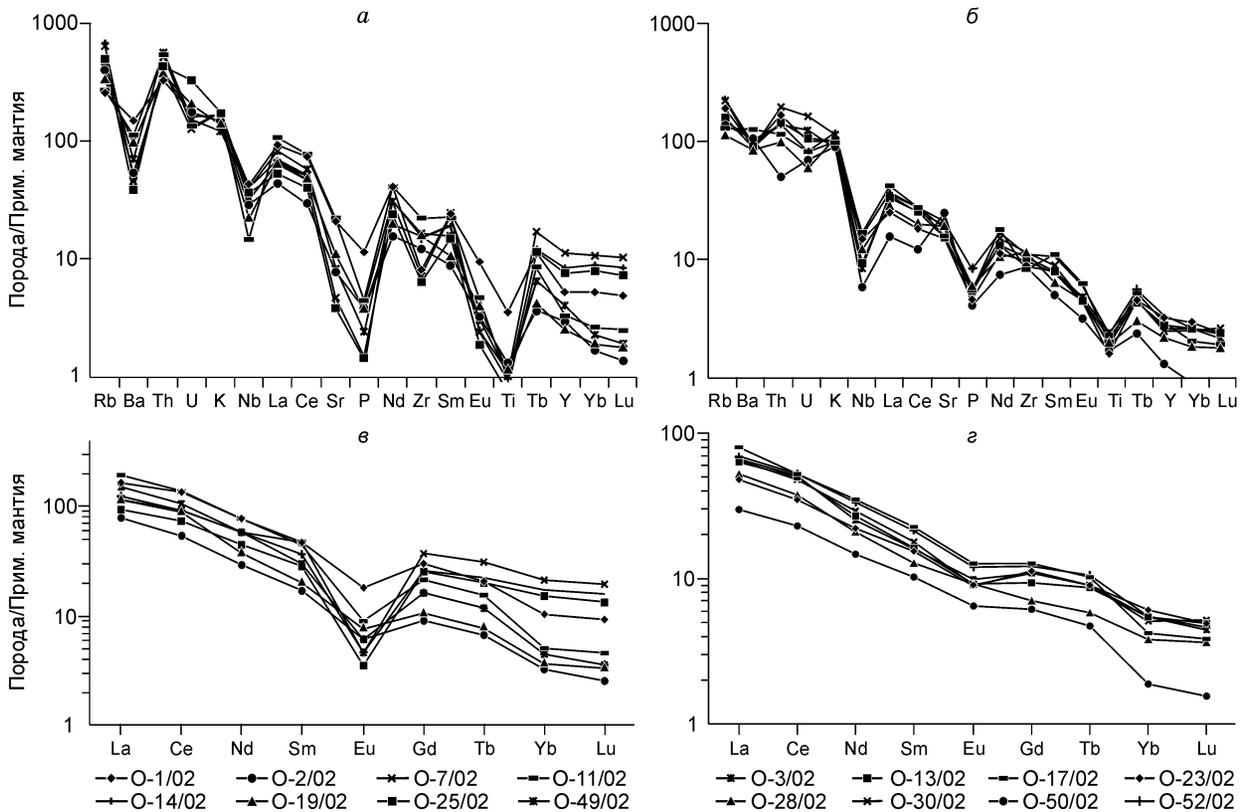
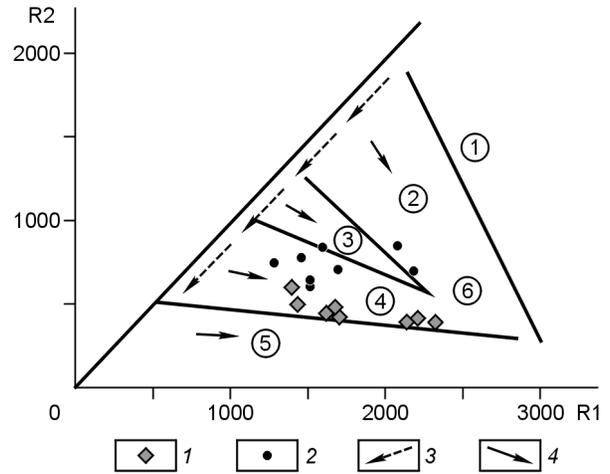


Рис. 5. Спайдер-диаграммы редких (а, б) и спектры редкоземельных элементов (в, г) в гранитоидах Хангая.

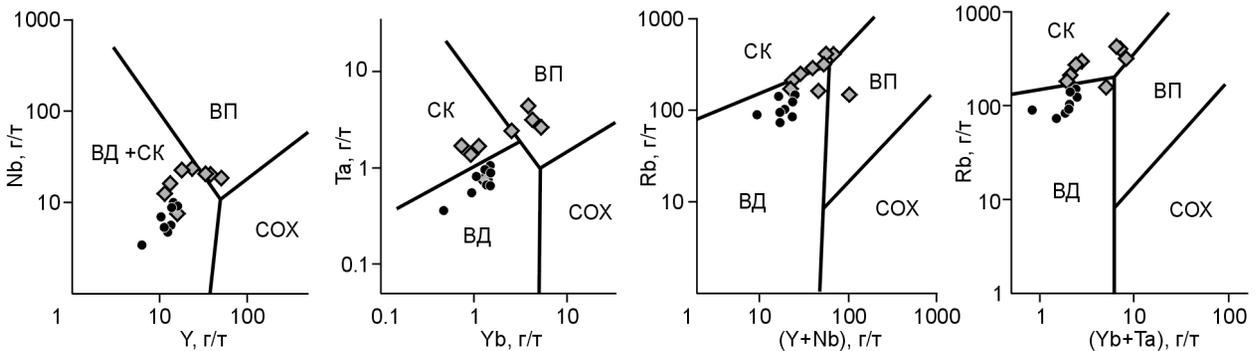
а, в — субщелочные граниты и граносиениты (геохимический тип I), б, г — монцодиориты и гранодиориты (геохимический тип II).

**Рис. 6. Пермотриасовые гранитоиды Хангая на диаграмме главных ассоциаций.**

1, 2 — геохимические типы пород I и II соответственно; 3, 4 — главный и дополнительные тренды соответственно. Гранитоидные ассоциации и их петрологические аналоги: 1 — гранитоиды мантийной дифференциации (толеитовая группа), 2 — доколлизийные (известково-щелочные), 3 — постколлизийные (высококальциевые известково-щелочные и трондьемитовые), 4 — позднеорогенные (субщелочные монзонитоидные), 5 — анорогенные (щелочные и пересыщенно-щелочные), 6 — синколлизийные (анатектические двуслюдяные лейкограниты).  $R1 = 4Si - 11(Na + K) - 2(Fe^{3+} + Fe^{2+})$ ,  $R2 = 6Ca + 2Mg + Al$  (ат. кол-ва).



возможно, сформировались в связи с процессами позднего орогенеза (рис. 6, 7), либо в условиях вулканических дуг континентальной окраины, находящейся в синколлизийном режиме. Такие геодинамические условия генерации гранитной магмы скорее создавались при пермотриасовой коллизии Хангай-Хэнтэйского девон-каменноугольного турбидитового бассейна, располагавшегося в это время в области сочленения южной окраины Северо-Азиатского кратона и западной части Монголо-Охотского океана [Парфенов и др., 1999; Badarch et al., 2002; Tomurtogoo et al., 2005].



**Рис. 7. Гранитоиды Хангая на дискриминационных диаграммах Дж. Пирса [Pearce et al., 1984].**

Поля составов гранитоидов: ВП — внутриплитовых, СК — синколлизийных, ВД — островодужных, СОХ — срединно-океанических хребтов. Остальные усл. обоз. см. на рис. 6.

### ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛОГЕНИИ ХАНГАЯ

Полезные ископаемые Хангайского прогиба представлены россыпными месторождениями золота, рудопроявлениями и пунктами минерализации золота, ртути (киновари), сурьмы (антимонита), олова, вольфрама, меди, флюорита. Наиболее перспективным в промышленном отношении полезным ископаемым этого района является золото. В последние годы (1999—2007 гг.) монгольскими геологами при участии авторов статьи был выявлен ряд россыпей, в том числе и крупных, в бассейне р. Улин гол (Харгут, Ширт, Улин гол), в верховьях рек Зун-Содотыйн ам и Шархад (правые притоки р. Орхон), а также в западной части Хангайского прогиба, в бассейнах р. Шар ус гол и Байдраг гол; установлена промышленная золотоносность бассейнов рек Урд-Тамир и Туин гол. Выявлены типы коренных источников россыпного золота и установлен их возраст [Борисенко и др., 2006а,б]. На основе этих данных и изучения условий образования и закономерностей размещения проявлений и месторождений коренного и россыпного золота выделен Хангайский золотоносный пояс, а в его пределах — Уянгский, Улингольский, Урдтамирский и Шарусгольский рудно-россыпные узлы (см. рис. 1).

Выделенный нами золотоносный пояс представляет собой протяженную (около 400 км) металлогеническую структуру субширотного простирания, прослеживающуюся от верховий р. Онги гол (район г. Арвайхээр) через бассейн р. Улин гол, верховья рек Урд-Тамир, Хойт-Тамир, Туин гол и Байдраг гол до бассейна р. Шар ус гол на западе Хангайского прогиба. Он проявляется в виде полосы промышленных россыпных месторождений, значимых шлиховых ореолов золота и коренных рудопроявлений и пунктов минерализации. Их размещение в пределах пояса носит явно выраженный узловый характер, что позволило наметить несколько рудно-россыпных узлов, характеризующихся насыщенностью россыпными месторождениями, коренными проявлениями и шлиховыми ореолами золота.

Подавляющее большинство россыпных месторождений и все коренные проявления золота располагаются среди терригенных песчано-сланцевых отложений хангайской серии и терригенных и эффузивно-осадочных отложений перми. Какой-либо приуроченности месторождений и проявлений золота и его шлиховых ореолов к гранитоидным массивам не установлено.

Изучение состава самородного золота (микросонд „Самбах-Микро“, ИГМ СО РАН, г. Новосибирск) из россыпей и шлиховых ореолов бассейнов рек Улин гол и Урд-Тамир показало, что оно достаточно неоднородно. Кроме золота в нем отмечается серебро (до 48 %), ртуть (до 21 %) и медь (до 0.27 %). Пробность золота колеблется от 420 до 1000 ‰, а в среднем по всем пробам (1300 анализов) составляет 754 ‰. Отчетливо выделяются четыре интервала пробности россыпного золота (‰): 1000—980; 950—850; 850—700 и 750—450. Первый интервал соответствует каемкам высокопробного золота, имеющего явно гипергенное происхождение, а три остальных — гипогенному.

Установлено, что пробность золота в россыпях и шлиховых ореолах не зависит от их локализации относительно гранитоидных массивов и сопровождающих их зон контактового метаморфизма. Причем в самих массивах россыпей и коренных проявлений не наблюдается. Характерно, что низкопробное золото (620—800 ‰) развито в основном в центральной части Хангайского прогиба (Улингольский и Урдтамирский рудные узлы), а в краевых его частях и структурах обрамления преобладает золото с пробностью 800—960 ‰ и часто содержит Hg от 0.1 ‰ до 10—21 % (реки Шар ус гол, Байдраг гол и Улин гол, оз. Угийн нур район к западу от сомона Хархорин и др.).

Важным результатом проведенных нами исследований явилось установление коренных источников россыпного золота. Доказано, что среди многочисленных разновозрастных гидротермальных образований, выявленных в пределах Хангайского прогиба (кварцевые жилы, кварциты, минерализованные зоны дробления, зоны гидротермального изменения пород и т. д.), золотоносными являются лишь минерализованные зоны дробления и кварцевые жилы с медной минерализацией. Основной вклад в россыпную золотоносность основных рудных узлов вносят минерализованные зоны дробления, проявленные среди углистых алевролитов и песчаников. Они представлены зонами березитоподобных пород (кварц, Феркарбонаты, серицит, гидрослюда, пирит), содержащими штокверки маломощных прожилков шестоватого, мелкозернистого и сахаровидного кварца с арсенопиритом, пиритом, халькопиритом, галенитом, сульфосолями Pb и Cu и золотом, по составу и пробности полностью соответствующим россыпному. Характерно, что кварц из сростков с золотом в россыпях по облику, температурам образования (<180 °C) и составу рудообразующих растворов полностью идентичен кварцу из минерализованных зон дробления. Возраст таких образований по геологическим данным определяется как позднепермский или триасовый. Об этом свидетельствует, с одной стороны, наложение минерализованных зон дробления с золотом на раннепермские эффузивно-осадочные отложения в бассейне р. Урд-Тамир, а с другой — наличие низкопробного, в том числе и ртутистого (до 2.46 % Hg), кластогенного золота и киновари в базальных конгломератах сайханобинской свиты (J<sub>1-2</sub>) в Уянгском рудно-россыпном узле [Борисенко и др., 2006a]. Здесь же описан и другой тип минерализованных зон дробления в пермских отложениях, характеризующихся более интенсивным окварцеванием (вплоть до кварцитов, содержащих пирит, тонкоигольчатый арсенопирит, антимонит, киноварь и золото с пробностью около 940 ‰). Золото такой же пробности с повышенными содержаниями Hg (0.6—2.46 ‰) и киноварь установлены в россыпи по р. Ульт и в юрских конгломератах в Уянгском рудном узле.

Другим, менее распространенным, типом золотоносных образований в Хангайском прогибе являются жилы крупнозернистого молочно-белого кварца с редкой непромышленной минерализацией (халькопирит, пирит, борнит). Они установлены по правобережью р. Орхон, в верховьях р. Байдраг гол и в бассейне р. Шар ус гол; содержание золота в них обычно составляет от десятых долей до нескольких граммов на тонну.

Таким образом, установлено, что основным источником россыпного золота в пределах Хангайского прогиба являются минерализованные зоны дробления с низкотемпературным золото-мышьяковым (участки Цаган-Сумин гол, Ухадний ам, Ульзийт Тээлий, Ар-Хошиготын гол и др.) и золото-ртутным (Уянгский рудный узел, участок Хэргэлзэтийн гол в Шарусгольском рудно-россыпном узле и др.) оруденением пермотриасового возраста.

Вместе с тем в мезокайнозой в связи с интенсивными блоковыми движениями и гранитокупольной тектоникой (Т—J) различные участки Хангайского пояса оказались в разной степени эродированными. Поэтому низкотемпературное, близповерхностное золотое оруденение, как и близкие к нему по возрасту отложения P<sub>2</sub>—T<sub>1</sub>, сохранилось к концу неогена лишь в опущенных блоках. Поэтому поля развития пермских эффузивно-осадочных и пермотриасовых терригенных отложений маркируют такие опущенные блоки и рудно-россыпные узлы в пределах пояса, где сосредоточены основные россыпи и где остались неэродированными коренные проявления золота. Таким образом, основными особенностями металлогении золота Хангая являются:

— приуроченность золотого оруденения к Хангайскому золотоносному поясу — крупной металлогенической структуре этого региона;

Таблица 3. Характеристика коренных проявлений золотого оруденения Хангайского прогиба

Рудный узел	Коренное проявление	Вмещающие породы	Форма проявления	Минеральный состав руд	Геохимические особенности	Золото		Содержание Hg
						Размерность, мм	Пробность, ‰	
Шарусгольский	Уч. Хэргэлзэгийн гол	Сланцы (Є – О)	Минерализованные зоны дробления и гидротермального изменения пород (березитизация)	Кварц, анкерит, кальцит, пирит, арсенопирит, галенит, халькопирит, киноварь, тетраэдрит, висмутин, тетрадимит, марказит, золото	Au, Ag, Pb (Cu, Bi, Hg, Sb)	Тонкое, <0.1	840—960	<0.9
Урдтамирский	Хошигтын Рам	Туфы, дациты, песчаники (P1)	Зоны окварцевания и сульфидизации эффузивов	Кварц, кальцит, барит, пирит, арсенопирит, галенит, халькопирит, тетраэдрит, сфалерит, золото	Au, Ag, Pb, As (Cu, Zn)	Мелкое, 1—1.01	640—780	<0.2
Улингольский	Ухадний ам	Песчаники, алевролиты, сланцы (D3—C1)	Пологие жилы кварц-карбонатного состава среди березитизированных пород	Кварц, Fe-кальцит, анкерит, серицит, хлорит, арсенопирит, галенит, бурнонит, джемсонит, тетраэдрит, халькопирит, марказит, золото	Au, Ag, As, Pb, Sb (Bi, Cu)	Мелкое, 2—0.1	620—750	0—0.5
	Уч. Ульдзийт Тэлий	Песчаники, алевролиты, сланцы (D3—C1)	Минерализованные зоны дробления и окварцевания пород со штокверком тонких кварцевых прожилков	Кварц, серицит, кальцит, арсенопирит, пирит, галенит, сфалерит, шеелит, пирротин, марказит, золото	Au, Ag, As (Pb, Zn, W)	Мелкое, 2—0.1	770—850	0—2.0
Уянгский	Ультиин гол	Песчаники, сланцы (P1—2)	Зоны окварцевания и сульфидизации песчаников с прожилками халцедоновидного кварца	Кварц, халцедон, каолинит, кальцит, барит, пирит (бравоит), арсенопирит (игольчатый), антимонит, киноварь, тетраэдрит, сфалерит, марказит, золото	Au, As, Sb, Hg (Zn, Cu)	Мелкое, <0.1 и тонкое, 0.1—0.001	940	<3.1

— локализация в пределах опущенных блоков, маркируемых выходами пермотриасовых вулканогенных и терригенных отложений;

— развитие низкотемпературного золото-мышьякового и золото-ртутного оруденения, шлиховых ореолов низкопробного (500—900 ‰) золота, ртутистого золота и киновари;

— локализация оруденения в полях развития отложений кембро-ордовикских и девон-карбонных терригенных отложений и отсутствие его среди гранитоидов пермского и триас-юрского возраста.

В формационном плане золотое оруденение Хангайского прогиба можно отнести к золото-сульфидному (Au-As) типу в терригенных толщах [Буряк, 1967; Вуд, Попов, 2006; Сидоров, Волков, 2006; Сафонов и др., 2007; Гамянин и др., 2007], а ртутьсодержащие его разновидности — к золото-сурьмяно-ртутному типу (табл. 3) [Борисенко и др., 2006а]. Изотопно-геохронологические данные о возрасте золотого оруденения Хангай практически отсутствуют [Сотников и др., 2006; Дистанов и др., 2006]. Имеются лишь результаты Ag-Ag метода определения возраста рудоносных гранит-порфиров Cu-Mo-(Au) порфирового месторождения Сайран уул (район г. Баянхонгор) и серицита из рудных жил, содержащих ртутистое (до 11.5 %) золото, месторождения Тавт (Сев. Монголия). Эти данные свидетельствуют о проявлении двух этапов золотого оруденения: раннепермского и триасового, что, вероятно, справедливо и для Хангайского прогиба.

Касаясь рудоности гранитоидного магматизма рассматриваемого региона, следует отметить лишь развитие Sn и Sn-W минерализации в связи с гранитами шарусгольского комплекса в западной части Хангайского прогиба (бассейн р. Шар ус гол), а также по левобережью р. Орхон, к западу от сомона Хархорин и в пределах гранитного массива Таацын гол, к востоку от г. Баянхонгор.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Приведенные данные по абсолютным возрастам гранитоидов юго-западной части Хангайского ареала свидетельствуют о том, что большинство развитых в нем гранитоидных массивов, которые, по геологическим данным, ранее относились к перми (хангайский и шарусгольский комплексы) или позднему триасу—ранней юре (эгийндаваанский комплекс), по-видимому, сформировались в раннем и сред-

нем триасе. Собственно пермские гранитоиды скорее всего тяготеют к Центрально-Монгольскому поздне-палеозойскому вулканоплутоническому поясу.

2. Хангайский ареал гранитоидов является частью крупной магматической провинции в Центральной Азии, характеризующейся широким развитием пермотриасового магматизма, проявленного в тесной временной и, возможно, генетической связи с Центрально-Азиатским суперплюмом. Большинство массивов в ареале представлено близкими по минералогическим и геохимическим особенностям породами, которые отнесены к субщелочной гранит-граносиенит-гранодиоритовой монцонитоидной ассоциации с повышенной калиевой щелочностью.

3. Гранитоидный ареал Хангая сформировался в геодинамических условиях, сопоставимых с вулканической дугой континентальной окраины андийского типа, развивавшейся в коллизионном режиме.

4. В металлогеническом отношении гранитоиды Хангая являются слабопродуктивными. С ними ассоциируют лишь мелкие проявления Sn-W минерализации. Золотое оруденение Хангая локализовано в основном в контурах Хангайского золотоносного пояса и представлено двумя типами: золото-сульфидным (Au-As) и золото-сурьмяно-ртутным.

Авторы благодарны О. Томуртоого за обсуждение ряда вопросов при подготовке статьи. Особую признательность авторы выражают сотрудникам ИГМР Монголии А. Цогт-Эрдэнэ, Х. Ганхуяг и Т. Чулуунцэцэг, принимавшим участие в многолетних полевых и лабораторных исследованиях.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 07-05-00664, 07-05-00803 и 06-05-64789), интеграционного проекта Президиума СО РАН № 6.11, ВМТК и гранта Минобрнауки РФ (РНП.2.1.1.702).

#### ЛИТЕРАТУРА

**Борисенко А.С., Наумов Е.А., Оболенский А.А.** Типы золото-ртутных месторождений и условия их образования // Геология и геофизика, 2006а, т. 47 (3), с. 342—354.

**Борисенко А.С., Сотников В.И., Изох А.Э., Поляков Г.В., Оболенский А.А.** Пермотриасовое оруденение Азии и его связь с проявлением плюмового магматизма // Геология и геофизика, 2006б, т. 47 (1), с. 166—182.

**Буряк В.А.** О генезисе сульфидной минерализации Ленского золоторудного района // Геология и геофизика, 1967 (1), с. 113—118.

**Вуд Б.Л., Попов Н.П.** Гигантское месторождение золота Сухой Лог (Сибирь) // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (3), с. 315—341.

**Гаврилова С.П., Оролмаа Д.** Пермский вулканизм: Центрально-Монгольский вулканический пояс // Континентальный вулканизм Монголии. М., Наука, 1983, с. 111—135. (Тр. ССМГЭ, вып. 36).

**Гамянин Г.Н., Горячев Н.А., Савва И.Е.** Рудно-магматические системы и металлогения золота и серебра северо-восточной Азии // Геология и геофизика, 2007, т. 48 (11), с. 1176—1188.

**Геология** Монгольской Народной Республики. Т. 2. М., 1973, 752 с.

**Дистанов Э.Г., Борисенко А.С., Оболенский А.А., Сотников В.И., Лебедев В.И.** Особенности металлогении полиаккреционной Алтае-Саянской орогенной области // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (12), с. 1257—1276.

**Карта** геологических формаций МНР, м-б 1:1 500 000 / Ред. А.Л. Яншин. Новосибирск, Наука, 1989.

**Коваленко В.И., Ярмолук В.В.** Эволюция магматизма в структурах Монголии // Эволюция геологических процессов и металлогения Монголии. М., Наука, 1990, с. 23—55. (Тр. ССМГЭ, вып. 49).

**Коваленко В.И., Ярмолук В.В., Ковач В.П., Котов А.Б., Казаков И.К., Сальникова Е.Б.** Источники фанерозойских гранитоидов Центральной Азии: Sm-Nd изотопные данные // Геохимия, 1996, № 8, с. 699—712.

**Коваль П.В.** Региональный петрохимический анализ гранитоидов. Новосибирск, НИЦ ОИИГМ, 1998, 487 с.

**Оролмаа Д., Эрдэнэсайхан Г.** К проблеме гранитоидного магматизма Хангая // Труды ИГМР АНМ, 2006, № 16, с. 47—70 (на монгольском языке).

**Оюунгэрэл С., Такахаша Ю., Найто К.** Гранитоидные серии по магнитной восприимчивости // Геология, 2001, т. 1, № 2—3, с. 113—121 (на монгольском языке).

**Павленко А.С., Федорова М.Е., Коваленко В.И., Кузьмин М.И., Лувсанданзан Б., Орлова Л.П., Павленко В.С., Филиппов Л.В.** Гранитоидные формации // Тектоника МНР, 1974, с. 210—234.

**Парфенов Л.М., Попеко Л.И., Томуртоого О.** Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенного пояса // Тихоокеанская геология, 1999, т. 18, № 5, с. 24—43.

**Сафонов Ю.Г., Попов В.В., Волков А.В., Злобина Т.М., Чаплыгин Н.В.** Актуальные проблемы металлогении золота // Геология и геофизика, 2007, т. 48 (12), с. 1257—1275.

**Сидоров А.А., Волков А.В.** О металлогении кратонных террейнов северо-востока России // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (12), с. 1242—1256.

**Сотников В.И., Пономарчук В.А., Берзина А.П., Гимон В.О.** Магматические и металлогенические предшественники рудоносного порфирирового магматизма в медно-молибденовых рудных узлах // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (12), с. 1277—1285.

**Федорова М.Е.** Геологическое положение и петрология гранитоидов Хангайского нагорья (Центральная Монголия). М., Наука, 1977, 148 с.

**Ярмлюк В.В., Коваленко В.И.** Геодинамические обстановки образования батолитов в Центрально-Азиатском складчатом поясе // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (12), с. 1305—1320.

**Ярмлюк В.В., Коваленко В.И., Сальникова Е.Б., Будников С.В., Ковач В.П., Котов А.Б., Пономарчук В.А.** Тектономагматическая зональность, источники магматических пород и геодинамика раннемезозойской Монголо-Забайкальской области // Геотектоника, 2002, № 4, с. 42—63.

**Arakawa J., Naito K., Takahashi Y., Oyungerel S., Amakawa H.** Rb-Sr whole rock isochron age of Daltyn-Am complex in Bayankhongor area, central Mongolia // Mongolian Geoscientist, 1998, № 8, p. 16—19.

**Arakawa J., Naito K., Takahashi Y., Oyungerel S., Amakawa H.** New K-Ar and Rb-Sr ages of Khangay granite, central Mongolia // Mongolian Geoscientist, 1999, № 12, p. 32—35.

**Badarch G., Cunningham W.D., Windley B.F.** A new terrane subdivision for Mongolia: implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia // J. Asian Earth Sci., 2002, v. 21, № 1, p. 87—110.

**Budnikov S.V., Kovalenko V.I., Kotov A.B., Salnikova E.B., Kovach V.P.** The age and sources of the Hangay batholith (Central Mongolia) // IGCP-420. Continental growth in the Phanerozoic: evidence from Central Asia. Second workshop. Abstracts and excursion guidebook. Geosciences, Rennes, 1999, p. 11—12.

**Geological Map of Mongolia**, scale 1:1 000 000 / Eds. J. Byamba, G. Badarch, O. Tomurtogoo. Ulaanbaatar, Mineral Resources Authority of Mongolia, 1999.

**Jahn B.M., Capdevila R., Liu D.Y., Badarch G.** Sources of Phanerozoic granitoids in Mongolia: geochemical and Nd isotopic evidence, and implications for Phanerozoic crustal growth // J. Asian Earth Sci., 2004, v. 23, p. 629—653.

**Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G.** Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rock // J. Petrol., 1984, v. 25, № 4, p. 956—983.

**Takahashi Y., Arakawa J., Oyungerel S., Naito K.** Geochronological data of granitoids in Bayankhongor area, central Mongolia // Bull. Surv. Japan, 2000, v. 51 (5), p. 167—174.

**Tomurtogoo O., Wingley B.F., Kroner A., Badarch G., Liu D.Y.** Zircon age and occurrence of the Adaatsag ophiolite and Muron shear zone, central Mongolia: constraints on the evolution of the Mongol-Okhotsk ocean, suture and orogen // J. Geol. Soc., 2005, v. 162, p. 125—134.

*Поступила в редакцию  
12 марта 2008 г.*