

**РАННЕПАЛЕОЗОЙСКИЙ ГРАНИТОИДНЫЙ МАГМАТИЗМ БУМБАТХАИРХАНСКОГО  
АРЕАЛА ОЗЕРНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ**

*(геологические, петрохимические и геохронологические данные)*

**С.Н. Руднев, А.Э. Изох, А.С. Борисенко, Р.А. Шелепаев, Ю. Орихаша\*,  
К.В. Лобанов, А.В. Вишнеvский**

*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,  
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

*\* Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Bunkyo, Tokyo, Japan*

Рассмотрены особенности строения, состава и возраст раннепалеозойских интрузивных ассоциаций Бумбатхаирханского очагового ареала, расположенного в центральной части островодужной системы Озерной зоны Западной Монголии. В этом ареале выделяются крупные полихронные плутоны (Бумбатхаирханский, Гундгузинский) и небольшие интрузивы. Установлено, что в их составе принимают участие гранитоидные и габброидные ассоциации различного вещественного состава, возраста и геодинамической природы. Результаты U-Pb изотопного датирования свидетельствуют, что гранитоидный и базитовый магматизм прослеживается в возрастном диапазоне 551—465 млн лет. Выделяются два главных рубежа интрузивного магматизма, отражающие разные стадии геодинамического развития этого региона: островодужный — 551—524 млн лет и аккреционно-коллизийный — 511—465 млн лет. На всех возрастных рубежах преимущественное развитие в ареале имеют диорит-тоналит-плагиогранитные и плагиогранитные ассоциации известково-щелочной серии.

*Центрально-Азиатский складчатый пояс, Озерная зона Западной Монголии, гранитоидный магматизм, геохронология, петрохимия.*

**EARLY PALEOZOIC MAGMATISM IN THE BUMBAT-HAIRHAN AREA  
OF THE LAKE ZONE IN WESTERN MONGOLIA**  
*(geological, petrochemical, and geochronological data)*

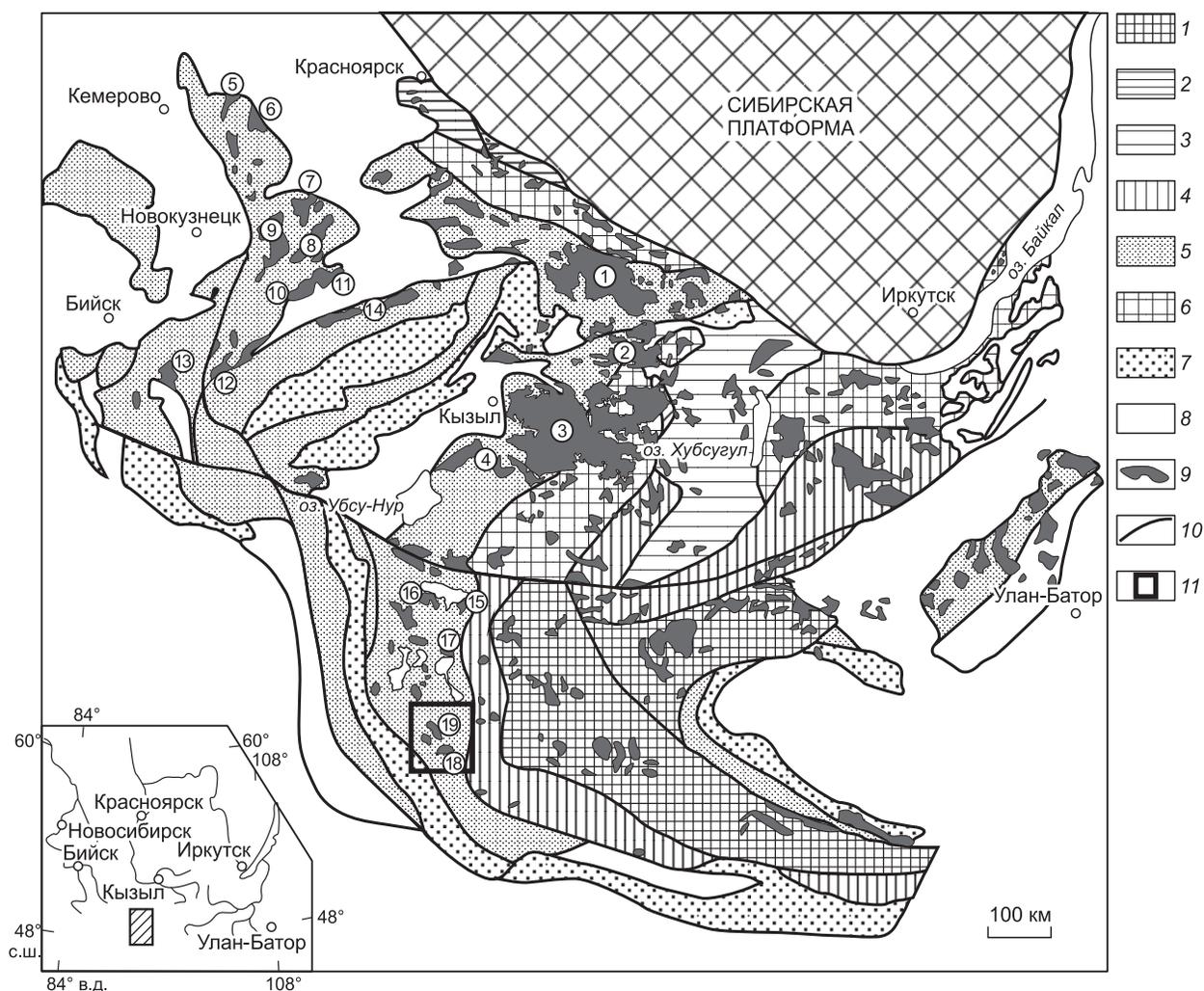
**S.N. Rudnev, A.E. Izokh, A.S. Borisenko, R.A. Shelepaev, Y. Orihashi,  
K.V. Lobanov, and A.V. Vishnevsky**

We consider the structure, composition, and age of Early Paleozoic intrusive associations of the Bumbat-Hairhan area located in the central part of the island-arc system of the Lake Zone, western Mongolia. There are large polychronous plutons (Bumbat-Hairhan and Gundguzin) and small intrusions in this area. We have established that they are composed of granitoid and gabbroid associations of different lithology, ages, and geodynamic nature. The results of U-Pb dating show that granitoid and basic magmatism took place within 551–465 Ma. Two main stages of intrusive magmatism are recognized, which reflect two stages of the geodynamic evolution of the region: island-arc (551–524 Ma) and accretion-collision (511–465 Ma). At all stages, predominant rocks in the region were diorite-tonalite-plagiogranite and plagiogranite associations of calc-alkaline series.

*Central Asian Fold Belt, Lake Zone in western Mongolia, granitoid magmatism, geochronology, petrochemistry*

**ВВЕДЕНИЕ**

Установлено, что гранитоиды тоналит-плагиогранитного состава в раннекаледонских структурах Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП) имеют наиболее широкое развитие. Плагиогранитоидные ассоциации развиты в составе батолитов и массивов поздневендского-раннепалеозойского возраста в юго-западном складчатом обрамлении Сибирского кратона, где образуют плутонический пояс протяженностью более 2000 км (рис. 1) в структурах Алтае-Саянской складчатой области (АССО) и



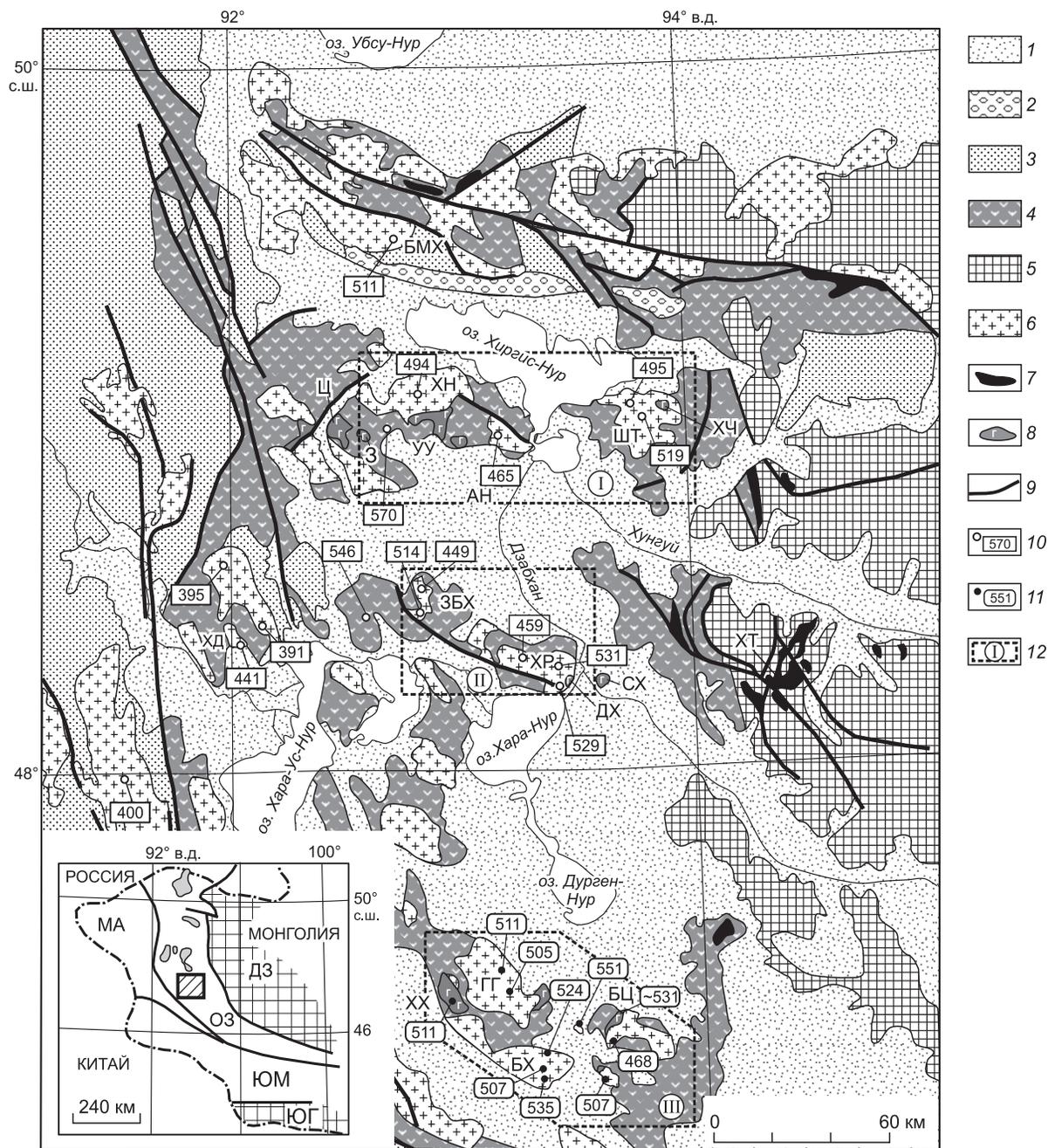
**Рис. 1. Схема расположения раннепалеозойских гранитоидных батолитов Центрально-Азиатского складчатого пояса.**

1 — микроконтиненты с рифейским терригенно-карбонатным чехлом; 2 — рифтогенные комплексы ( $R_3$ ); 3—5 — островодужные комплексы: 3 — позднерифейские, 4 — вендские, 5 — кембрийские; 6 — террейны с раннекаледонской ремобилизацией коры; 7 — орогенные молассы ( $C_3$ —O) и осадочные бассейны (O—S); 8 — геологические комплексы среднего палеозоя и раннего мезозоя; 9 — гранитоидные батолиты; 10 — основные разломы. 11 — область, где проводились исследования. На врезке — местоположение района исследований.

Цифры в кружках — батолиты и массивы: 1 — Хамсаринский, 2 — Бийхемский, 3 — Каахемский, 4 — Восточно-Таннуольский, 5 — Кожуховский, 6 — Дудетский, 7 — Белоиюско-Туимский, 8 — Уйбатский, 9 — Тигергышский, 10 — Аскизский, 11 — Саксырский (Сырский), 12 — Садринский, 13 — Саракошкинский, 14 — Енисейский, 15 — Шаратологийский, 16 — Хиргиснурский, 17 — Харанурский, 18 — Бумбатхаирханский, 19 — Гундгузинский.

Озерной зоны Западной Монголии [Гранитоидные..., 1975; Палеозойский..., 1981; Плутонические..., 1984; Габброидные..., 1990; Козаков и др., 1999, 2002; Шокальский и др., 2000; Коваленко и др., 2004; Руднев и др., 2004; Ярмолук и др., 2006, 2011; Руднев, 2010; и др.]. В свою очередь, этот протяженный пояс разделяется на несколько сегментов, каждый из которых характеризуется определенным набором интрузивных ассоциаций со специфическими вещественными характеристиками и источниками, возрастной последовательностью формирования, а также определенной длительностью и интенсивностью магматизма и геодинамическими условиями формирования, отражающими определенные стадии роста и эволюции коры этих регионов. В связи с этим целесообразно детальное исследование отдельных сегментов ранее единой венд-кембрийской островодужной системы [Диденко и др., 1994; Метелкин, 1998].

Геохронологические и петрогеохимические исследования батолитов АССО и Западной Монголии свидетельствуют, что они, как правило, полихронные [Владимиров и др., 1999; Коваленко и др., 2004;



**Рис. 2. Схема геологического строения северной и центральной частей Озерной зоны Западной Монголии (составлена с учетом данных [Коваленко и др., 2004; Руднев и др., 2009а; Ярмолюк и др., 2011]).**

Стратифицированные образования: 1 — позднемезозойские и кайнозойские отложения, 2 — юрские конгломераты, 3 — ранне- и среднепалеозойские образования (нерасчлененные) Монголо-Алтайской зоны, 4 — венд-раннекембрийские офиолитовые и островодужные комплексы Озерной зоны (нерасчлененные), 5 — докембрийские микроконтиненты (Дзобханский). Магматические образования: 6 — гранитоиды раннего и среднего палеозоя (нерасчлененные), 7 — офиолиты, 8 — габброиды раннего палеозоя (нерасчлененные), 9 — тектонические нарушения, 10 — места отбора проб и результаты изотопного датирования (млн лет) по данным [Хаин и др., 1995; Коваленко и др., 2004; Руднев и др., 2009а; Ярмолюк и др., 2011], 11 — места отбора проб и результаты изотопного датирования (млн лет) по данным авторов статьи, 12 — ареалы, где проводились исследования, и их номера (плутоны: I — Харанурский, II — Хиргиснурский, III — Бумбатхаирханский). Массивы: АН — Айрыгнурский, БХ — Бумбатхаирханский, БМХ — Боминхаринский, БЦ — Баянцаганский, ГГ — Гундгузинский, ДХ — Дзобханский, З — Замынский, ЗБХ — Западно-Баянхаирханский, СХ — Сархаирханский, УУ — Уланулинский, ХД — Халдзанский, ХН — Хиргиснурский, ХТ — Хутульский, ХХ — Хаирханский, ХЧ — Харачулу, Ц — Центральный, ШТ — Шаратологийский. На врезке показано положение рассматриваемой территории (выделено прямоугольником) в системе каледонских структур Западной Монголии (ДЗ — Дзобханский микроконтинент, ЮГ — Южно-Гобийский микроконтинент, ОЗ — Озерная зона, МА — Монголо-Алтайская зона, ЮМ — Южно-Монгольская зона).

Руднев и др., 2004, 2006, 2008а,б; 2009а,б; Руднев, 2010; и др.] и образованы магматическими ассоциациями различных этапов эволюции островодужных систем. В этом отношении наиболее ярким примером являются гранитоидные батолиты Восточной Тувы, расположенные в раннекаледонских структурах АССО. Установлено, что в строении батолитов этого региона принимают участие гранитоидные ассоциации, имеющие различную геохимическую специализацию (*M*-, *I*-, *A*-типы) с резким преобладанием тоналит-плагиогранитных ассоциаций, формировавшихся в возрастном диапазоне от позднего венда до позднего ордовика (570—450 млн лет) в островодужной и аккреционно-коллизивной геодинамических обстановках [Козаков и др., 1999; Руднев и др., 2004, 2005, 2006, 2008а,б, 2009а,б; Руднев, 2010].

В раннекаледонских структурах Озерной зоны Западной Монголии также выделяется ряд гранитоидных батолитов и массивов, которые составляют единый пояс (более чем на 800 км), являющийся продолжением пояса гранитоидных батолитов Восточной и Южной Тувы (см. рис. 1, 2). В этом регионе гранитоидные батолиты образуют самостоятельные очаговые ареалы интрузивного магматизма, отстоящие друг от друга на 80—100 км (см. рис. 2), что характерно для современных островных дуг. Ранее было проведено изучение и обобщение результатов исследований по гранитоидным плутонам, расположенным в северной части этого пояса [Коваленко и др., 2004; Руднев и др., 2009а; Ярмолюк и др., 2011]. Геологические и изотопно-геохронологические исследования, проведенные по магматическим породам этих плутонов, показали не только их полихронную природу, но и позволили расчленить тохтогеншильский габбро-плагиогранитный комплекс на ряд самостоятельных магматических ассоциаций. Установлено, что интрузивный магматизм в этих ареалах характеризуется разной длительностью и интенсивностью магматической активности: Хиргиснурский ареал — 519—465 млн лет, Харанурский ареал — 531—449 млн лет.

Целью данной работы является изучение геологического строения, вещественного состава и возраста магматических ассоциаций, участвующих в строении Бумбатхаирханского ареала интрузивного магматизма (Бумбатхаирханский, Гундгузинский полихронные плутоны и их сателлиты), расположенного в центральной части Озерной зоны (см. рис. 2). На основе детального изучения этого магматического ареала рассмотрены вопросы возрастной последовательности становления интрузивных ассоциаций (в том числе рудоносных), длительности магматических процессов, вещественного состава и геодинамических условий формирования гранитоидных и габброидных ассоциаций, участвующих в его строении.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Содержания петрогенных элементов определены рентгенофлюоресцентным методом в ИЗК СО РАН (Иркутск) с использованием установки СРМ-25 (аналитики Н.Ю. Царева, Т.В. Попова, Н.Н. Ухова).

U-Pb изотопные исследования циркона выполнены в ЦИИ ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского и Токийском университете (Япония). Выделение акцессорных цирконов проводили в ИГМ СО РАН (Новосибирск) по стандартной методике с использованием тяжелых жидкостей и последующей очисткой полученных концентратов под бинокляром. В ЦИИ ВСЕГЕИ исследования проводились по единичным зернам циркона на ионном микрозонде SHRIMP-II (аналитики А.Н. Ларионов, Д.И. Матуков, И.П. Падерин, Н.В. Родионов). Для выбора участков датирования на поверхности зерен использовали оптические (в проходящем и отраженном свете) и катодолюминесцентные изображения, отражающие внутреннюю структуру и зональность цирконов. Катодолюминесцентные изображения получены на сканирующем электронном микроскопе АВТ55. Рабочее расстояние составляло 25—28 мм, ускоряющее напряжение — 20 кВ, ток сфокусированного пучка на цилиндре Фарадея — 4—6 нА. Измерения U-Pb отношений на ионном микрозонде SHRIMP-II проводили по методике [Williams, 1998]. Интенсивность первичного пучка молекулярных отрицательно заряженных ионов кислорода составляла 4 нА, диаметр пятна (кратера) — 18 мкм. Обработку полученных данных осуществляли с использованием программы SQUID [Ludwig, 2000]. U-Pb отношения нормализовали на значение 0.0668 для стандартного циркона TEMORA [Black et al., 2003]. Погрешности единичных анализов (отношений и возрастов) приведены в интервале  $\pm 1\sigma$ , погрешности вычисленных конкордантных возрастов и пересечений с конкордией приведены в интервале  $\pm 2\sigma$ . Построение графиков с конкордией проводили с использованием программы ISOPLOT/EX [Ludwig, 1999].

В Центре изотопных исследований Токийского университета (Япония) геохронологические исследования проводились по единичным зернам циркона методом LA-ICP-MS на приборе Thermo Elemental PlasmaQuad 3, по методике, описанной в работе [Orihashi et al., 2008]. Чувствительность прибора составила 600—1400 CPS/мкг·г<sup>-1</sup> для Pb с размером абляционной ямы от 30 мкм, плотность энергии 11—13 Дж/см<sup>2</sup>, длительностью 4 нс и номинальным повторением импульсов 10 Гц. U-Pb отношения нормализовали на значение 0.0668 для стандартного циркона TEMORA [Black et al., 2003]. Погрешности единичных ана-

лизов (отношений и возрастов) приведены в интервале  $\pm 1\sigma$ , погрешности вычисленных конкордантных возрастов и пересечений с конкордией приведены в интервале  $\pm 2\sigma$ . Построение графиков с конкордией проводили с использованием программы ISOPLOT/EX [Ludwig, 1999].

### ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ, ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПЛУТОНОВ

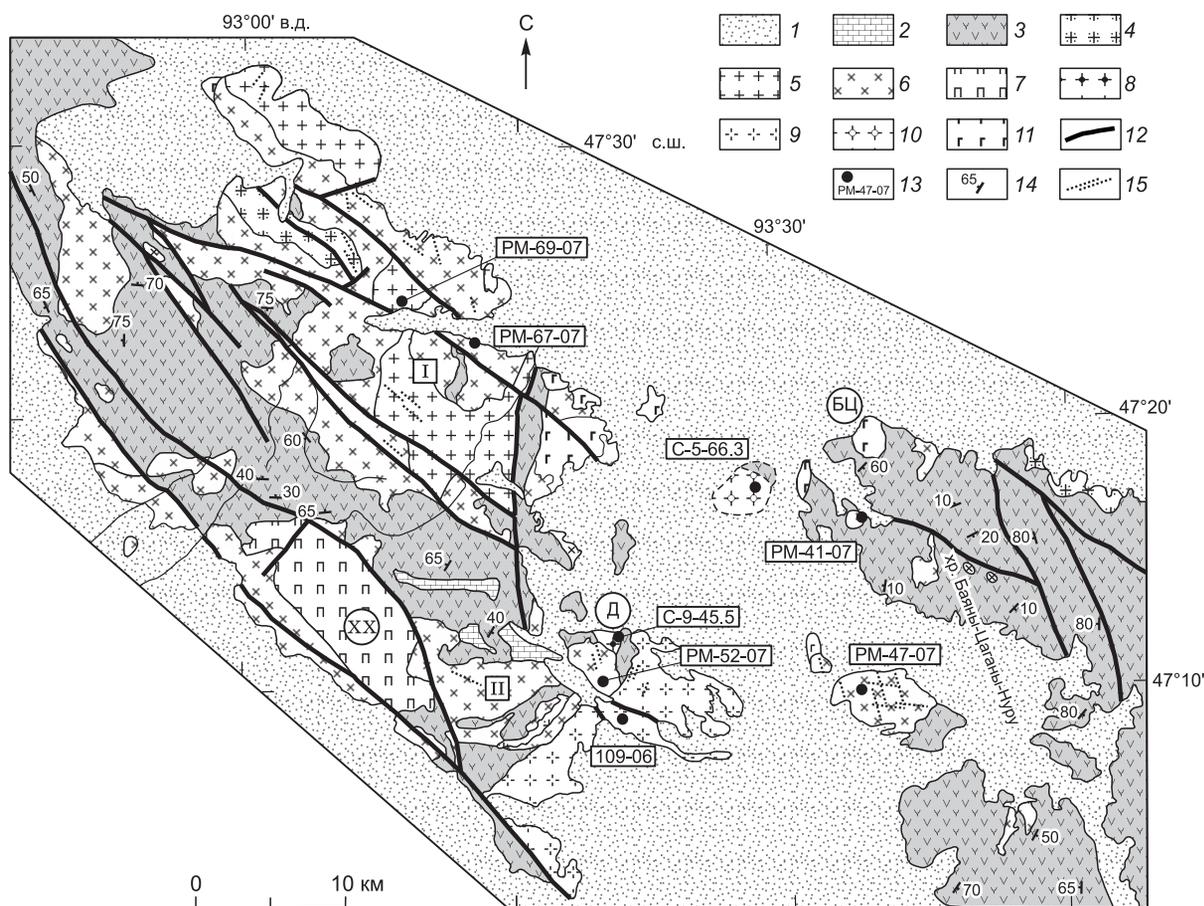
Озерная зона ранних каледонид Западной Монголии рассматривается как островодужный венд-кембрийский террейн [Dergunov et al., 2001; Badarch et al., 2002], характеризующийся широким развитием вулканогенных и осадочно-вулканогенных комплексов [Тектоника..., 1974]. Геологические, геохимические и изотопные исследования этих комплексов [Гибшер и др., 2001; Dergunov et al., 2001; Ярмолюк и др., 2003; Коваленко и др., 2004] позволили установить их возраст (570—545 млн лет) и островодужную природу большей части вулканитов. В то же время в этой зоне имеют широкое развитие интрузивные ассоциации (гранитоиды и габброиды) поздневендско-раннепалеозойского возраста [Габброидные..., 1990; Руднев и др., 2009а,б; Ярмолюк и др., 2011], которые в пространстве и во времени тесно сопряжены друг с другом в составе крупных плутонов и мелких массивов, в совокупности образующие отдельные очаговые ареалы (Хиргиснурский, Харанурский и Бумбатхаирханский) (см. рис. 2).

**Бумбатхаирханский очаговый ареал интрузивного магматизма** расположен в районе хр. Бумбат-Хаирхан юго-западнее оз. Дурген-Нур (см. рис. 2). В составе этого ареала выделяются несколько крупных плутонов (Бумбатхаирханский и Гундгузинский) и ряд небольших массивов, расположенных в западной части хр. Баяны-Цаганы-Нуру (массив Три Холма, Баян-Цаганский и др.) (рис. 3), которые разделены друг от друга вмещающими вулканогенно-осадочными отложениями венд-раннекембрийского возраста. В отличие от Харанурского и Хиргиснурского ареалов, расположенных в северной части Озерной зоны, этот ареал имеет более сложную историю развития и является более интересным не только с позиции характера проявления раннепалеозойского интрузивного магматизма, но и с металлогенической точки зрения, поскольку здесь выявлены ряд крупных рудопоявлений золота, меди и молибдена.

**Бумбатхаирханский плутон** расположен в южной части хр. Бумбат-Хаирхан. Он имеет неправильную форму и площадь около 380 км<sup>2</sup> (см. рис. 3). Породы плутона прорывают вулканогенные отложения цольулинской свиты (V—Є<sub>1</sub>) и перекрываются юрскими осадочными отложениями дундшарынской свиты (J<sub>1-2</sub>). Геологические, геохронологические, минералого-петрографические и петрохимические исследования, проведенные в различных частях Бумбатхаирханского плутона, позволили установить его полихронную природу [Руднев и др., 2009б]. В его составе выделяются гранитоидные и габброидные ассоциации, различающиеся временем формирования, вещественным составом, набором породных ассоциаций и геодинамическими обстановками. Выделяются следующие интрузивные ассоциации, участвующие в строении Бумбатхаирханского плутона (от ранних к поздним): *островодужный этап* — перидотит-пироксенит-габброноритовая (Баянцаганский массив), плагиогранитная и диорит-тоналит-плагиогранитная, *аккреционно-коллизийный этап* — перидотит-габбро-норитовая (Хаирханский массив), диорит-тоналит-плагиогранитная, граносиенит-гранитная.

Породы *плагиогранитной ассоциации* развиты в восточной части Бумбатхаирханского плутона, образуя крупный массив площадью около 100 км<sup>2</sup> (см. рис. 3). Плагиограниты являются самыми ранними интрузивными образованиями в этом плутоне. В западной части они прорываются породами диорит-тоналит-плагиогранитной ассоциации. На востоке массив перекрыт четвертичными отложениями. Характерной особенностью этих плагиогранитоидов является отсутствие ксенолитов габброидов и вмещающих вулканитов. Вместе с тем породы описываемой ассоциации прорываются дайками аплитовидных плагиогранитов, диабазов и жилами кварц-полевошпат-серицитового состава (мощность 0.5—2 м) с медной и Au-сульфидной минерализацией [Борисенко и др., 2009]. По минералого-петрографическому составу и структурно-текстурным особенностям плагиограниты резко отличаются от всех породных разновидностей плутона. Для них свойственны массивная текстура, лейкократовый облик, среднекрупнозернистое до гигантозернистое строение, с крупными выделениями округлых зерен кварца (от 1.5 до 3 см в диаметре). Вблизи зон тектонических нарушений плагиограниты приобретают гнейсовидный облик. По геологическим наблюдениям и структурно-текстурным особенностям в составе ассоциации выделяются две интрузивные фазы: 1 фаза — среднекрупнозернистые плагиограниты, наблюдаемые в виде ксенолитов в породах второй фазы; 2 фаза — крупно- и гигантозернистые лейкоплагиограниты, составляющие основной объем (90—95 %) данной ассоциации. Среди темноцветных породообразующих минералов во всех породных разновидностях отмечается биотит (до 1—2 %), иногда присутствует мусковит.

Интрузивные образования более поздней *диорит-тоналит-плагиогранитной ассоциации* островодужного этапа, в отличие от плагиогранитной ассоциации, имеют ограниченное развитие. Они наблюдаются в северо-восточной части Бумбатхаирханского плутона в виде небольшого массива (участок Дарби, см. рис. 3) площадью около 1—1.5 км<sup>2</sup>. Породы этой ассоциации прорывают вмещающие вулканоген-



**Рис. 3. Схема геологического строения Бумбатхайрханского очагового ареала (составлена с учетом данных геолого-съёмочных работ м-ба 1:200 000, лист L-46-III, IV, IX, X [Цукерник и др., 1982б; Тогтох и др., 1993; Баатархуяг и др., 1993]).**

Стратифицированные образования: 1 — четвертичные отложения; 2 — юрские терригенные отложения; 3 — вулканогенные и вулканогенно-осадочные отложения дегандельской и цольулинской свит, V—E<sub>1</sub> (нерасчлененные). Интрузивные образования: 4—7 — аккреционно-коллизийный этап, E<sub>2-3</sub>—O<sub>3</sub> (4 — сиениты и граносиениты субщелочной серии; 5, 6 — диорит-тоналит-плагиогранитные ассоциации известково-щелочной серии; 7 — перидотит-пироксенит-габброноритовая ассоциация массива Хаирхан (XX)); 8—11 — островодужный этап, V<sub>2</sub>—E<sub>1</sub> (8 — диорит-тоналит-плагиогранитная ассоциация участка Дарби (Д); 9 — плагиогранитная ассоциация высокоглиноземистого типа; 10 — диорит-тоналит-плагиогранитная ассоциация массива Три Холма (ТХ); 11 — перидотит-пироксенит-габброноритовые ассоциации, нерасчлененные); 12 — тектонические нарушения; 13 — места отбора проб на U-Pb изотопное датирование; 14 — элементы залегания; 15 — дайки основного и среднего состава, нерасчлененные. Плутоны: I — Гундгузинский, II — Бумбатхайрханский.

ные образования цольулинской свиты (V—E<sub>1</sub>) и сами интродурируются гранитоидами более поздней диорит-тоналит-плагиогранитной ассоциации позднекембрийско-раннеордовикского возраста [Руднев и др., 2009б]. В основе выделения этой ассоциации лежат материалы исследования гранитоидов, отобранные как из керна скважин (скв. С-9), так и коренных обнажений. В строении ассоциации выделяются две интрузивные фазы: 1 фаза — мелкозернистые биотит-амфиболовые кварцевые диориты, представленные либо в виде ксенолитов (округлой и угловатой формы) в породах второй фазы, либо образуют небольшие тела, прорванные штоками и жилами (до 1 м мощностью) более поздних плагиогранитов; 2 фаза — равномерно-зернистые, среднезернистые, иногда порфиривидные амфибол-биотитовые и биотитовые плагиограниты и плагиогранит-порфиры. Последние образуют штокообразные тела, которые прорваны жилами и жильными штоковками с золотой и сульфидной минерализацией [Борисенко и др., 2009]. Выявленные жилы и жильные штоковки приурочены или к экзо-эндоконтактовым частям плагиогранит-порфиридных штоков, или же локализируются непосредственно в них. Эти вмещающие жильные зоны в разной степени подвержены процессам окварцевания и серицитизации.

*Перидотит-габбро-норитовая ассоциация* представлена в составе Хаирханского массива, расположенного в западной части Бумбатхайрханского полихронного плутона (см. рис. 3). Хаирханский пери-

дотит-габбровый массив представляет собой овальное тело, вытянутое в северо-западном направлении и располагается в осевой части хр. Бумбат-Хаирхан. Площадь его выхода на поверхность составляет около 70 км<sup>2</sup> [Габброидные..., 1990]. Контакты с вмещающими породами преимущественно тектонические, однако в северной части массива в верховьях р. Уртуин-Гол наблюдается прорывание габброноритами краевой фации ороговикованных алевролитов, вулканомиктовых песчаников, гравелитов, конгломератов, известняков и вулканитов цольулинской свиты. В западной части массива наблюдается прорывание габброидов породами диорит-тоналит-плагиогранитной ассоциации, описанной ниже. В строении массива выделяется расслоенная серия и краевая фация. В породах массива широко проявлены синмагматические пластические и срывные деформации, позволяющие предполагать, что его становление происходило в коллизионной обстановке. Расслоенная серия составляет основной объем массива и слагает центральную его часть. В ее составе выделяются троктолиты, оливниновые габбро, габбронориты и анортозиты. Краевая фация в Хайрханском массиве проявлена отчетливо, ее видимая мощность достигает 2 км. Она сложена преимущественно безоливиновыми габброноритами. По наблюдениям А.Э. Исоха с соавторами [Габброидные..., 1990], в породах краевой фации наблюдаются явления расслоенности, дифференцированности и трахитоидности, направление которых совпадает с направлением контакта. По петрохимическому составу породы расслоенной серии и краевой фации попадают в поле ультраосновных и основных пород нормального ряда. Для габброидов расслоенной серии отмечаются следующие вариации петрогенных оксидов (мас. %): SiO<sub>2</sub> (42—45.7), Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O (0.15—2.41), TiO<sub>2</sub> (в среднем 0.1), магнезиальность (32—60 %). Габброиды краевой фации имеют более высокие содержания оксидов, в отличие от пород расслоенной серии, и в целом составляют: SiO<sub>2</sub> (44.5—52.6), Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O (1.28—3.16), TiO<sub>2</sub> (0.3—1.0), магнезиальность (31—42 %). Более подробная петрохимическая характеристика пород дана в работе [Габброидные..., 1990]. Возраст пород массива, по данным U-Pb изотопных исследований циркона из габброноритов расслоенной серии, составляет 511 ± 7 млн лет [Руднев и др., 2009б; Ярмолюк и др., 2011].

*Диорит-тоналит-плагиогранитная ассоциация* аккреционно-коллизионного этапа в Бумбатхаирханском плутоне по площади своего развития не уступает плагиогранитной ассоциации, описанной выше. Эти породы развиты в северо-западной и центральной частях плутона, где прорывают габброиды Хайрханского массива и породы плагиогранитной ассоциации. Вместе с тем они наблюдаются и в южных отрогах хр. Баяны-Цаганы-Нуру в виде небольших массивов, расположенных среди вулканитов дегандельской свиты венд-раннекембрийского возраста. Геологические, минералого-петрографические и петрохимические исследования пород этой ассоциации позволяют выделить три разновидности пород, представляющие самостоятельные интрузивные фазы: 1 фаза — среднекрупнозернистые биотит-амфиболовые кварцевые диориты; 2 фаза — среднекрупнозернистые биотит-амфиболовые тоналиты и 3 фаза — крупнозернистые биотит-амфиболовые плагиограниты. Кварцевые диориты имеют преимущественное развитие и составляют более 60—70 % объема ассоциации, тогда как плагиограниты и тоналиты, имеющие приблизительно одинаковое площадное развитие, уступают первым. Характерной особенностью этой ассоциации является широкое развитие послегранитовых даек основного состава, что также характерно для других ареалов Озерной зоны.

Наиболее поздними магматическими образованиями в Бумбатхаирханском плутоне являются породы *граносиенит-гранитной ассоциации*. Они наблюдаются в составе небольшого массива, расположенного в центральной части плутона. Возраст пород этой ассоциации не установлен. Результаты геологических наблюдений свидетельствуют, что они интродуцируют породы диорит-тоналит-плагиогранитной ассоциации, имеющей позднекембрийско-раннеордовикский возраст (см. ниже).

**Гундгузинский плутон** расположен в северной части Бумбатхаирханского ареала, имеет сложную форму площадью около 700—750 км<sup>2</sup> (см. рис. 3). На юге породы плутона прорывают вулканогенные отложения цольулинской свиты (V—E<sub>1</sub>), на севере — перекрываются четвертичными отложениями. Контакты гранитоидов с вмещающими вулканитами резкие и интрузивные. В эндоконтактной и центральной частях гранитного плутона наблюдаются ксенолиты и/или провесы кровли вмещающих вулканитов.

Геологические, геохронологические, минералого-петрографические и петрохимические исследования, проведенные в Гундгузинском плутоне, показали, что он имеет более простое строение, чем вышеописанный Бумбатхаирханский плутон [Руднев и др., 2009б]. В его составе также выделяются гранитоидные и габброидные ассоциации, различающиеся временем формирования и вещественным составом. Выделяются следующие интрузивные ассоциации (от ранних к поздним): перидотит-габброноритовая, диорит-тоналит-плагиогранитная, граносиенит-гранитная. Последняя ассоциация в данной работе также не рассматривается. Следует отметить, что породы перидотит-габброноритовой ассоциации имеют широкое развитие в восточной части плутона, но с точки зрения их возрастного положения они не изучались. В связи с этим они условно отнесены к образованиям аккреционно-коллизионного этапа на основании близости их вещественного состава с габброидами Хаирханского массива. Габброиды сильно

изменены под действием более поздних гранитоидов. Основной объем Гундгузинского плутона (~ 95 %) слагают гранитоиды, среди которых выделяются две *диорит-тоналит-плаггиогранитные ассоциации*. Следует отметить, что выделение двух однотипных гранитоидных ассоциаций, несмотря на близкий их изотопный возраст (см. ниже), определялось характером геологических взаимоотношений друг с другом, структурно-текстурными, минералого-петрографическими и петрогеохимическими особенностями.

Ранняя *диорит-тоналит-плаггиогранитная ассоциация* имеет наиболее широкое развитие и занимает приблизительно 60—70 % площади Гундгузинского плутона (см. рис. 3). В ее составе выделяются следующие разновидности пород, представляющие собой самостоятельные интрузивные фазы: 1 фаза — средне- и крупнозернистые биотит-амфиболовые кварцевые диориты, 2 фаза — среднекрупнозернистые биотит-амфиболовые тоналиты, 3 фаза — крупнозернистые амфибол-биотитовые плаггиограниты. Среди всех породных разновидностей наиболее широкое развитие имеют кварцевые диориты, составляющие ~ 70 % площади ассоциации, тоналиты имеют меньшее развитие, а плаггиограниты отмечаются на отдельных участках и представлены серией жильных тел (от 0.5 до 2—3 м мощностью) среди последних. В кварцевых диоритах отмечается обилие ксенолитов измененных габброидов. Главной особенностью пород первой и второй интрузивных фаз этой ассоциации является гнейсовидность, меланократовый облик за счет крупных скоплений амфибола и биотита, находящихся в тесных срастаниях друг с другом. Плаггиограниты третьей фазы имеют гнейсовидное и массивное строение, порфиоровидный облик за счет крупных выделений кварца. Среди темноцветных породообразующих минералов выделяются биотит и амфибол (2—4 %), среди которых первый является преобладающим.

Поздняя *диорит-тоналит-плаггиогранитная ассоциация* по площади своего развития в Гундгузинском плутоне уступает породам более ранней интрузивной ассоциации. Главным образом, они получили свое развитие в северной и центральной частях плутона, где с нарушением гомодромности прорывают породы ранней диорит-тоналит-плаггиогранитной ассоциации. В составе этой ассоциации также выделяются три интрузивные фазы: 1 фаза — крупнозернистые биотит-амфиболовые кварцевые диориты, 2 фаза — среднекрупнозернистые биотит-амфиболовые тоналиты, 3 фаза — крупнозернистые амфибол-биотитовые плаггиограниты, жильная серия — мелкозернистые и аплитовидные лейкоплаггиограниты амфибол-биотитового и гранат-мусковит-биотитового состава. Все породные разновидности этой ассоциации имеют приблизительно одинаковое площадное развитие. Их отличительной особенностью является отсутствие гнейсовидности, равномерно-зернистое и массивное строение. Из других структурно-текстурных особенностей является равномерное распределение темноцветных минералов (биотит, амфибол), которые образуют, как правило, идиоморфные зерна. Плаггиограниты этой ассоциации образуют преимущественно крупные тела среди тоналитов и кварцевых диоритов. Вместе с тем они наблюдаются в виде мощных жильных тел, представляющих собой апофизы, прорывающие кварцевые диориты ранней ассоциации. Жильные плаггиограниты по своим структурно-текстурным особенностям практически не отличаются от жил плаггиогранитов ранней ассоциации, что зачастую затрудняет их распознавание при геокартировании. Единственным надежным отличием их друг от друга являются петрохимический состав и содержания редких элементов, о чем будет упомянуто ниже. Примечательной особенностью этой ассоциации, как это описывалось ранее в работе [Кравцев и др., 1989] на примере этого плутона, является также и наличие лейкоплаггиогранитов гранат + мусковит ± биотитового состава. Лейкоплаггиограниты такого состава имеют крайне ограниченное развитие и наблюдаются в виде жил (от 0.1—0.2 до 1—2.5 м), которые прорывают как кварцевые диориты ранней диорит-тоналит-плаггиогранитной ассоциации со срезанием гнейсовидности в последних, так и плаггиограниты поздней ассоциации. Гранат в лейкоплаггиогранитах представлен идиоморфными выделениями (от 0.5 до 2 мм в диаметре), равномерно распределен в породе при содержании 1—3 %. Мусковит представлен мелкими чешуйками и, судя по одинаковой степени идиоморфизма с биотитом, имеет магматическое происхождение. В Озерной зоне плаггиограниты аналогичного минералого-петрографического состава установлены также в составе Харанурского полихронного плутона (см. рис. 2), но, в отличие от последних, имеют существенно меньшее развитие [Кравцев и др., 1989; Руднев и др., 2009а]. Возраст плаггиогранитов третьей фазы этой ассоциации, по данным U-Pb изотопных исследований циркона, составляет  $511 \pm 5$  млн лет [Руднев и др., 2009б; Ярмолюк и др., 2011].

**Интрузии хр. Баяны-Цаганы-Нуру.** В этом районе выделяется ряд небольших интрузий основного и кислого составов. Породы основного состава представлены в Баянцаганском перидотит-габброноритовом массиве и небольшом габброноритовом массиве, расположенном приблизительно в 4 км на юго-запад от первого (см. рис. 3). Особенности строения, вещественного состава и возраста габброидов Баянцаганского массива подробно описаны в работах [Габброидные..., 1990; Хаин и др., 1995].

**Массив Три Холма** расположен в северной части хр. Баяны-Цаганы-Нуру (см. рис. 3). На современном эрозионном срезе выходы этого массива наблюдаются в виде трех небольших холмов, расположенных среди четвертичных отложений. Результаты наземных наблюдений и данные глубинного бурения по скважинам (скв. С-5 и С-20) позволили выделить в составе массива следующие разновидности

пород: среднезернистые амфиболовые кварцевые диориты, среднетоннозернистые биотит-амфиболовые тоналиты и плагиограниты (преобладают). Наблюдения по скважинам позволили установить, что все разновидности пород массива, в том числе и вмещающие его вулканогенно-осадочные отложения дегандельской свиты ( $V—Є_1$ ), пересечены многочисленными пегматоидными кварц-полевошпат-метасоматитовыми и кварцевыми жилами с сульфидной (пирит, халькопирит, борнит, молибденит) и Au минерализацией [Борисенко и др., 2009] и образованием мощных зон окolorудного изменения. Следует добавить, что породы, аналогичные по вещественному составу гранитоидам массива Три Холма, также наблюдаются восточнее (~ 2—3 км) в западных отрогах хр. Баяны-Цаганы-Нуру, где они интродуцируют габброиды хиргиснурского перидотит-пироксенит-габброноритового комплекса.

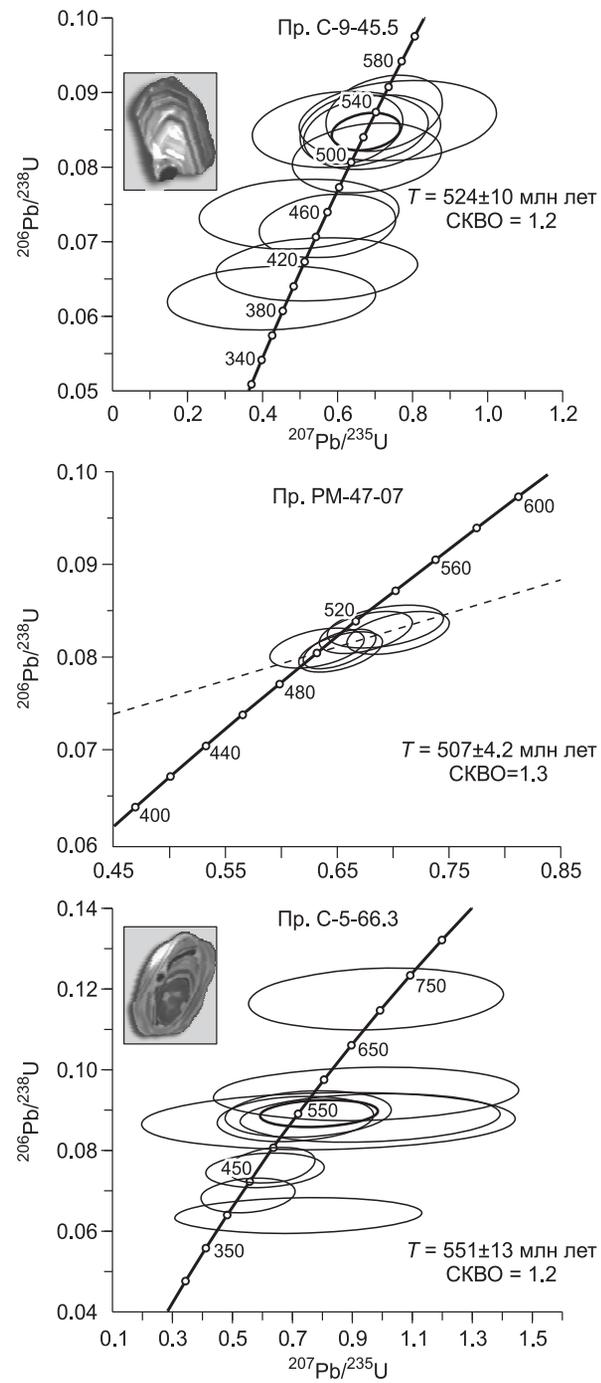
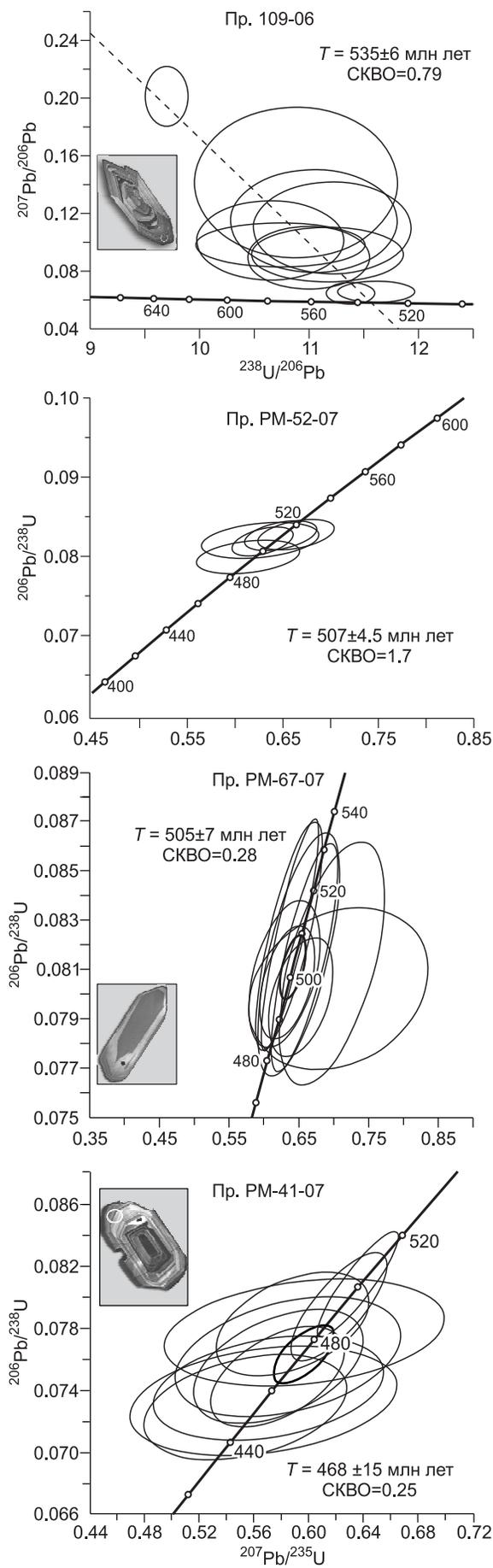
На юг от Баянцаганского габброидного массива (см. рис. 3) отмечается серия мелких плагиогранитных массивов и штоков. Среди них наиболее детально изучен небольшой шток, расположенный в 5 км от вышеупомянутого габброидного массива. Этот шток имеет практически изометричную форму площадью около 1—1.5 км<sup>2</sup> и расположен среди вулканогенных отложений дегандельской свиты ( $V—Є_1$ ). Участвующие в его строении интрузивные образования относятся к *плагиогранитоидной ассоциации*, в составе которой выделяются только биотитовые лейкоплагиограниты. Последние имеют средне-мелкозернистое и равномерно-зернистое строение основной массы, на фоне которой отмечаются порфиновые выделения округлых зерен кварца (0.5—1.5 см в диаметре). В составе плагиогранитов, помимо биотита, также выделяется мусковит, который развивается как по мелким трещинам в ассоциации с мелкозернистым кварцем, так и по спайности в плагиоклазах и биотитах. Это наглядно свидетельствует, что мусковит в плагиогранитах имеет постмагматическое происхождение, связанное с процессами грейзенизации. Практически на всей площади массива, в том числе и во вмещающих породах, наблюдается широкое развитие субпараллельных крутопадающих (~ 45—50°) жильных тел кварц-полевошпат-мусковитового состава с пирит-халькопиритовой минерализацией. Учитывая небольшую площадь развития плагиогранитов, а также развитие по ним грейзенизации, можно предполагать, что здесь мы имеем дело только с апикальной частью штока. Последнее обстоятельство может указывать не только на слабый эрозионный срез восточного сегмента изученного ареала, в отличие от западного сегмента, но и позволяет предполагать присутствие рудопродуктивных тел на более глубоких уровнях.

## РЕЗУЛЬТАТЫ U-Pb ИЗОТОПНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изотопно-геохронологические исследования проводились по цирконам, отобраным из главных петрографических разновидностей гранитоидных ассоциаций, развитых в составе Бумбатхаирханского и Гундгузинского плутонов, а также небольших массивов в хр. Баяны-Цаганы-Нуру. Данные U-Pb изотопных исследований цирконов представлены в табл. 1, 2 и отображены на рис. 4.

**Бумбатхаирханский плутон.** Для определения возраста пород *плагиогранитной ассоциации* были исследованы цирконы из крупнозернистых биотитовых плагиогранитов второй фазы (пр. 109-06), являющихся главной петрографической разновидностью. Цирконы представлены прозрачными светло-розовыми идиоморфными кристаллами призматического габитуса ( $K_{удл.} = 1.5—3.0$ ) с ровными ребрами и гранями (см. рис. 4). Для их внутреннего строения характерна хорошо выраженная тонкая магматическая зональность и секториальность. В редких случаях отмечаются кристаллы циркона с реликтами древних ядер. Последние имеют овальную форму, трещиноватость, неровные очертания и обрастают более поздним цирконом с тонкой зональностью. U-Pb изотопные исследования (см. табл. 1) выполнены для 10 локальных точек из краевых и центральных частей кристаллов (SHRIMP-II). Цирконы характеризуются крайне низкими содержаниями U и Th. Из всей совокупности полученных значений возрастов только шесть имеют близкие значения. Средневзвешенное значение возраста (по отношению  $^{206}Pb/^{238}U$ ) по этим точкам составляет  $535 \pm 6$  млн лет (СКВО = 0.79). Таким образом, полученное значение возраста циркона можно рассматривать в качестве оценки времени формирования пород плагиогранитной ассоциации.

Для U-Pb изотопных исследований пород *диорит-тоналит-плагиогранитной ассоциации* (участок Дарби, см. рис. 3) были исследованы цирконы из среднезернистых биотит-амфиболовых плагиогранит-порфиров, отобранные из керна скважины (скв. С-9-45.5). Цирконы представлены прозрачными и полупрозрачными розовыми и светло-розовыми идиоморфными кристаллами призматического габитуса ( $K_{удл.} = 2.0—3.0$ ) с хорошо выраженной зональностью (см. рис. 4). Исследование кристаллов катодolumинесцентным методом показало их зональное внутреннее строение (см. рис. 4). Краевые части кристаллов циркона имеют темную окраску. Граница между зональной внутренней частью кристаллов и темными краевыми частями зачастую размытая и неровная. Вместе с тем в изученной монофракции циркона наблюдаются и обломки отдельных кристаллов с хорошей внутренней зональностью, краевые части которых также обрастают темными каемками. Аналитические исследования были выполнены для 10 локальных точек по восьми кристаллам циркона (см. табл. 1). При этом были проанализированы как



**Рис. 4. U-Pb изотопные диаграммы с конкордией для цирконов из пород Бумбатхайрханского очагового ареала.**

Показаны микрофотографии внутреннего строения кристаллов циркона, выполненные в режиме катодолуминесценции. Результаты анализов приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Результаты U-Pb изотопных исследований единичных зерен циркона (SHRIMP-II) из пород Бумбатхаирханского очагового ареала

| Номер точки   | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ , % | U, ppm | Th, ppm | $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ | $^{206}\text{Pb}^*$ , ppm | Возраст по изотопным отношениям, млн лет |                                   | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$ | ±%   | $^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$ | ±%   | $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$ | ±%   | $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$ | ±%   | Коэф. корреляции |
|---|--------------------------------------|--------|---------|----------------------------------|---------------------------|--|-----------------------------------|------------------------------------|------|---------------------------------------|------|------------------------------------|------|------------------------------------|------|------------------|
|   |                                      |        |         |                                  |                           | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$         | $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ |                                    |      |                                       |      |                                    |      |                                    |      |                  |
| 1   | 2                                    | 3      | 4       | 5                                | 6                         | 7  | 8                                 | 9                                  | 10   | 11                                    | 12   | 13                                 | 14   | 15                                 | 16   | 17               |
| <b>Бумбатхаирханский плутон</b>   |                                      |        |         |                                  |                           |  |                                   |                                    |      |                                       |      |                                    |      |                                    |      |                  |
| <i>Плагิโอгранитная ассоциация</i>  |                                      |        |         |                                  |                           |  |                                   |                                    |      |                                       |      |                                    |      |                                    |      |                  |
| 109-06_1.1  | 21.07                                | 263    | 41      | 0.16                             | 23.3                      | 498.6 ± 11.2                             |                                   | 12.29                              | 2.3  | 0.0227                                | 94.2 | 0.25                               | 94.3 | 0.0804                             | 2.3  | 0.025            |
| 109-06_2.1  | 3.74                                 | 107    | 31      | 0.30                             | 7.9                       | 512.4 ± 9.3                              | -763 ± 965                        | 12.07                              | 1.9  | 0.0344                                | 34.3 | 0.39                               | 34.3 | 0.0827                             | 1.9  | 0.055            |
| 109-06_2.2  | 7.40                                 | 37     | 4       | 0.12                             | 2.9                       | 519.3 ± 19.0                             |                                   | 11.88                              | 3.8  |                                       |      |                                    |      | 0.0839                             | 3.8  |                  |
| 109-06_3.1  | 19.31                                | 10     | 2       | 0.17                             | 0.8                       | 456.9 ± 55.2                             |                                   | 13.48                              | 12.5 |                                       |      |                                    |      | 0.0735                             | 12.5 |                  |
| 109-06_4.1  | 7.02                                 | 18     | 4       | 0.25                             | 1.4                       | 511.9 ± 29.1                             | 307 ± 1904                        | 12.06                              | 5.9  | 0.0526                                | 83.6 | 0.60                               | 83.8 | 0.0827                             | 5.9  | 0.071            |
| 109-06_5.1  | 13.54                                | 19     | 4       | 0.23                             | 1.5                       | 482.8 ± 31.2                             |                                   | 12.77                              | 6.7  |                                       |      |                                    |      | 0.0778                             | 6.7  |                  |
| 109-06_6.1  | 1.08                                 | 17     | 5       | 0.33                             | 1.4                       | 567.8 ± 16.9                             | 1418 ± 208                        | 10.86                              | 3.1  | 0.0896                                | 10.9 | 1.14                               | 11.3 | 0.0921                             | 3.1  | 0.274            |
| 109-06_7.1  | 8.63                                 | 23     | 6       | 0.27                             | 1.9                       | 528.6 ± 22.1                             |                                   | 11.65                              | 4.4  |                                       |      |                                    |      | 0.0855                             | 4.4  |                  |
| 109-06_8.1  | 0.61                                 | 285    | 101     | 0.37                             | 21.5                      | 539.7 ± 4.4                              | 591 ± 139                         | 11.45                              | 0.8  | 0.0596                                | 6.4  | 0.72                               | 6.5  | 0.0873                             | 0.8  | 0.131            |
| 109-06_9.1  | 6.44                                 | 24     | 5       | 0.22                             | 1.8                       | 517.0 ± 27.9                             |                                   | 11.94                              | 5.6  |                                       |      |                                    |      | 0.0835                             | 5.6  |                  |
| <i>Диорит-тоналит-плагิโอгранитная ассоциация, плагิโอгранит-порфир</i>               |                                      |        |         |                                  |                           |  |                                   |                                    |      |                                       |      |                                    |      |                                    |      |                  |
| C-9-45.5_1.1  | 9.80                                 | 310    | 453     | 1.51                             | 18.5                      | 390.4 ± 10.6                             | 153 ± 627                         | 16.02                              | 2.8  | 0.0491                                | 26.8 | 0.42                               | 26.9 | 0.0624                             | 2.8  | 0.104            |
| C-9-45.5_2.1  | 4.66                                 | 333    | 143     | 0.44                             | 25.5                      | 526.1 ± 12.4                             | 276 ± 357                         | 11.76                              | 2.5  | 0.0518                                | 15.6 | 0.61                               | 15.8 | 0.0850                             | 2.5  | 0.155            |
| C-9-45.5_3.1  | 4.64                                 | 242    | 607     | 2.59                             | 16.1                      | 458.4 ± 11.5                             | 147 ± 508                         | 13.57                              | 2.6  | 0.0490                                | 21.7 | 0.50                               | 21.8 | 0.0737                             | 2.6  | 0.119            |
| C-9-45.5_4.1  | 2.41                                 | 338    | 209     | 0.64                             | 24.2                      | 503.5 ± 11.4                             | 623 ± 254                         | 12.31                              | 2.3  | 0.0605                                | 11.8 | 0.68                               | 12.0 | 0.0812                             | 2.3  | 0.196            |
| C-9-45.5_5.1  | 2.74                                 | 153    | 63      | 0.43                             | 11.6                      | 533.2 ± 13.1                             | 741 ± 294                         | 11.60                              | 2.6  | 0.0640                                | 13.9 | 0.76                               | 14.1 | 0.0862                             | 2.6  | 0.181            |
| C-9-45.5_5.2  | 1.41                                 | 241    | 92      | 0.39                             | 17.8                      | 523.9 ± 12.1                             | 578 ± 228                         | 11.81                              | 2.4  | 0.0593                                | 10.5 | 0.69                               | 10.8 | 0.0847                             | 2.4  | 0.223            |
| C-9-45.5_6.1  | 9.41                                 | 372    | 1002    | 2.78                             | 23.4                      | 413.9 ± 10.5                             | 588 ± 433                         | 15.08                              | 2.6  | 0.0596                                | 20.0 | 0.54                               | 20.1 | 0.0663                             | 2.6  | 0.130            |
| C-9-45.5_7.1  | 4.37                                 | 287    | 449     | 1.62                             | 18.6                      | 448.9 ± 10.5                             | 516 ± 279                         | 13.87                              | 2.4  | 0.0576                                | 12.7 | 0.57                               | 12.9 | 0.0721                             | 2.4  | 0.186            |
| C-9-45.5_8.1  | 2.33                                 | 482    | 270     | 0.58                             | 36.1                      | 526.2 ± 11.3                             | 384 ± 191                         | 11.76                              | 2.2  | 0.0543                                | 8.5  | 0.64                               | 8.8  | 0.0851                             | 2.2  | 0.256            |
| C-9-45.5_8.2  | 1.42                                 | 208    | 78      | 0.39                             | 15.8                      | 539.1 ± 12.3                             | 612 ± 183                         | 11.46                              | 2.4  | 0.0602                                | 8.5  | 0.72                               | 8.8  | 0.0872                             | 2.4  | 0.271            |
| <b>Гундгузинский плутон</b>   |                                      |        |         |                                  |                           |  |                                   |                                    |      |                                       |      |                                    |      |                                    |      |                  |
| <i>Диорит-тоналит-плагิโอгранитная ассоциация (ранняя), кварцевый диорит</i>          |                                      |        |         |                                  |                           |  |                                   |                                    |      |                                       |      |                                    |      |                                    |      |                  |
| PM-67-07_1.1  | 0.93                                 | 51     | 19      | 3.49                             | 0.39                      | 499 ± 8                                  | 327 ± 270                         | 12.4                               | 1.7  | 0.0530                                | 11.9 | 0.59                               | 12.0 | 0.080                              | 1.7  | 0.145            |
| PM-67-07_2.1  | —                                    | 46     | 19      | 3.21                             | 0.42                      | 502 ± 9                                  | 818 ± 112                         | 12.4                               | 1.8  | 0.0664                                | 5.3  | 0.74                               | 5.6  | 0.081                              | 1.8  | 0.314            |
| PM-67-07_3.1  | 0.00                                 | 464    | 81      | 32.9                             | 0.18                      | 510 ± 11                                 | 455 ± 28                          | 12.1                               | 2.3  | 0.0561                                | 1.3  | 0.64                               | 2.7  | 0.082                              | 2.3  | 0.880            |
| PM-67-07_4.1  | —                                    | 54     | 21      | 3.72                             | 0.40                      | 497 ± 8                                  | 739 ± 153                         | 12.5                               | 1.7  | 0.0639                                | 7.2  | 0.71                               | 7.4  | 0.080                              | 1.7  | 0.225            |
| PM-67-07_5.1  | 0.15                                 | 199    | 25      | 13.7                             | 0.13                      | 499 ± 6                                  | 494 ± 49                          | 12.4                               | 1.2  | 0.0571                                | 2.2  | 0.63                               | 2.5  | 0.080                              | 1.2  | 0.460            |
| PM-67-07_6.1  | —                                    | 76     | 33      | 5.36                             | 0.45                      | 506 ± 12                                 | 521 ± 60                          | 12.3                               | 2.5  | 0.0578                                | 2.7  | 0.65                               | 3.7  | 0.082                              | 2.5  | 0.669            |
| PM-67-07_7.1  | 0.00                                 | 72     | 27      | 4.99                             | 0.38                      | 501 ± 7                                  | 471 ± 65                          | 12.4                               | 1.5  | 0.0565                                | 2.9  | 0.63                               | 3.3  | 0.081                              | 1.5  | 0.457            |
| PM-67-07_8.1  | —                                    | 174    | 56      | 12                               | 0.33                      | 495 ± 6                                  | 577 ± 57                          | 12.5                               | 1.2  | 0.0593                                | 2.6  | 0.65                               | 2.9  | 0.080                              | 1.2  | 0.422            |
| PM-67-07_9.1  | —                                    | 247    | 30      | 17.3                             | 0.12                      | 505 ± 11                                 | 551 ± 40                          | 12.3                               | 2.3  | 0.0586                                | 1.8  | 0.66                               | 3.0  | 0.081                              | 2.3  | 0.787            |
| PM-67-07_10.1   | —                                    | 150    | 50      | 10.5                             | 0.35                      | 504 ± 12                                 | 684 ± 78                          | 12.3                               | 2.5  | 0.0623                                | 3.7  | 0.70                               | 4.4  | 0.081                              | 2.5  | 0.562            |
| <b>Гранитные интрузии хр. Баяны-Цаганы-Нуру</b>                                       |                                      |        |         |                                  |                           |  |                                   |                                    |      |                                       |      |                                    |      |                                    |      |                  |
| <i>Массив Три холма, Диорит-тоналит-плагิโอгранитная ассоциация, кварцевый диорит</i> |                                      |        |         |                                  |                           |  |                                   |                                    |      |                                       |      |                                    |      |                                    |      |                  |
| C-5-66.3_1.1  | 2.01                                 | 125    | 50      | 0.42                             | 9.6                       | 542.6 ± 13.6                             | 554 ± 322                         | 11.39                              | 2.6  | 0.0587                                | 14.8 | 0.71                               | 15.0 | 0.0878                             | 2.6  | 0.174            |
| C-5-66.3_2.1  | 2.38                                 | 90     | 31      | 0.36                             | 7.0                       | 544.2 ± 14.5                             | 1171 ± 361                        | 11.35                              | 2.8  | 0.0790                                | 18.3 | 0.96                               | 18.5 | 0.0881                             | 2.8  | 0.151            |
| C-5-66.3_3.1  | 5.22                                 | 55     | 20      | 0.37                             | 4.4                       | 539.3 ± 17.1                             | 874 ± 639                         | 11.46                              | 3.3  | 0.0682                                | 30.9 | 0.82                               | 31.0 | 0.0873                             | 3.3  | 0.107            |
| C-5-66.3_3.2  | 2.60                                 | 85     | 29      | 0.35                             | 6.7                       | 549.9 ± 13.9                             | 649 ± 318                         | 11.23                              | 2.6  | 0.0613                                | 14.8 | 0.75                               | 15.0 | 0.0890                             | 2.6  | 0.176            |
| C-5-66.3_4.1  | 2.83                                 | 127    | 64      | 0.52                             | 13.2                      | 716.4 ± 18.1                             | 618 ± 379                         | 8.51                               | 2.7  | 0.0604                                | 17.5 | 0.98                               | 17.7 | 0.1175                             | 2.7  | 0.151            |
| C-5-66.3_5.1  | 2.50                                 | 359    | 27      | 0.08                             | 23.8                      | 467.1 ± 10.5                             | 558 ± 285                         | 13.31                              | 2.3  | 0.0587                                | 13.1 | 0.61                               | 13.3 | 0.0752                             | 2.3  | 0.175            |
| C-5-66.3_6.1  | 1.31                                 | 185    | 71      | 0.40                             | 12.3                      | 474.1 ± 10.9                             | 601 ± 196                         | 13.10                              | 2.4  | 0.0599                                | 9.1  | 0.63                               | 9.4  | 0.0763                             | 2.4  | 0.255            |
| C-5-66.3_7.1  | 1.81                                 | 189    | 63      | 0.34                             | 11.4                      | 429.5 ± 10.6                             | 534 ± 248                         | 14.51                              | 2.5  | 0.0581                                | 11.3 | 0.55                               | 11.6 | 0.0689                             | 2.5  | 0.219            |
| C-5-66.3_8.1  | 3.48                                 | 69     | 23      | 0.34                             | 5.8                       | 579.8 ± 15.8                             | 1010 ± 442                        | 10.63                              | 2.8  | 0.0729                                | 21.8 | 0.95                               | 22.0 | 0.0941                             | 2.8  | 0.129            |
| C-5-66.3_9.1  | 14.19                                | 314    | 123     | 0.41                             | 20.1                      | 399.0 ± 11.0                             | 1238 ± 455                        | 15.66                              | 2.8  | 0.0817                                | 23.2 | 0.72                               | 23.4 | 0.0639                             | 2.8  | 0.121            |

| Номер точки | $^{206}\text{Pb}_c$ , % | U, ppm | Th, ppm | $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ | $^{206}\text{Pb}^*$ , ppm | Возраст по изотопным отношениям, млн лет |                                   | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$ | ±% | $^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$ | ±% | $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$ | ±% | $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$ | ±% | Коэф. корреляции |
|-------------|-------------------------|--------|---------|----------------------------------|---------------------------|--|-----------------------------------|------------------------------------|----|---------------------------------------|----|------------------------------------|----|------------------------------------|----|------------------|
|             |                         |        |         |                                  |                           | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$         | $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ |                                    |    |                                       |    |                                    |    |                                    |    |                  |
| 1           | 2                       | 3      | 4       | 5                                | 6                         | 7  | 8                                 | 9                                  | 10 | 11                                    | 12 | 13                                 | 14 | 15                                 | 16 | 17               |

## Плагиигранитная ассоциация

|               |      |      |     |      |      |             |           |       |     |        |      |      |     |        |     |       |
|---------------|------|------|-----|------|------|-------------|-----------|-------|-----|--------|------|------|-----|--------|-----|-------|
| PM-41-07_1.1  | 0.20 | 812  | 254 | 0.32 | 52.4 | 465.6 ± 7.9 | 449 ± 66  | 13.35 | 1.8 | 0.0559 | 3    | 0.58 | 3.5 | 0.0749 | 1.8 | 0.509 |
| PM-41-07_2.1  | 0.41 | 456  | 90  | 0.20 | 29.2 | 461.1 ± 8.2 | 446 ± 130 | 13.48 | 1.8 | 0.0558 | 5.7  | 0.57 | 6   | 0.0741 | 1.8 | 0.306 |
| PM-41-07_3.1  | 0.17 | 185  | 97  | 0.54 | 12   | 469.6 ± 9   | 432 ± 87  | 13.23 | 2   | 0.0555 | 3.9  | 0.58 | 4.4 | 0.0756 | 2   | 0.451 |
| PM-41-07_4.1  | 1.11 | 428  | 82  | 0.20 | 27.3 | 456.2 ± 8.6 | 455 ± 150 | 13.63 | 2   | 0.0561 | 6.7  | 0.57 | 7   | 0.0733 | 2   | 0.279 |
| PM-41-07_5.1  | 0.06 | 2977 | 116 | 0.04 | 207  | 501.2 ± 8.2 | 494 ± 18  | 12.37 | 1.7 | 0.0571 | 0.84 | 0.64 | 1.9 | 0.0809 | 1.7 | 0.898 |
| PM-41-07_6.1  | 0.12 | 2021 | 74  | 0.04 | 138  | 492.4 ± 8.5 | 486 ± 32  | 12.6  | 1.8 | 0.0569 | 1.5  | 0.62 | 2.3 | 0.0794 | 1.8 | 0.773 |
| PM-41-07_7.1  | 1.34 | 1627 | 193 | 0.12 | 111  | 485.8 ± 8.2 | 392 ± 78  | 12.77 | 1.7 | 0.0545 | 3.5  | 0.59 | 3.9 | 0.0783 | 1.7 | 0.449 |
| PM-41-07_8.1  | 1.16 | 731  | 165 | 0.23 | 49.4 | 482.6 ± 8.4 | 441 ± 150 | 12.86 | 1.8 | 0.0557 | 6.8  | 0.60 | 7   | 0.0777 | 1.8 | 0.257 |
| PM-41-07_9.1  | 0.53 | 298  | 59  | 0.20 | 18.8 | 453.9 ± 8.3 | 415 ± 110 | 13.7  | 1.9 | 0.0551 | 5.1  | 0.55 | 5.5 | 0.073  | 1.9 | 0.347 |
| PM-41-07_10.1 | 0.28 | 143  | 35  | 0.26 | 9.4  | 473.2 ± 9.4 | 441 ± 120 | 13.13 | 2.1 | 0.0557 | 5.4  | 0.59 | 5.8 | 0.0762 | 2.1 | 0.360 |

Примечание.  $\text{Pb}_c$  и  $\text{Pb}^*$  — обыкновенный и радиогенный свинец соответственно. Поправка на присутствие обыкновенного свинца введена по измеренному  $^{204}\text{Pb}$ .

центральные и промежуточные части зональных кристаллов, так и краевые части кристаллов с частичным захватом темных кайм. Представленные изотопные данные наглядно свидетельствуют о широком диапазоне возрастов кристаллизации циркона. Выявленный широкий диапазон возрастов, вероятнее всего, свидетельствуют о каких-то наложенных термальных и/или флюидных воздействиях, которые испытали плагиигранит-порфиры в результате внедрения многочисленных жил и жильных штокверков с золото-сульфидной минерализацией [Борисенко и др., 2009] и внедрения более поздних гранитоидов. Поэтому для расчета возраста были взяты только шесть точек, имеющих близкие конкордантные значения изотопных отношений и охватывающих центральные и промежуточные части кристаллов. Средневзвешенное значение возраста, полученное по отношению  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  в этих точках, составляет  $524 \pm 10$  млн лет (СКВО = 1.19) [Руднев и др., 2009б]. Значения возрастов, полученные по краевым (темным) частям кристаллов циркона, варьируют в диапазоне от 450 до 390 млн лет и, вероятнее всего, отражают какие-то наложенные на породы процессы, приведшие к изменению изотопной системы. Таким образом, полученное значение возраста ( $524 \pm 10$  млн лет) с учетом магматической природы исследованных цирконов можно рассматривать как возраст его кристаллизации из расплава и, соответственно, как возраст кристаллизации плагиигранит-порфиров на участке Дарби.

*Диорит-тоналит-плагиигранитная ассоциация.* Породы этой ассоциации, как отмечалось выше, имеют более широкое развитие в Бумбатхаирханском плутоне и его сателлитах. Они прорывают как породы плагиигранитной ассоциации ( $535 \pm 6$  млн лет), диорит-тоналит-плагиигранитной ассоциации на участке Дарби ( $524 \pm 10$  млн лет), так и габброиды Хаирханского массива ( $511 \pm 7$  млн лет) [Руднев и др., 2009б]. Для определения возраста пород этой ассоциации были проанализированы цирконы среднекрупнозернистых биотит-амфиболовых кварцевых диоритов первой фазы (пр. PM-52-07), развитых в центральной части Бумбатхаирханского плутона, а также из крупнозернистых биотит-амфиболовых плагиигранитов (пр. PM-47-07) третьей фазы, отобранных из массива расположенного в южной части урочища Баяны-Цаганы-Нуру (см. рис. 3). Изучение монофракций циркона из вышеупомянутых пород показало, что они имеют сходные морфологические характеристики. Цирконы образуют идиоморфные, прозрачные кристаллы бледно-розового и розового цветов призматического и длиннопризматического облика ( $K_{\text{удл.}} = 2.0—4.0$ ). Присутствие «древних» ядер не наблюдается. Аналитические исследования были выполнены методом LA-ICP-MS в Токийском университете (Япония) для пяти локальных точек по кварцевым диоритам и для восьми локальных точек по плагиигранитам. Результаты этих исследований приведены в табл. 2 и на рис. 4. Анализ полученных по цирконам изотопных данных показал следующие значения возрастов (средневзвешенное по отношению  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ): кварцевые диориты —  $507 \pm 4.5$  млн лет (СКВО = 1.7), плагииграниты —  $507 \pm 4.2$  млн лет (СКВО = 1.3). Таким образом, полученные по цирконам возрастные даты с учетом их магматической природы позволяют рассматривать их в качестве времени формирования пород диорит-тоналит-плагиигранитной ассоциации.

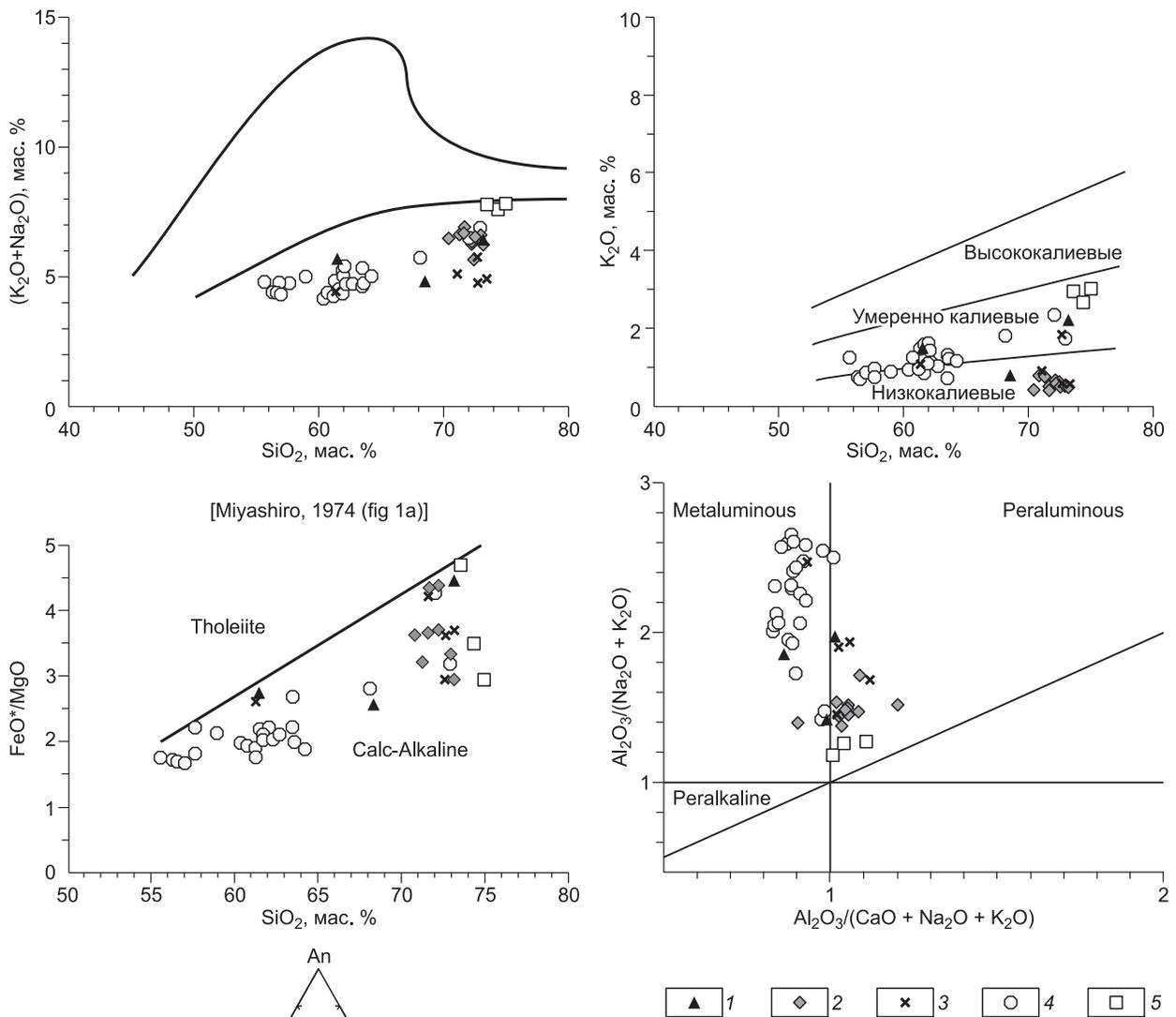
**Гундгузинский плутон.** В составе этого плутона, как уже упоминалось выше, выделяются две близкие по петрографическому составу диорит-тоналит-плагиогранитные ассоциации.

*Диорит-тоналит-плагиогранитная ассоциация (ранняя).* Изотопно-геохронологические исследования по породам этой ассоциации проведены по цирконам из огнейсованных средне- и крупнозернистых биотит-амфиболовых кварцевых диоритов первой (главной) фазы (пр. РМ-67-07), отобранных из центральной части Гундгузинского плутона (см. рис. 3). Акцессорный циркон их кварцевых диоритов представлен зональными, идиоморфными прозрачными кристаллами бледно-розового цвета, призматического и длиннопризматического габитуса ( $K_{удл.} = 2.0—6.0$ ), с ровными ребрами и гранями (рис. 5). В отдельных зернах отмечается трещиноватость. Признаков присутствия «древних» ядер не наблюдается. U-Pb изотопные исследования (см. табл. 1) выполнены по единичным зернам циркона (10 локальных точек), охватывающим краевые и центральные части кристаллов. Как видно на рис. 4, изученный циркон конкордантен, а его средневзвешенное значение возраста (по отношению  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ) равно  $505 \pm 7$  млн лет (СКВО = 0.28). Морфологические характеристики и особенности внутреннего строения изученного циркона указывают на его магматическое происхождение. Следовательно, полученную оценку возраста можно рассматривать как возраст кристаллизации расплавов, родоначальных для гранитоидов этой ассоциации.

**Гранитоидные интрузии хр. Баяны-Цаганы-Нуру.** Изотопно-геохронологические исследования пород *диорит-тоналит-плагиогранитной ассоциации* массива Три Холма основаны на изучении монофракции циркона, отобранной из среднезернистых амфиболовых кварцевых диоритов (пр. С-5-66.3, см. рис. 3). Цирконы представлены прозрачными светло-розовыми идиоморфными и субидиоморфными кристаллами призматического габитуса с  $K_{удл.} = 2.0—3.5$  (см. рис. 4). Исследование кристаллов оптическим и катодолюминесцентным методами выявило хорошо выраженное зональное внутреннее строение. Аналитические исследования (SHRIMP-II, ВСЕГЕИ, г. Санкт-Петербург) выполнены для 10 локальных точек, охватывающих краевые и центральные части кристаллов. Результаты исследований, представленные в табл. 1, показали широкий разброс значений возрастов. Полученные данные, вероятнее всего, указывают на какие-то наложенные термальные и/или флюидные воздействия, которые испытали кварцевые диориты под воздействием внедрения более поздних кварц-полевошпатовых жил с Au-сульфидной минерализацией и образованием во вмещающих породах мощной зоны околорудного изменения (см. выше). Анализ полученных результатов показал, что только пять точек дают близкие конкордантные значения возрастов. Средневзвешенное значение возраста по отношению  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  составляет  $551 \pm 13$  млн лет (СКВО = 1.19, 5 точек). Учитывая магматическую природу исследованных цирконов, полученное значение возраста можно принять в качестве оценки возраста формирования пород диорит-тоналит-плагиогранитной ассоциации массива Три Холма.

Таблица 2. Результаты U-Pb изотопных исследований единичных зерен циркона (LA-ICP-MS) из пород Бумбатхайрханского плутона

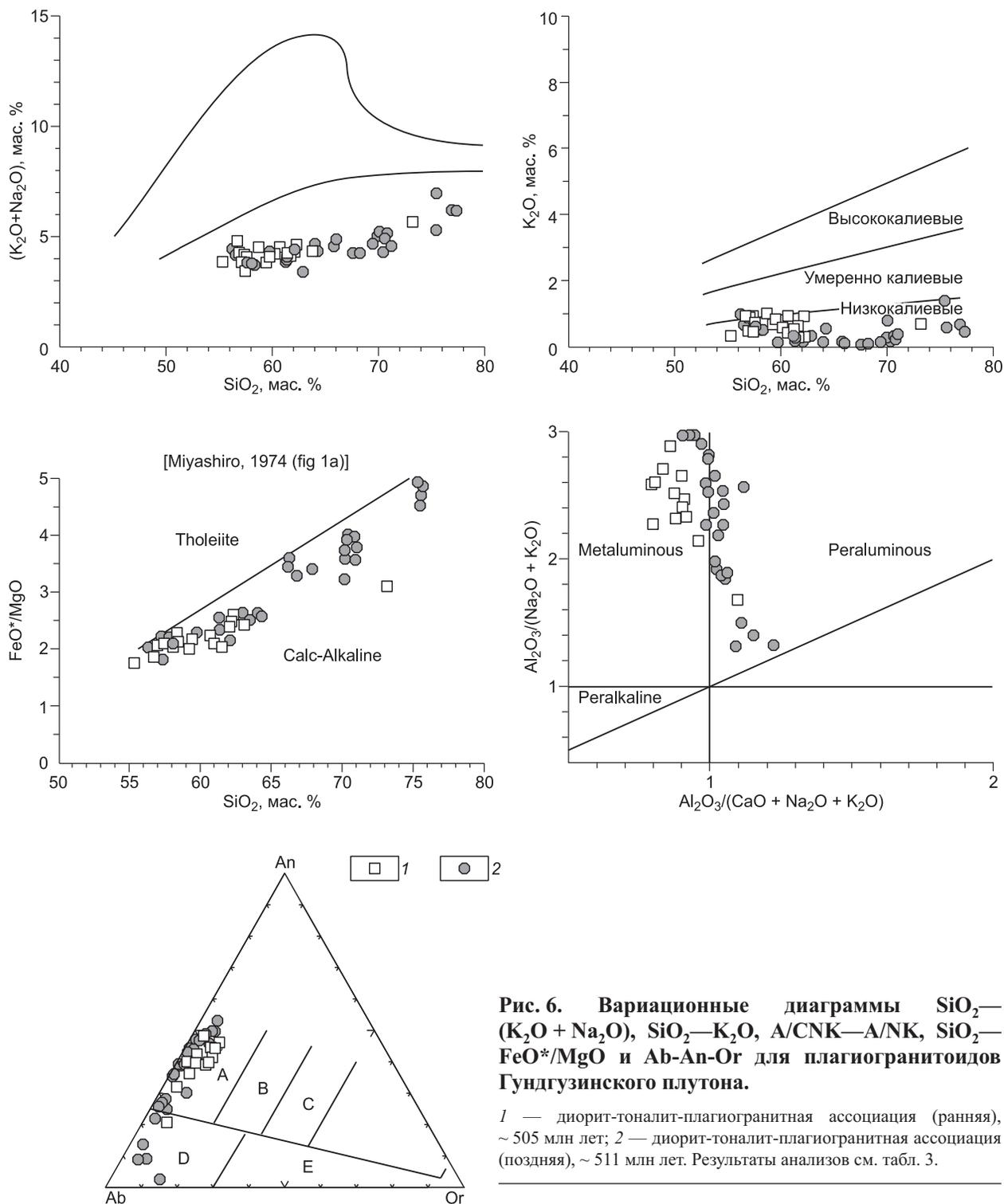
| № пробы  | Возраст по изотопным отношениям, млн лет, $\pm$ ошибка 2 $\sigma$ |                                  |                                   | $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$<br>$\pm$ ошибка 2 $\sigma$ | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$<br>$\pm$ ошибка 2 $\sigma$ | Коэф. корреляции |
|--|---|----------------------------------|-----------------------------------|---|---|------------------|
|  | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$                                  | $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$ | $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ |   |   |                  |
| <i>Диорит-тоналит-плагиогранитная ассоциация, кварцевый диорит</i> |   |                                  |                                   |   |   |                  |
| РМ-52-07.1   | $508.1 \pm 11.6$  | $498.5 \pm 36.8$                 | $455.0 \pm 32.0$                  | $0.634 \pm 0.047$   | $0.0820 \pm 0.0019$   | 0.31             |
| РМ-52-07.2   | $511.6 \pm 9.6$   | $511.0 \pm 22.3$                 | $509.0 \pm 20.0$                  | $0.654 \pm 0.028$   | $0.0826 \pm 0.0016$   | 0.43             |
| РМ-52-07.3   | $507.3 \pm 9.2$   | $500.1 \pm 19.2$                 | $468.0 \pm 15.8$                  | $0.636 \pm 0.024$   | $0.0819 \pm 0.0015$   | 0.47             |
| РМ-52-07.4   | $495.4 \pm 10.7$  | $491.2 \pm 32.4$                 | $472.0 \pm 29.4$                  | $0.622 \pm 0.041$   | $0.0799 \pm 0.0017$   | 0.33             |
| РМ-52-07.5   | $512.4 \pm 9.8$   | $520.2 \pm 23.6$                 | $555.0 \pm 22.9$                  | $0.669 \pm 0.030$   | $0.0827 \pm 0.0016$   | 0.42             |
| <i>Диорит-тоналит-плагиогранитная ассоциация, плагиогранит</i>     |   |                                  |                                   |   |   |                  |
| РМ-47-07.1   | $500.7 \pm 11.0$  | $512.3 \pm 22.4$                 | $565.0 \pm 21.3$                  | $0.65622 \pm 0.029$   | $0.0808 \pm 0.0018$   | 0.50             |
| РМ-47-07.2   | $502.6 \pm 10.7$  | $511.7 \pm 19.6$                 | $553.0 \pm 17.6$                  | $0.65522 \pm 0.025$   | $0.0811 \pm 0.0017$   | 0.56             |
| РМ-47-07.3   | $513.3 \pm 11.5$  | $525.3 \pm 24.9$                 | $578.0 \pm 24.1$                  | $0.67754 \pm 0.032$   | $0.0829 \pm 0.0019$   | 0.47             |
| РМ-47-07.4   | $513.1 \pm 11.7$  | $541.7 \pm 27.3$                 | $665.0 \pm 29.8$                  | $0.70496 \pm 0.035$   | $0.0828 \pm 0.0019$   | 0.45             |
| РМ-47-07.5   | $503.8 \pm 11.1$  | $500.8 \pm 22.3$                 | $487.0 \pm 18.8$                  | $0.63752 \pm 0.028$   | $0.0813 \pm 0.0018$   | 0.49             |
| РМ-47-07.6   | $503.2 \pm 10.9$  | $500.0 \pm 25.6$                 | $486.0 \pm 22.6$                  | $0.63639 \pm 0.033$   | $0.0812 \pm 0.0018$   | 0.42             |
| РМ-47-07.7   | $517.0 \pm 11.7$  | $535.2 \pm 30.9$                 | $614.0 \pm 32.6$                  | $0.69410 \pm 0.040$   | $0.0835 \pm 0.0018$   | 0.39             |



**Рис. 5. Вариационные диаграммы  $\text{SiO}_2$ — $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ ,  $\text{SiO}_2$ — $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{A/CNK}$ — $\text{A/NK}$ ,  $\text{SiO}_2$ — $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  и  $\text{Ab-An-Or}$  [O'Connor, 1965] для плагиогранитоидов Бумбатхайрханского плутона и его сателлитов.**

1 — диорит-тоналит-плагиогранитная ассоциация массива Три Холма, ~ 551 млн лет; 2—4 — Бумбатхайрханский плутон (2 — плагиогранитная ассоциация, ~ 535 млн лет; 3 — диорит-тоналит-плагиогранитная ассоциация участка Дарби, ~ 524 млн лет; 4 — диорит-тоналит-плагиогранитная ассоциация, ~ 507 млн лет); 5 — плагиогранитная ассоциация, ~ 468 млн лет, штوك в западной части хр. Баяны-Цаганы-Нуру. Ab — альбит, An — анортит, Or — ортоклаз. Поля: А — тоналит, В — гранодиорит, С — адамеллит, D — трондземит, E — гранит. Результаты анализов см. в табл. 3.

Вместе с тем изотопно-геохронологические исследования были проведены по плагиогранитам (пр. РМ-41-07), слагающим небольшой штук, расположенный в 4—5 км южнее от Баянцаганского габброидного массива (см. рис. 3). Монофракция циркона в этих породах представлена прозрачными бесцветными и светло-розовыми идиоморфными кристаллами призматического и длиннопризматического габитуса ( $K_{\text{удл.}} = 2.0—6.0$ ) с ровными ребрами и гранями. Основная масса зерен циркона имеет зональное внутреннее строение (см. рис. 4). В отдельных кристаллах наблюдаются реликты более ранних («древних») генераций циркона. В одних случаях они имеют округлую форму с неровными очертаниями



**Рис. 6. Вариационные диаграммы  $\text{SiO}_2$ — $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ ,  $\text{SiO}_2$ — $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{A}/\text{CNK}$ — $\text{A}/\text{NK}$ ,  $\text{SiO}_2$ — $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  и  $\text{Ab}$ — $\text{An}$ — $\text{Or}$  для плагиигранитоидов Гундгузинского плутона.**

1 — диорит-тоналит-плагиигранитная ассоциация (ранняя), ~ 505 млн лет; 2 — диорит-тоналит-плагиигранитная ассоциация (поздняя), ~ 511 млн лет. Результаты анализов см. табл. 3.

граней и с развитием трещин вокруг них, обнаруживают темную окраску и отсутствие признаков какой-либо зональности. В других случаях наблюдаются реликтовые зерна циркона с ярко выраженной конвальной зональностью, которые обрастают более поздним магматическим цирконом с тонкой зональностью. Изотопные исследования (SHRIMP-II) были выполнены для 10 локальных точек (см. табл. 1, рис. 4), охватывающих центральные и краевые части зональных кристаллов с магматической зональностью. Анализ полученных изотопных данных свидетельствует о широком диапазоне значений возрастов, варьирующих в диапазоне 501—453 млн лет. Из всей совокупности проанализированных кристаллов только семь точек (центральные и промежуточные части кристаллов магматического генезиса) имеют относительно более устойчивые значения возрастов и содержания U. Поэтому полученное по ним средневзвешенное

Таблица 3. Содержания петрогенных (мас. %) и редких элементов (г/т) в представительных образцах гранитоидов Бумбатхаирханского очагового ареала

| № образца  | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ. | MnO  | MgO  | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | П.п.п. | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Сумма  | Rb | Sr  | Ba   |
|--|------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|--------|-------------------------------|--------|----|-----|------|
| <b>Бумбатхаирханский плутон</b>  |                  |                  |                                |                                     |      |      |      |                   |                  |        |                               |        |    |     |      |
| <i>Плагиигранитная ассоциация (535 ± 6 млн лет)</i>                                |                  |                  |                                |                                     |      |      |      |                   |                  |        |                               |        |    |     |      |
| PM-13-08   | 70.40            | 0.10             | 16.00                          | 2.91                                | 0.06 | 0.49 | 2.91 | 6.05              | 0.43             | 0.56   | 0.07                          | 99.98  | —  | —   | —    |
| PM-50-07   | 70.83            | 0.23             | 16.30                          | 2.02                                | 0.05 | 0.50 | 3.01 | 5.25              | 0.80             | 0.59   | 0.09                          | 99.67  | 7  | 498 | 401  |
| PM-49-07   | 71.27            | 0.21             | 15.80                          | 1.75                                | 0.04 | 0.49 | 2.46 | 5.86              | 0.77             | 0.79   | 0.10                          | 99.54  | 7  | 515 | 530  |
| PM-12-08   | 72.24            | 0.13             | 15.25                          | 2.43                                | 0.07 | 0.59 | 2.36 | 5.81              | 0.55             | 0.55   | 0.08                          | 100.06 | 7  | 504 | 898  |
| PM-16-08   | 72.98            | 0.03             | 15.40                          | 1.48                                | 0.05 | 0.40 | 2.20 | 6.13              | 0.48             | 0.45   | 0.08                          | 99.68  | —  | —   | —    |
| PM-15-08   | 73.18            | 0.05             | 15.00                          | 1.67                                | 0.05 | 0.51 | 2.36 | 5.74              | 0.50             | 0.51   | 0.07                          | 99.64  | 5  | 502 | 416  |
| <i>Диорит-тоналит-плагиигранитная ассоциация (524 ± 10 млн лет), участок Дарби</i> |                  |                  |                                |                                     |      |      |      |                   |                  |        |                               |        |    |     |      |
| PM-55/2-07   | 61.29            | 0.38             | 16.53                          | 6.51                                | 0.15 | 2.24 | 6.09 | 3.35              | 1.05             | 1.87   | 0.30                          | 99.45  | —  | —   | —    |
| С-9-45.5   | 70.98            | 0.19             | 14.10                          | 4.54                                | 0.06 | 0.74 | 2.45 | 4.21              | 0.87             | 1.40   | 0.06                          | 99.54  | 13 | 298 | 475  |
| С-9-133.2  | 71.64            | 0.13             | 13.46                          | 2.72                                | 0.07 | 0.58 | 2.14 | 4.09              | 2.56             | 1.51   | 0.05                          | 98.90  | 25 | 290 | 1542 |
| PM-55-07   | 72.62            | 0.20             | 14.25                          | 2.57                                | 0.03 | 0.78 | 3.37 | 4.16              | 0.57             | 1.00   | 0.08                          | 99.55  | —  | —   | —    |
| PM-55/1-07   | 73.19            | 0.18             | 14.10                          | 2.68                                | 0.03 | 0.65 | 3.37 | 4.15              | 0.57             | 0.74   | 0.06                          | 99.65  | —  | —   | —    |
| <i>Диорит-тоналит-плагиигранитная ассоциация (507 ± 5 млн лет)</i>                 |                  |                  |                                |                                     |      |      |      |                   |                  |        |                               |        |    |     |      |
| PM-51-07   | 56.32            | 0.83             | 17.70                          | 7.71                                | 0.11 | 4.02 | 7.44 | 3.65              | 0.76             | 1.38   | 0.16                          | 100.08 | 10 | 517 | 250  |
| PM-52-07   | 56.49            | 0.85             | 17.55                          | 7.51                                | 0.10 | 3.97 | 7.56 | 3.68              | 0.71             | 1.44   | 0.16                          | 100.02 | 5  | 509 | 240  |
| PM-54-07   | 56.99            | 0.77             | 17.55                          | 7.40                                | 0.11 | 4.02 | 7.29 | 3.44              | 0.88             | 1.36   | 0.17                          | 99.98  | 9  | 511 | 263  |
| PM-45-07   | 58.96            | 0.61             | 17.75                          | 6.66                                | 0.10 | 2.81 | 6.78 | 4.11              | 0.90             | 1.18   | 0.12                          | 99.98  | 11 | 358 | 264  |
| PM-46/2-07   | 60.73            | 0.67             | 16.13                          | 7.14                                | 0.11 | 3.32 | 6.07 | 3.13              | 1.26             | 1.29   | 0.11                          | 99.96  | 17 | 279 | 368  |
| PM-62-07   | 61.29            | 0.77             | 14.63                          | 7.41                                | 0.11 | 3.78 | 5.75 | 3.36              | 1.49             | 1.23   | 0.15                          | 99.97  | 19 | 356 | 438  |
| PM-48-07   | 62.08            | 0.70             | 15.80                          | 6.29                                | 0.09 | 2.55 | 5.49 | 3.97              | 1.44             | 1.36   | 0.11                          | 99.88  | 18 | 304 | 388  |
| PM-60-07   | 64.23            | 0.59             | 15.70                          | 5.41                                | 0.07 | 2.58 | 5.31 | 3.85              | 1.18             | 0.95   | 0.11                          | 99.98  | 13 | 417 | 427  |
| PM-55-08   | 65.99            | 0.28             | 17.35                          | 3.81                                | 0.04 | 1.31 | 5.50 | 4.08              | 0.85             | 0.70   | 0.05                          | 99.96  | 14 | 387 | 655  |
| PM-47-07   | 68.13            | 0.47             | 14.55                          | 4.54                                | 0.07 | 1.45 | 4.30 | 3.92              | 1.82             | 0.88   | 0.08                          | 100.21 | 30 | 225 | 497  |
| PM-53/1-07   | 72.93            | 0.14             | 15.27                          | 1.10                                | 0.01 | 0.31 | 2.85 | 5.14              | 1.75             | 0.43   | 0.03                          | 99.96  | —  | —   | —    |
| <b>Гундгузинский плутон</b>  |                  |                  |                                |                                     |      |      |      |                   |                  |        |                               |        |    |     |      |
| <i>Диорит-тоналит-плагиигранитная ассоциация, ранняя (505 ± 7 млн лет)</i>         |                  |                  |                                |                                     |      |      |      |                   |                  |        |                               |        |    |     |      |
| PM-20-08   | 56.70            | 0.48             | 16.90                          | 7.55                                | 0.16 | 3.65 | 7.55 | 3.88              | 0.95             | 2.07   | 0.16                          | 100.05 | 12 | 389 | 282  |
| PM-29-08   | 57.35            | 0.49             | 18.70                          | 7.17                                | 0.12 | 3.56 | 7.43 | 3.13              | 0.54             | 1.60   | 0.10                          | 100.19 | 10 | 439 | 234  |
| PM-10-21   | 57.35            | 0.49             | 18.85                          | 7.18                                | 0.11 | 3.66 | 7.89 | 2.86              | 0.34             | 1.56   | 0.09                          | 100.47 | —  | —   | —    |
| PM-66-07   | 57.52            | 0.62             | 17.10                          | 8.51                                | 0.14 | 3.65 | 7.80 | 3.21              | 0.94             | 1.30   | 0.14                          | 100.92 | 12 | 389 | 266  |
| PM-67-07   | 57.59            | 0.70             | 16.50                          | 8.37                                | 0.15 | 3.62 | 7.77 | 3.35              | 0.75             | 1.33   | 0.12                          | 100.25 | 7  | 384 | 363  |
| PM-10-25   | 58.64            | 0.45             | 18.07                          | 6.60                                | 0.11 | 3.12 | 6.27 | 3.42              | 1.01             | 2.06   | 0.09                          | 99.84  | —  | —   | —    |
| PM-10-17   | 59.04            | 0.49             | 17.97                          | 6.74                                | 0.10 | 3.23 | 6.86 | 3.07              | 0.79             | 1.82   | 0.09                          | 100.19 | —  | —   | —    |
| PM-10-18   | 59.76            | 0.45             | 17.65                          | 6.55                                | 0.11 | 3.04 | 6.49 | 3.29              | 0.85             | 1.83   | 0.09                          | 100.11 | 10 | 412 | 587  |
| PM-10-14   | 60.66            | 0.43             | 17.80                          | 6.03                                | 0.10 | 2.96 | 5.92 | 3.44              | 0.61             | 1.94   | 0.10                          | 99.99  | 8  | 429 | 342  |
| PM-10-29   | 61.13            | 0.43             | 18.02                          | 6.25                                | 0.16 | 2.40 | 6.40 | 3.73              | 0.40             | 1.11   | 0.14                          | 100.17 | 4  | 506 | 315  |
| PM-27-08   | 61.44            | 0.52             | 16.55                          | 6.64                                | 0.11 | 2.87 | 6.32 | 3.76              | 0.46             | 1.39   | 0.10                          | 100.16 | 5  | 399 | 204  |
| PM-68-07   | 62.21            | 0.61             | 15.76                          | 6.76                                | 0.11 | 2.51 | 6.00 | 3.35              | 0.94             | 1.50   | 0.20                          | 99.95  | 10 | 383 | 486  |
| PM-10-28   | 62.28            | 0.33             | 17.83                          | 5.52                                | 0.12 | 1.99 | 6.33 | 3.76              | 0.64             | 1.34   | 0.13                          | 100.27 | —  | —   | —    |
| PM-36-08   | 62.89            | 0.53             | 15.85                          | 7.39                                | 0.13 | 2.53 | 5.98 | 3.08              | 0.35             | 1.06   | 0.09                          | 99.88  | 7  | 362 | 292  |
| PM-10-27   | 63.71            | 0.36             | 16.89                          | 5.23                                | 0.11 | 2.16 | 6.13 | 3.59              | 0.69             | 1.53   | 0.10                          | 100.50 | —  | —   | —    |
| PM-68/1-07   | 73.24            | 0.09             | 15.12                          | 1.55                                | 0.08 | 0.49 | 2.63 | 4.99              | 0.71             | 0.68   | 0.07                          | 99.64  | 5  | 349 | 397  |
| <i>Диорит-тоналит-плагиигранитная ассоциация, поздняя (511 ± 5 млн лет)</i>        |                  |                  |                                |                                     |      |      |      |                   |                  |        |                               |        |    |     |      |
| PM-42-08   | 57.64            | 0.61             | 17.80                          | 8.20                                | 0.15 | 3.39 | 7.53 | 3.22              | 0.63             | 0.82   | 0.10                          | 100.09 | —  | —   | —    |
| PM-48-08   | 59.75            | 0.61             | 18.40                          | 7.00                                | 0.14 | 2.75 | 6.37 | 4.20              | 0.15             | 0.86   | 0.13                          | 100.36 | —  | —   | —    |
| PM-31-08   | 61.37            | 0.40             | 18.10                          | 5.98                                | 0.14 | 2.30 | 6.46 | 3.77              | 0.19             | 0.86   | 0.13                          | 99.70  | 2  | 522 | 212  |
| PM-33-08   | 64.29            | 0.36             | 17.45                          | 5.18                                | 0.10 | 1.81 | 5.39 | 3.80              | 0.57             | 0.77   | 0.10                          | 99.82  | 8  | 510 | 545  |

| № образца  | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ. | MnO  | MgO  | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | П.п.п. | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Сумма  | Rb  | Sr  | Ba   |
|--|------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|--------|-------------------------------|--------|-----|-----|------|
| <i>Диорит-тоналит-плаггиогранитная ассоциация, поздняя (511 ± 5 млн лет)</i> |                  |                  |                                |                                     |      |      |      |                   |                  |        |                               |        |     |     |      |
| PM-66/1-07   | 65.82            | 0.34             | 16.95                          | 4.45                                | 0.08 | 1.21 | 5.34 | 4.42              | 0.17             | 0.78   | 0.13                          | 99.69  | 1   | 454 | 97   |
| PM-38-08   | 66.05            | 0.33             | 17.55                          | 4.15                                | 0.09 | 1.02 | 4.96 | 4.79              | 0.12             | 0.51   | 0.11                          | 99.68  | —   | —   | —    |
| PM-45-08   | 67.61            | 0.35             | 17.05                          | 4.05                                | 0.09 | 1.13 | 5.08 | 4.20              | 0.08             | 0.53   | 0.10                          | 100.27 | 0.6 | 507 | 97   |
| PM-47-08   | 68.27            | 0.42             | 15.87                          | 5.42                                | 0.08 | 0.92 | 4.49 | 4.17              | 0.11             | 0.36   | 0.12                          | 100.23 | 3   | 358 | 438  |
| PM-10-31   | 69.86            | 0.20             | 16.76                          | 2.55                                | 0.05 | 0.51 | 4.43 | 4.49              | 0.19             | 0.63   | 0.08                          | 99.75  | —   | —   | —    |
| PM-69-07   | 70.10            | 0.20             | 15.55                          | 2.87                                | 0.08 | 0.90 | 3.90 | 4.38              | 0.81             | 1.10   | 0.09                          | 99.98  | 6   | 521 | 527  |
| PM-24-08   | 70.13            | 0.09             | 15.80                          | 2.77                                | 0.07 | 0.73 | 3.56 | 4.90              | 0.31             | 0.99   | 0.06                          | 99.41  | 6   | 464 | 314  |
| PM-34-08   | 70.46            | 0.10             | 17.90                          | 1.75                                | 0.03 | 0.28 | 4.66 | 4.06              | 0.26             | 0.53   | 0.06                          | 100.09 | 3   | 653 | 332  |
| PM-10-33   | 70.64            | 0.20             | 15.77                          | 2.96                                | 0.07 | 0.72 | 3.72 | 4.29              | 0.40             | 0.96   | 0.08                          | 99.81  | —   | —   | —    |
| PM-22-08   | 70.85            | 0.09             | 15.60                          | 2.88                                | 0.07 | 0.70 | 3.51 | 4.88              | 0.30             | 0.87   | 0.06                          | 99.81  | 7   | 486 | 1169 |
| PM-21-08   | 75.49            | 0.01             | 14.20                          | 1.10                                | 0.08 | 0.23 | 0.48 | 5.58              | 1.41             | 0.80   | 0.13                          | 99.51  | —   | —   | —    |
| PM-10-32   | 75.75            | 0.09             | 13.96                          | 1.37                                | 0.14 | 0.28 | 1.52 | 5.34              | 0.57             | 0.64   | 0.09                          | 99.75  | —   | —   | —    |
| PM-26-08   | 76.93            | 0.04             | 13.85                          | 0.93                                | 0.05 | 0.10 | 1.17 | 5.54              | 0.69             | 0.47   | 0.09                          | 99.86  | 3   | 216 | 499  |
| PM-25-08   | 77.39            | 0.03             | 13.10                          | 1.18                                | 0.09 | 0.12 | 1.13 | 5.73              | 0.47             | 0.41   | 0.08                          | 99.73  | 3   | 198 | 474  |
| <b>Хребет Баяны-Цаганы-Нуру</b>  |                  |                  |                                |                                     |      |      |      |                   |                  |        |                               |        |     |     |      |
| <b>Массив Три Холма</b>  |                  |                  |                                |                                     |      |      |      |                   |                  |        |                               |        |     |     |      |
| <i>Диорит-тоналит-плаггиогранитная ассоциация (551 ± 13 млн лет)</i>         |                  |                  |                                |                                     |      |      |      |                   |                  |        |                               |        |     |     |      |
| C-5-66.3   | 61.50            | 0.51             | 16.08                          | 6.23                                | 0.12 | 2.06 | 5.51 | 4.27              | 1.51             | 1.47   | 0.09                          | 99.35  | 15  | 274 | 305  |
| C-20-116   | 68.51            | 0.38             | 14.79                          | 4.12                                | 0.09 | 1.48 | 3.90 | 4.02              | 0.81             | 1.34   | 0.07                          | 99.51  | 8   | 280 | 640  |
| PM-57-07   | 73.17            | 0.26             | 13.27                          | 3.21                                | 0.04 | 0.65 | 2.24 | 4.21              | 2.23             | 0.45   | 0.05                          | 99.78  | 23  | 194 | 1321 |
| <b>Шток</b>  |                  |                  |                                |                                     |      |      |      |                   |                  |        |                               |        |     |     |      |
| <i>Плаггиогранитная ассоциация (468 ± 15 млн лет)</i>                        |                  |                  |                                |                                     |      |      |      |                   |                  |        |                               |        |     |     |      |
| PM-43-07   | 73.57            | 0.14             | 14.20                          | 1.25                                | 0.02 | 0.24 | 1.14 | 5.36              | 2.96             | 0.78   | 0.08                          | 99.74  | —   | —   | —    |
| PM-42-07   | 74.35            | 0.08             | 13.87                          | 0.78                                | 0.03 | 0.20 | 1.28 | 4.92              | 2.68             | 0.58   | 0.10                          | 98.87  | 52  | 120 | 927  |
| PM-41-07   | 74.98            | 0.14             | 14.20                          | 0.68                                | 0.01 | 0.21 | 0.91 | 4.79              | 3.03             | 0.59   | 0.09                          | 99.62  | 49  | 138 | 803  |

шенное значение возраста (по отношению  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ), равное  $468 \pm 15$  млн лет ( $\text{СКВО} = 0.25$ ), принимается пока только как предварительное значение оценки возраста кристаллизации исходного для плаггиогранитов расплава.

### ПЕТРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД

Петрохимическая характеристика интрузивных ассоциаций, выделенных в составе Бумбатхаирханского арела, основана на более 100 силикатных анализах. В табл. 3 приведены только представительные анализы пород, охватывающие все петрографические разновидности выделенных гранитоидных ассоциаций. Петрохимические особенности состава пород этих ассоциаций представлены на рис. 5 и 6.

Петрохимические исследования гранитоидных ассоциаций Бумбатхаирханского и Гундгузинского плутонов, а также серии массивов хр. Баяны-Цаганы-Нуру показали, что они по своим характеристикам отвечают гранитоидам известково-щелочной серии. В этом отношении они имеют сходство с гранитоидами северной части Озерной зоны Западной Монголии (Хиргиснурской и Харанурской арелы, см. рис. 2), где также основное развитие на всех возрастных уровнях имеют диорит-тоналит-плаггиогранитные ассоциации известково-щелочной серии. На вариационных диаграммах в координатах  $\text{SiO}_2$ — $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  и  $\text{SiO}_2$ — $\text{K}_2\text{O}$  (см. рис. 5, 6) они попадают в поле состава гранитоидов нормального ряда с низкими и умеренными содержаниями  $\text{K}_2\text{O}$ , характерными для тоналитов и трондъемитов, и на диаграмме  $\text{A/CNK}$ — $\text{A/NK}$  занимают промежуточное положение между метаглиноземистыми и пересыщенными глиноземом гранитоидами (см. табл. 3, рис. 5).

Несмотря на столь общее сходство состава описанных выше породных ассоциаций, между собой они имеют отличительные особенности, которые выражаются как в различиях общей щелочности и калиевости, и ряде других петрогенных компонентов, в характере эволюционной направленности той или иной ассоциации, так и в концентрациях литофильных элементов (Rb, Sr, Ba). Так, например, в Бумбатхаирханском плутоне (см. рис. 5), где выделяются плаггиогранитоидные ассоциации различных воз-

растных уровней, островодужные плагиогранитоиды (плагиогранитная и диорит-тоналит-плагиогранитная ассоциации) имеют существенно более низкие содержания  $K_2O$ , Ba и более высокие  $Na_2O$ , в отличие от пород аккреционно-коллизийного этапа (диорит-тоналит-плагиогранитная ассоциация). При этом последние характеризуются закономерным увеличением  $K_2O$  и концентраций Rb, Ba и снижением Sr с ростом кремнекислотности пород, в то время как островодужные плагиогранитоиды не обнаруживают такой четкой зависимости.

Диорит-тоналит-плагиогранитные ассоциации аккреционно-коллизийного этапа в Гундгузинском плутоне по уровню общей щелочности и калиевости практически не отличаются друг от друга и, как видно на диаграммах  $SiO_2-(Na_2O + K_2O)$  и  $SiO_2-K_2O$ , образуют одинаковые тренды в направлении увеличения этих компонентов при возрастании кремнекислотности пород (см. рис. 6). Исключение составляют только различия в уровне глиноземистости пород, а именно интрузивные образования ранней диорит-тоналит-плагиогранитной ассоциации в этом плутоне, как видно на диаграмме  $A/CNK-A/NK$  (см. рис. 6), отвечают гранитоидам метаглиноземистого типа, тогда как породы поздней диорит-тоналит-плагиогранитной ассоциации располагаются в поле составов гранитоидов высокоглиноземистого типа. В этом отношении они существенно отличаются и от пород диорит-тоналит-плагиогранитной ассоциации аналогичного состава и возраста в Бумбатхаирханском плутоне (см. рис. 5).

Плагиограниты, наблюдаемые в составе небольшого штока (плагиогранитная ассоциация) хр. Баяны-Цаганы-Нуру, являются наиболее поздними интрузивными образованиями в Бумбатхаирханском очаговом ареале. Они характеризуются более высоким уровнем общей щелочности и калиевости (см. табл. 3, рис. 5), в отличие от вышеописанных плагиогранитоидных ассоциаций. Последнее обстоятельство связано с широким развитием в этих породах зон грейзенизации.

Более детальная геохимическая характеристика и Sr-Nd систематика гранитоидных ассоциаций, участвующих в строении Бумбатхаирханского очагового ареала, будет дана в следующей статье.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Таким образом, результаты исследований, проведенных в Бумбатхаирханском очаговом ареале центральной части Озерной зоны Западной Монголии, позволили установить, что они имеют сложное строение и представляет собой совокупность сближенных в пространстве крупных полихронных плутонов и мелких интрузивов. Установлено, что каждый плутон имеет свою историю развития магматизма и включает различные по возрасту, вещественному составу и условиям формирования гранитоидные и габброидные ассоциации. В этом отношении этот магматический ареал имеет сходство с Хиргиснурским и Харанурским ареалами раннепалеозойского интрузивного магматизма (см. рис. 2), расположенными в северной части Озерной зоны [Руднев и др., 2009а,б].

Геологические исследования Бумбатхаирханского очагового ареала (см. рис. 3) показали, что в его составе выделяются два крупных плутона (Бумбатхаирханский и Гундгузинский) и ряд мелких интрузивов (сателлитов), расположенных вблизи них. В составе этих плутонов выделяются гранитоидные и габброидные ассоциации, формирование которых происходило на различных возрастных уровнях и геодинамических обстановках. Данные изотопно-геохронологических исследований магматических ассоциаций в этом ареале показали, что их формирование происходило в диапазоне от 551 до 465 млн лет. В этом возрастном диапазоне выделяются два этапа проявления интрузивного магматизма, отражающие различную историю развития этого сегмента Озерной зоны Западной Монголии — островодужный (551—524 млн лет) и аккреционно-коллизийный (511—465 млн лет).

Островодужный этап интрузивного магматизма в Бумбатхаирханском ареале проявился в небольших масштабах и представлен серией мелких массивов, расположенных в урочище Баяны-Цаганы-Нуру (массив Три Холма), и рядом массивов, входящих в состав Бумбатхаирханского плутона. Наиболее ранними интрузивными образованиями являются породы диорит-тоналит плагиогранитной ассоциации массива Три Холма известково-щелочной серии, имеющие возраст  $551 \pm 13$  млн лет. Следует отметить, что время формирования пород этой плагиогранитоидной ассоциации близко соотносится с возрастом (в пределах аналитической ошибки), полученным по островодужным вулканитам андезитового состава ( $546 \pm 3$  млн лет), развитым в этом регионе [Коваленко и др., 2004]. Наиболее поздние этапы развития островодужного магматизма в этом очаговом ареале зафиксированы на примере габброидов Баянцаганского массива ( $535 \pm 15$  млн лет [Хаин и др., 1995]) плагиогранитной ( $535 \pm 6$  млн лет) и диорит-тоналит-плагиогранитной ( $524 \pm 10$  млн лет) ассоциаций известково-щелочной серии в Бумбатхаирханском плутоне [Руднев и др., 2009б]. Близкий возраст ( $518 \pm 4.9$  млн лет, Ar-Ar) имеет и медное оруденение, широко проявленное в Бумбатхаирханском плутоне в кварцевых жилах и зонах калишпатизации и серитизации гранитов. Плагиограниты такого возраста и состава являются не единственными в Озерной зоне и наблюдаются в Харанурском ( $531 \pm 10$  и  $529 \pm 6$  млн лет) и Шаратологойском полихронных плутонах ( $519 \pm 8$  млн лет), расположенных севернее (см. рис. 2) [Руднев и др., 2009а]. Вместе с тем подобные ассоциации отмечаются в составе Восточно-Таннуольского батолита ( $522—519$  млн лет) в Южной

Туве и Майнском плутоне ( $524 \pm 4$  млн лет) (см. рис. 1) в Северо-Саянской зоне Западного Саяна [Руднев и др., 2005, 2008б; Монгуш и др., 2011] и, по всей вероятности, также отражают время завершения островодужного магматизма в АССО и Западной Монголии. В то же время авторы статьи не исключают возможности и того факта, что островодужный магматизм в Озерной зоне имеет более продолжительную историю, в отличие от сопредельных регионов, и, как показано в работе [Ярмолюк и др., 2011] на примере плагиогранитов Западно-Баянхаирханского массива (см. рис. 2), завершился к рубежу 514 млн лет.

С аккреционно-коллизионным этапом развития Озерной зоны связано наиболее широкое проявление интрузивного магматизма. В Бумбатхаирханском ареале этот этап выразился в образовании крупных плутонов (Бумбатхаирханский, Гундгузинский) и мелких интрузий, площадное развитие которых значительно шире, чем таковые на островодужном этапе. Результаты геологических и геохронологических исследований интрузивных образований Бумбатхаирханского и Гундгузинского плутонов и их сателлитов свидетельствуют, что интрузивный магматизм (гранитоиды и габброиды) аккреционно-коллизионного этапа в этих плутонах прослеживается в диапазоне от 511 до 468 млн лет. Столь широкомасштабное гранитообразование, проявившееся на этом этапе развития региона, связано главным образом с мощным тепловым прогревом низов коллизионного сооружения вследствие внедрения базитовых (мантийных) расплавов. При этом базитовый магматизм приблизительно на 5—10 млн лет опережает гранитоидный. Наиболее наглядно взаимосвязь базитового и гранитоидного магматизма на аккреционно-коллизионном этапе в этом ареале прослеживается на примере Бумбатхаирханского плутона, где к ранним интрузивным образованиям относятся породы перидотит-пироксенит-габброноритовой ассоциации Хаирханского массива ( $511 \pm 7$  млн лет), а несколько позднее ( $507 \pm 5$  млн лет) происходило становление пород диорит-тоналит-плагиогранитной ассоциации известково-щелочной серии [Руднев и др., 2009б]. Аналогичная возрастная синхронизация интрузивного магматизма прослеживается и в Гундгузинском плутоне, в котором вслед за габброидами (перидотит-пироксенит-габброноритовая ассоциация) происходило последовательное формирование диорит-тоналит-плагиогранитных ассоциаций известково-щелочной серии близкого возраста ( $505 \pm 7$  и  $511 \pm 5$  млн лет). Следует добавить, что такая последовательность становления относительно близких по возрасту базитовых и гранитоидных интрузий характерна и для других магматических ареалов Озерной зоны [Руднев и др., 2009а,б].

К более позднему интрузивным образованиям аккреционно-коллизионного этапа в Бумбатхаирханском ареале относятся породы плагиогранитной ассоциации известково-щелочной серии ( $468 \pm 15$  млн лет), наблюдаемые в составе небольшого штока хр. Баяны-Цаганы-Нуру. Вероятнее всего, что с этим этапом связано формирование Cu-Mo (Au) оруденения в Бумбатхаирханском ареале, возраст которого, по данным Ag-Ag датирования слюд из рудных жил, составляет  $455.8 \pm 4.3$  млн лет.

В целом, учитывая масштабы развития магматизма и возрастную последовательность формирования интрузивных ассоциаций на аккреционно-коллизионном этапе в Бумбатхаирханском ареале, можно отметить, что основной объем гранитообразования приходится на рубеж 511—500 млн лет. Исследования, проведенные в других магматических ареалах Озерной зоны, в частности, в Хиргиснурском ареале, также свидетельствуют о максимальном развитии гранитоидного магматизма в интервале 500—490 млн лет [Коваленко и др., 2004; Руднев и др., 2009а].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты геологических исследований раннепалеозойских интрузивных ассоциаций Бумбатхаирханского ареала свидетельствуют о сложной истории его развития. В этом ареале выделяется ряд крупных полихронных плутонов (Бумбатхаирханский, Гундгузинский и их сателлиты). В строении этих плутонов принимают участие гранитоидные и габброидные ассоциации, различающиеся вещественным составом, возрастом и геодинамическими обстановками формирования.

Данные геохронологических исследований свидетельствуют, что формирование гранитоидных и габброидных ассоциаций в Бумбатхаирханском ареале происходило в интервале от 551 до 465 млн лет. В этом возрастном диапазоне выделяются два рубежа интрузивного магматизма, отвечающие двум главным этапам развития Озерной зоны: островодужный — 551—524 млн лет и аккреционно-коллизионный — 511—465 млн лет. На всех возрастных рубежах основной объем составляют плагиогранитоидные ассоциации, максимальное проявление которых прослеживается в диапазоне 511—500 млн лет. Столь широкое проявление гранитоидного магматизма на аккреционно-коллизионном этапе тесно взаимосвязано с широким проявлением близодновременного базитового магматизма, предшествующего гранитоидному.

Петрографические и петрохимические исследования гранитоидов островодужного и аккреционно-коллизионного этапов в Бумбатхаирханском ареале свидетельствуют о преимущественном развитии среди них диорит-тоналит-плагиогранитных ассоциаций известково-щелочной серии.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 10-05-00474, 10-05-00730), Президиума СО РАН (ОНЗ № 9.2) и Совета при Президенте РФ (НШ-65458.2010.5, МК-4851.2011.5).

#### ЛИТЕРАТУРА

**Баатархуяг А., Гансух Д.** Геологическая карта Монгольской народной республики масштаба 1:200 000. Лист М-46-III, IX. Объяснительная записка. Улан-Батор, 1993, 350 с.

**Борисенко А.С., Гаськов И.В., Бабич В.В., Лобанов К.В., Оролмаа Д., Изох А.Э.** Этапность рудообразования Бумбатского рудного узла Озерной зоны Монголии и связь ее с магматизмом // Материалы IV Российской конф. по изотопной геохронологии «Изотопные системы и время геологических процессов». СПб., Центр информационной культуры, 2009, т. 1, с. 82—84.

**Владимиров А.Г., Гибшер А.С., Изох А.Э., Руднев С.Н.** Раннепалеозойские гранитоидные батолиты Центральной Азии: масштабы, источники и геодинамические условия формирования // Докл. РАН, 1999, т. 369 (6), с. 795—798.

**Габброидные** формации Западной Монголии / Ред. В.А. Кутюлин. Новосибирск, Наука, 1990, 385 с.

**Гибшер А.С., Хаин Е.В., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Козаков И.К., Ковач В.П., Яковлева С.З., Федосеенко А.М.** Поздневендский возраст хантайширского офиолитового комплекса Западной Монголии // Геология и геофизика, 2001, т. 42 (8), с. 1179—1185.

**Гранитоидные** и щелочные формации в структурах Западной и Северной Монголии / Ред И.В. Лучицкий. М., Наука, 1975, 285 с.

**Диденко А.Н., Моссаковский А.А., Печерский Д.М., Руженцев С.В., Самыгин С.Г., Хераскова Т.Н.** Геодинамика палеозойских океанов Центральной Азии // Геология и геофизика, 1994, т. 35 (7/8), с. 59—75.

**Коваленко В.И., Ярмолюк В.В., Сальникова Е.Б., Карташов П.М., Ковач В.П., Козаков И.К., Козловский А.М., Котов А.Б., Пономарчук В.А., Листратова Е.Н., Яковлева С.З.** Халдзан-Буретгейский массив щелочных и редкометалльных магматических пород: строение, геохронология и геодинамическое положение в каледонидах Западной Монголии // Петрология, 2004, т. 12 (5), с. 467—494.

**Козаков И.К., Сальникова Е.Б., Бибилова Е.В., Кириозова Т.И., Котов А.Б., Ковач В.П.** О полихронности развития палеозойского гранитоидного магматизма в Тувино-Монгольском массиве: результаты U-Pb геохронологических исследований // Петрология, 1999, т. 7 (6), с. 631—643.

**Козаков И.К., Сальникова Е.Б., Хаин Е.В., Ковач В.П., Бережная Н.Г., Яковлева С.З., Плоткина Ю.В.** Этапы и тектоническая обстановка формирования комплексов ранних каледонид Озерной зоны Монголии: результаты U-Pb и Sm-Nd изотопных исследований // Геотектоника, 2002, № 2, с. 80—92.

**Кравцев А.В., Изох А.Э., Цукерник А.Б.** Интрузивный магматизм Озерной зоны (МНР) // Структурно-вещественные комплексы Юго-Восточной Тувы. Новосибирск, ИГиГ СО РАН, 1989, с. 26—44.

**Метелкин Д.В.** Структурное положение островных дуг центральной части Алтае-Санской складчатой области в кембрии по палеомагнитным данным: Автореф. дис. ... к.г.-м.н. Новосибирск, ОИГТМ СО РАН, 1998, 22 с.

**Монгуш А.А., Лебедев В.И., Ковач В.П., Сальникова Е.Б., Дружкова Е.К., Яковлева С.З., Плоткина Ю.В., Загорная Н.Ю., Травин А.В., Серов П.А.** Тектономагматическая эволюция структурно-вещественных комплексов Таннуольской зоны Тувы в позднем венде—раннем кембрии (на основе геохимических, Nd изотопных и геохронологических данных) // Геология и геофизика, 2011, т. 52 (5), с. 649—665.

**Палеозойский** гранитоидный магматизм Центрально-Азиатского складчатого пояса / Ред. Б.Г. Лутц. Новосибирск, Наука, 1981, 316 с.

**Плутонические** формации Тувы и их рудоносность / Ред. Г.В. Поляков. Новосибирск, Наука, 1984, 173 с. (Труды ИГГ СО РАН, Вып. 592)

**Руднев С.Н.** Раннепалеозойские габбро-гранитные серии Восточной Тувы: этапы и условия формирования // Материалы Третьей Международной конф. «Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения». Екатеринбург, ИГиГ УрО РАН, 2009, т. 2, с. 150—154.

**Руднев С.Н.** Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Алтае-Саянской складчатой области и Озерной зоны Западной Монголии: Автореф. дис. ... д.г.-м.н. Новосибирск, ИГиМ СО РАН, 2010, 32 с.

**Руднев С.Н., Владимиров А.Г., Пономарчук В.А., Крук Н.Н., Бабин Г.А., Борисов С.М.** Раннепалеозойские гранитоидные батолиты Алтае-Саянской складчатой области (латерально-временная зональность и источники) // Докл. РАН, 2004, т. 396 (3), с. 369—373.

**Руднев С.Н., Бабин Г.А., Владимиров А.Г., Крук Н.Н., Шокальский С.П., Борисов С.М., Травин А.В., Левченков О.А., Терлеев А.А., Куйбида М.Л.** Геологическая позиция, возраст и геохимическая модель формирования островодужных плагиогранитов Западного Саяна // Геология и геофизика, 2005, т. 46 (2), с. 170—187.

**Руднев С.Н., Владимиров А.Г., Пономарчук В.А., Бибикина Е.В., Сергеев С.А., Матуков Д.И., Плоткина Ю.В., Баянова Т.Б.** Каахемский полихронный гранитоидный батолит (В. Тува): состав, возраст, источники и геодинамическая позиция // Литосфера, 2006, № 2, с. 3—33.

**Руднев С.Н., Борисов С.М., Бабин Г.А., Левченков О.А., Макеев А.Ф., Серов П.А., Матуков Д.И., Плоткина Ю.В.** Раннепалеозойские батолиты северной части Кузнецкого Алатау: вещественный состав, возраст и источники // Петрология, 2008а, т. 16 (4), с. 421—448.

**Руднев С.Н., Дистанова А.Н., Лебедев В.И., Сугорова А.М., Бабин Г.А., Лепехина Е.Н., Матуков Д.И., Ларионов А.Н.** Возраст, состав и геодинамические условия формирования гранитоидов Восточно-Таннуольского батолита (Тува) // Материалы научн. совещ. «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)». Иркутск, Изд-во Института земной коры СО РАН, 2008б, вып. 6, т. 2, с. 68—70.

**Руднев С.Н., Изох А.Э., Ковач В.П., Шелепаев Р.А., Терентьева Л.Б.** Возраст, состав, источники и геодинамические условия формирования гранитоидов северной части Озерной зоны Западной Монголии: механизмы роста палеозойской континентальной коры // Петрология, 2009а, т. 17 (5), с. 470—508.

**Руднев С.Н., Ковач В.П., Изох А.Э., Борисенко А.С., Сальникова Е.Б., Анисимова И.В., Шелепаев Р.А., Родионов Н.В., Orihashi Y.** Раннепалеозойский интрузивный магматизм Озерной зоны Западной Монголии: U-Pb и Sr-Nd изотопные исследования гранитоидов и габброидов // Материалы IV Российской конф. по изотопной геохронологии «Изотопные системы и время геологических процессов». СПб., Центр информационной культуры, 2009б, т. 2, с. 128—131.

**Тектоника Монгольской народной республики / Ред. В.А. Кутолин.** М., Наука, 1974, 284 с.

**Тогтох Д., Баатархуяг А., Гансүх Д.** Геологическая карта Монгольской народной республики масштаба 1:200 000. Лист М-46-Х (Дарив). Объяснительная записка. Улан-Батор, 1993, 320 с.

**Хаин Е.В., Амелин Ю.В., Изох А.Э.** Sm-Nd данные о возрасте ультрабазит-базитовых комплексов в зоне субдукции Западной Монголии // Докл. РАН, 1995, т. 341 (6), с. 791—796.

**Цукерник А.Б., Иванов Ю.Г., Кравцев А.В.** Геологическая карта Монгольской народной республики масштаба 1:200 000. Лист М-46-IV (Дургэ-Нур). М., Всесоюзное экспортно-импортное объединение «Техноэкспорт», 1982, 480 с.

**Шокальский С.П., Бабин Г.А., Владимиров А.Г., Борисов С.М., Гусев Н.И., Токарев В.Н., Зыбин В.А., Дубский В.С., Мурзин О.М., Кривчиков В.А., Крук Н.Н., Руднев С.Н., Федосеев Г.С., Титов А.В., Сергеев В.П., Лихачев Н.Н., Мамлин А.Н., Котельников Е.И., Кузнецов С.А., Зейферт Л.Л., Яшин В.Д., Носков Ю.С., Уваров А.Н., Федак С.И., Гусев А.И., Выставной С.А.** Корреляция магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000, 188 с.

**Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Ковач В.П., Рыцк Е.Ю., Козаков И.К., Котов А.Б., Сальникова Е.Б.** Ранние стадии формирования Палеоазиатского океана: результаты геохронологических, изотопных и геохимических исследований позднерифейских и венд-раннекембрийских комплексов Центрально-Азиатского складчатого пояса // Докл. РАН, 2006, т. 410 (5), с. 657—662.

**Ярмолюк В.В., Ковач В.П., Коваленко В.И., Сальникова Е.Б., Козловский А.М., Котов А.Б., Яковлева С.З., Федосеев А.М.** Состав, источники и механизмы формирования континентальной коры Озерной зоны каледонид Центральной Азии: I. Геологические и геохронологические данные // Петрология, 2011, т. 19 (1), с. 83—107.

**Badarch G., Cunningham W.D., Windley B.F.** A new terrane subdivision for Mongolia: implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia // J. Asia Earth Sci., 2002, v. 21, p. 87—104.

**Black L.P., Kamo S.L., Allen C.M., Aleinikoff J.N., Davis D.W., Korsch R.J., Foudoulis C.** TEMORA 1: a new zircon standard for U-Pb geochronology // Chem. Geol., 2003, v. 200, p. 155—170.

**Dergunov A.B., Kovalenko V.I., Ruzhentsev S.V., Yarmolyuk V.V.** Tectonics, magmatism, and metallogeny of Mongolia. London, New York, Routledge, 2001, 288 p.

**Ludwig K.R.** User's manual for Isoplot/Ex, Version 2.10. A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 1999, № 1а.

**Ludwig K.R.** SQUID 1.00. A User's Manual. Berkley Geochronology Center Special Publication, 2000, № 2.

**Miyashiro A.** Volcanic rocks series in island arcs and active continental margins // Amer. J. Sci., 1974, v. 274, p. 321—355.

**O'Connor J.T.A.** A classification for quartz-rich igneous rock based on feldspar ration // U.S. Surv. Prof. Paper., 1965, v. 52B, p. B79—B84.

**Orihashi Y., Nakai S., Hitara T.** U-Pb age determination for seven standard zircon using inductively coupled plasma-mass spectrometry coupled with frequency quintupled Nd-YAG ( $\lambda = 213$  nm) laser ablation system: comparison with LA-ICP-MS zircon analyses with a NIST glass reference material // Res. Geol., 2008, v. 58 (2), p. 145—167.

**Williams I.S.** U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes / Eds. M.A. McKibben, W.C. Shanks, W.I. Ridley // Rev. Econ. Geol., 1998, v. 7, p. 1—35.

*Рекомендована к печати 15 сентября 2011 г.  
Н.П. Похиленко*

*Поступила в редакцию  
26 мая 2011 г.*