

ВОЗРАСТНЫЕ ДИАПАЗОНЫ ЦИРКОНОВ КАМЧАТСКО-КОРЯКСКОГО РЕГИОНА (ПО ДАННЫМ ЦИРКОНОВОЙ ГЕОХРОНОЛОГИИ)

З.Г. Бадрединов¹, Б.А. Марковский²

¹ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, пр-т 100 лет Владивостоку 159, г. Владивосток, 690022; e-mail: badre9@mail.ru

²ФГУП Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, Средний пр-т 74, г. Санкт-Петербург, 199106; e-mail: NRS@vsegei.ru

Поступила в редакцию 12 апреля 2024 г.

Обобщены данные о времени кристаллизации цирконов Камчатско-Коряцкого региона магматического и метаморфического генезиса по результатам изотопной хронометрии 430 зерен циркона. Верхний временной предел при использовании геохронологических данных ограничивался средним эоценом (40 млн лет). Интервалы цирконообразования имеют значения (млн лет): 3200, 2700–2600, 2000–1800, 1600–1500, 1100–1050, 540–390, 350–180, 100–48. Цирконы с характерными для метаморфогенного минералообразования пониженными отношениями Th/U формируют кластеры (млн лет): 2700–2600, 1900–1800, 890–848, 343–320, 167–130, 79–73, 54–49. Наиболее древние цирконы с возрастами 3.2, 2.7, 1.9, 1.6, 0.5 млрд лет выявлены среди ксеногенных цирконов позднемиоценовых габброидных массивов Центральной и Восточной Камчатки (Юрчикский, Атвенайваемский и Оленегорский массивы), а также среди детритовых цирконов мел-нижнепалеогеновых метаосадочных образований Срединного, Ганальского хребтов (Центральная Камчатка), хребта Пенсантайн (Западная Камчатка), о. Карагинский (Восточная Камчатка) и терригенных отложений укэлятского флиша (Центральная Корьякия).

Ключевые слова: цирконы, возраст, радиоизотопный, метаморфизм Корьякия, Камчатка.

ВВЕДЕНИЕ

Задачей исследований являлось систематизация данных по изотопной геохронометрии цирконов Камчатско-Коряцкого региона, полученных авторами статьи в процессе работ над созданием Гостеолкарты м-ба 1:1 000 000 третьего поколения (ГК-1000/3, листы N-57, O-57, O-58, P-58, P-59), а также данных, заимствованных из геологической литературы. Верхний временной предел при использовании геохронологических датирований ограничивался средним эоценом (40 млн лет)

Район исследований охватывает Камчатский полуостров и прилегающее к нему Корьякское нагорье. Его положение на геологической схеме Северо-Востока Азии [34] обозначено как Камчатско-Корьякская складчатая область. Авторы статьи опирались в своих геологических описаниях на структурно-формационное районирование Камчатско-Корьяцкого региона, взяв за основу схему, разработанную составителями карты полезных ископаемых [12] (рис. 1). Согласно

этой схеме, Камчатка делится на следующие структурно-формационные зоны (СФЗ): Западно-Камчатскую, Центрально-Камчатскую, Восточно-Камчатскую и Южно-Камчатскую, а Корьякское нагорье – на Пенжинскую, Центрально-Корьякскую, Олюторскую и Хатырскую. Границы между зонами приняты с учетом их геологического строения и данных геофизики.

Методика исследований включала в себя систематизацию и статистическую обработку материалов по цирконометрии пород Камчатки и Корьякии с построением графиков распределения возрастов цирконов, отражающих импульсы эндогенной активности. Верхний временной предел при использовании результатов изотопной геохронометрии ограничивался средним эоценом (40 млн лет). В выборке учтены данные по изотопной хронометрии 430 зерен циркона. Из них 234 датирования приходятся на породы Центрально-Камчатской СФЗ, 64 – Восточно-Камчатской и 56 – Западно-Камчатской. Авторы статьи не располагают сведениями по цирконометрии пород Южно-Камчатской СФЗ, за исключением метаморфических

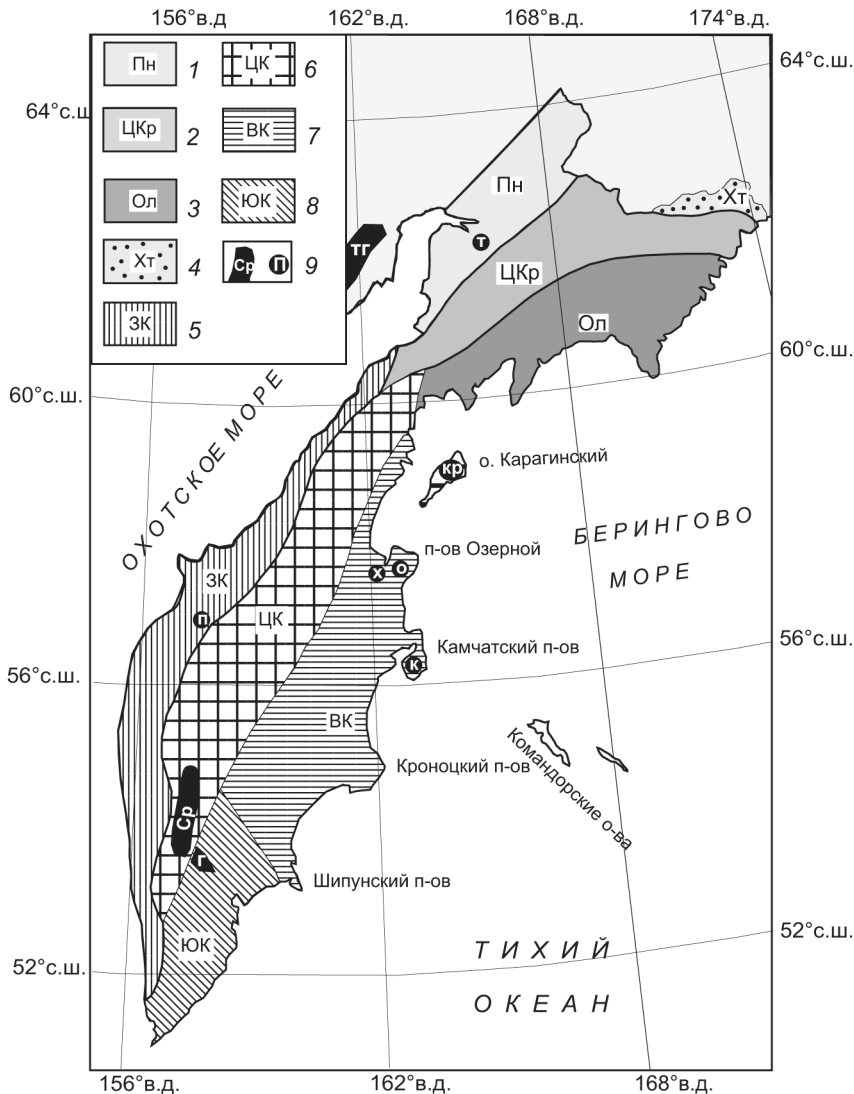


Рис. 1. Схема районирования Корякско-Камчатской складчатой области, по [12], с дополнениями.

1–8 – структурно-формационные зоны Корякско-Камчатской складчатой области: 1 – Пенжинская (Пн), 2 – Центрально-Корякская (ЦКр), 3 – Олюторская (Ол), 4 – Хатырская (Хт), 5 – Западно-Камчатская (ЗК), 6 – Центрально-Камчатская (ЦК), 7 – Восточно-Камчатская (ВК), 8 – Южно-Камчатская (ЮК); 9 – выступы метаморфических пород: Ср – Срединный, Г – Ганальский, П – Пенсантаинский, К – Камчатского мыса, Х – Хавывенский, Кр – Карагинский, О – Озерновский, Т – Таловский, Тг – Тайгоносский.

образований ганальской серии и габбро Юрчикского массива, данные по которым объединены с данными Центрально-Камчатской СФЗ. Таким образом, для территории Камчатки систематизированы материалы по цирконометрии пород трех структурно-формационных зон: Восточной, Центральной и Западной.

Данные по цирконометрии пород Корякии ограничены (76 датировок) и приведены в обобщенном виде для всей территории этого региона.

Геохронометрия цирконов из коллекции образцов авторов осуществлялась U–Pb методом на масс-спектрометре SHRIMP-II в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ по методике, изложенной в [41].

Дополнительно к изотопным методам геохронометрии пород, привлекались данные палеонтологического датирования вулканогенно-осадочных отложений по микрофауне (преимущественно радиолариям) обнаруживаемой в горизонтах осадочных

пород, переслаивающихся с вулканическими образованиями.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Восточно-Камчатская СФЗ

Восточно-Камчатская структурно-формационная зона охватывает территории Центрально-Камчатской депрессии, о. Карагинский, Восточно-Камчатского горстантиклиория и зоны Восточных полуостровов (рис. 1). Геологическое строение зоны отражено в материалах [7, 10]. Основная часть этой территории сложена молодыми вулканическими и осадочными породами (моложе 40 млн лет). Площадь выходов пород досреднеэоценового возраста не превышает 20 %. Они представлены позднемиловыми и раннепалеогеновыми вулканогенными образованиями базальтового состава. Подчиненную роль среди пород досреднеэоценового возраста иг-

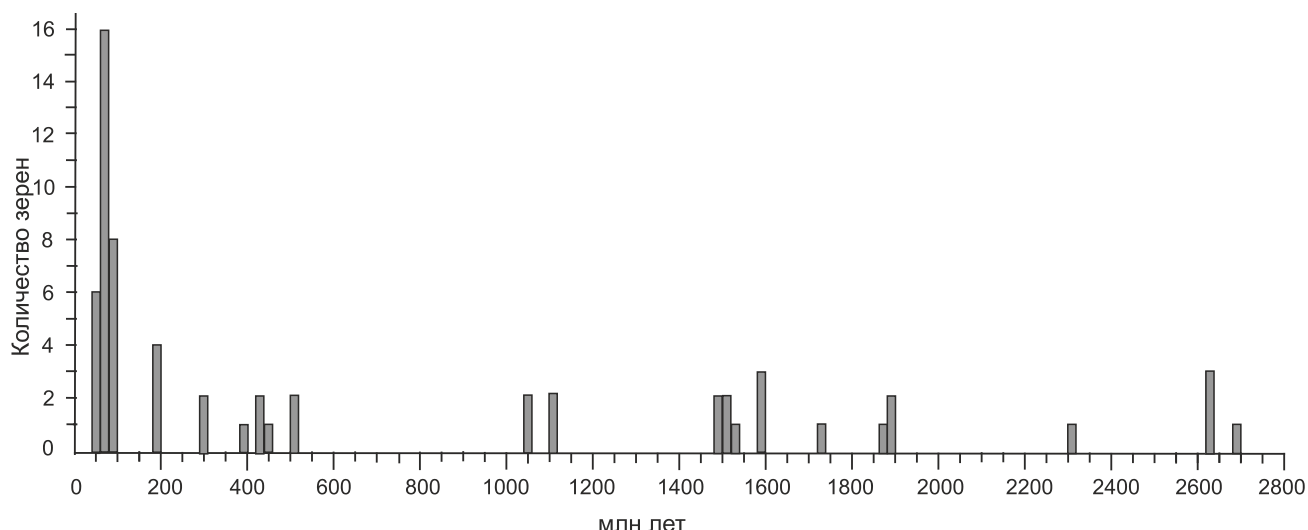


Рис. 2. График распределения возрастов цирконов метаморфических, магматических и осадочных пород Восточно-Камчатской СФЗ (64 датирования).

рают ультраосновные вулканиты, терригенные отложения и кремни. Геологическое залегание стратифицированных образований осложнено надвигами. Распространены габбро-гипербазитовые массивы офиолитовой природы (карагинский plutонический комплекс [7]), а также интрузии габброидов и габбродiorитов, не связанных с офиолитами (останцовский plutонический комплекс [10]). Метаморфические породы слагают сравнительно небольшие тектонические выступы среди стратифицированных вулканогенно-осадочных отложений. Такие выступы установлены на Хавывенской возвышенности, острове Карагинском, полуостровах Озерной и Камчатский (рис. 1). Наиболее крупным является Хавывенский выступ, расположенный в северной части Центрально-Камчатской депрессии, площадь которого составляет 150 км².

Для выявления временных интервалов привлекались данные по цирконометрии пород Хавывенской возвышенности (метавулканиты хавывенской серии и интрузии габбро), острова Карагинский (метавулканиты гнунваямской серии, интрузии габбро и неметаморфизованные вулканогенные отложения хапичской свиты) и полуострова Камчатский (Оленегорский габбро-гипербазитовый массив) [7, 10, 18, 31–33]. На рис. 2 суммированы результаты датирования цирконов указанных районов.

Из данных рисунка (рис. 2) следует, что диапазон возрастов цирконов, извлеченных из метаморфических, магматических и осадочных пород Восточно-Камчатской СФЗ, варьирует от позднего архея до раннего палеогена с кластерами: 2700–2600,

1900–1850, 1600–1500, 1100–1050, 500–390, 300, 180 и 100–48 млн лет.

Цирконы возрастного диапазона 53–48 млн лет, извлеченные из метаморфических пород Хавывенской возвышенности (хавывенская серия) и о-ва Карагинский (гнунваямская серия) [7, 31] отвечают периоду метаморфизма, синхронного, по данным [40], этапу тектонической коллизии восточной окраины Азиатского континента с энсиматической островной дугой. Возраст протолитов метаморфических пород Хавывенской возвышенности (вулканиты кислого и основного состава) – 100 ± 12 млн лет. Возраст протолитов метаморфических пород о. Карагинский (вулканиты основного состава) по данным изотопной хронометрии цирконов – 180–190 млн лет [7, 31]. Верхний возрастной предел протолитов метавулканитов мыса Камчатский (туфы и лавы базальтов) ограничен значением 74 млн лет [32].

Плутонические образования Восточной Камчатки датируются акцессорными цирконами с временем формирования: 102–99 млн лет (габбро, Хавывенская возвышенность) [31]; 74 млн лет (плагитогранит, мыс Камчатский) [18]; 70 млн лет (габбро, о-в Карагинский) [7, 32] и 64 млн лет (габбро, мыс Камчатский) [33].

Древние ксеногенные цирконы (1.9, 2.63, 2.72 млрд лет) выявлены в габброидах Оленегорского массива (мыс Камчатский), возраст которого датируется ранним палеогеном [7, 33]. Кроме этого, возрастной спектр детритовых цирконов из метаморфизованных осадочно-вулканогенных отложений острова Карагинский (гнунваямская серия), включает значения 300 и 400–500 млн лет [32].

Мезозой-кайнозойский этап в досреднеэоценовой истории геологического развития Восточно-Камчатской СФЗ, являющийся определяющим в формировании этой структуры, включает в себя четыре импульса эндогенной термальной активности, фиксируемых по кристаллизации акцессорных цирконов и проявлению вулканизма, датируемого палеонтологическими методами. Первый импульс охватывает временной интервал 190–180 млн лет. Цирконы раннеюрского возраста присутствуют в преобладающих количествах в составе метаморфических пород гнунваямской серии острова Карагинский [32] и являются наиболее молодыми цирконами, обнаруженными в этих породах. Учитывая исходный вулканогенный состав отложений гнунваямской серии, логично предположить, что цирконы наиболее молодой возрастной группы (180 млн лет) попали в эти отложения в процессе вулканических извержений. Обоснование возраста протолитов метавулканитов гнунваямской серии рассмотрено в публикации [31].

Второй импульс эндогенной термальной активности отвечает границе раннего и позднего мела (110–100 млн лет). Этот период, по данным [32], ознаменовался извержением вулканитов среднего и кислого состава с геохимическими признаками вулканизма окраинно-континентального типа, а также становлением габброидных массивов (102–99 млн лет) [7], прорывающих эти вулканиты. Метаморфизованные образования кислых вулканитов обнажаются на Хавывенской возвышенности, слагая нижнюю толщу хавывенской серии, и по геофизическим данным простираются на юго-восток в виде линейной зоны, формируя нижний структурный ярус Центрально-Камчатской депрессии [1, 26]. Третий импульс (90–60 млн лет) проявился формированием изверженных пород базальт-пикритового и базальтового состава (валлагинская, столбовская и кроноцкая серии, хапицкая свита), широко распространенных в Восточно-Камчатском горстантиклинории и на восточных полуостровах [7, 10]. Возраст основных вулканитов установлен палеонтологическими методами (сантон–дат) и подтвержден К-Аг возрастом слюд (70, 80 млн лет), извлеченных из ультраосновных лав [21]. В этот же временной диапазон (74–64 млн лет) происходило становление габброидных массивов, откартированных на Хавывенской возвышенности, о. Карагинском и п-ове Камчатском (карагинский габбро-дунит-гарцбургитовый плутонический комплекс [7, 15, 31]).

Заключительный импульс досреднеэоценовой мезозой-кайнозойской термальной активности Восточно-Камчатской СФЗ связан с метаморфизмом. Время его проявления, по данным цирконометрии ме-

таморфических пород, отвечает интервалу 53–49 млн лет, что синхронно периоду интенсивных тектонических процессов, происходивших в зоне взаимодействия континентальной и океанической плит [40].

Центрально-Камчатская СФЗ

Границы Центрально-Камчатской структурно-формационной зоны совпадают с контурами Срединно-Камчатского горст-антиклинория, протягивающегося вдоль осевой части Камчатского полуострова от Срединного хребта на юге до Лесновского поднятия на севере (рис. 1).

Особенностью геологического строения Центральной Камчатки является присутствие здесь наиболее крупных выступов метаморфических пород, обнажающихся в разрезах Срединного и Ганальского хребтов. Последний, несмотря на то, что отнесен составителями карты [12] к Южно-Камчатской структурно-формационной зоне (рис. 1), характеризуется высокой сопоставимостью метаморфических образований с одновозрастными метаморфическими породами Срединного хребта [14, 31]. Это позволяет объединять метаморфические комплексы Срединного и Ганальского хребтов в один метаморфический комплекс с возрастом протолитов 107–100 млн лет и временем метаморфизма 51–49 млн лет [10, 14, 40]. В качестве протолитов метаморфических образований реконструируются терригенные отложения (колпаковская, камчатская, малкинская и ганальская серии) с подчиненной ролью вулканогенных (алисторская, химкинская, барабская, вахталкинская и дьявольская свиты). Неметаморфизованные и слабометаморфизованные породы Центральной Камчатки представлены верхний мел–нижнепалеогеновыми флишоидными отложениями, выделенными в хозгонскую свиту и лесновскую серию, и толщами позднемеловых вулканитов основного состава (ирунейская, кирганинская свиты), имеющих с метаморфическими породами тектонические контакты. Плутонический комплекс пород объединяет в себе крупные интрузии гранитоидов (Кольская и Крутого-ровская интрузии), дунит-клинопироксенит габбровые интрузии (массивы левоандриновского комплекса на юге и Атвенайваямский массив на севере) массивы расслоенных базитов (Дукук, Куловорог, Шануч, Квинум, Юрчик) и малообъемные интрузии и силлы основного и кислого составов [10, 19, 32]. Этап проявления плутонического магматизма охватывает интервал от позднего мела до раннего палеогена.

Для выявления временных интервалов авторы опирались на данные цирконометрии метаморфических, магматических и осадочных образований Срединного [6, 10, 19, 30, 40] и Ганальского [14, 20, 25, 30, 38] хребтов. Дополнительно привлекались

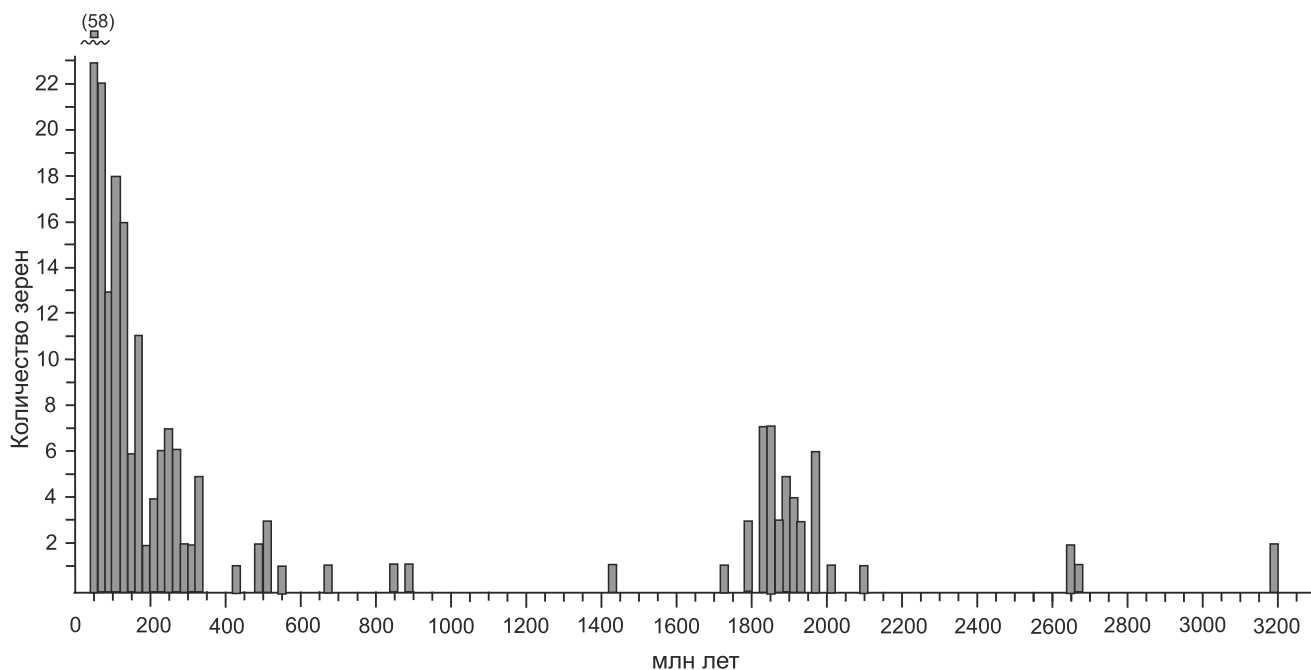


Рис. 3. График распределения возрастов цирконов метаморфических, магматических и осадочных пород Центрально-Камчатской СФЗ (234 датирования).

материалы по цирконометрии пород северной части Центрально-Камчатской СФЗ (атвенайваямский дунит-клинопироксенит-габбровый и шаманкинский диорит-гранодиоритовый интрузивные комплексы) [7, 8] и результаты трекового определения возраста детритовых цирконов из флишевых отложений Лесновского поднятия [28], с учетом специфики трекового датирования. Этот метод датирования не позволяет определять возраст цирконов древнее 500 млн лет, а также возраст цирконов с высокими содержаниями урана.

Данные по цирконометрии метаморфических, магматических и терригенных пород старше 40 млн лет Центрально-Камчатской СФЗ обобщены на рис. 3 (без учета данных трекового датирования). Они охватывают возрастной диапазон от архея до раннего палеогена с пиковыми значениями (млн лет): 3200, 2700–2650, 2050–1720, 1440, 880, 680, 550–420, 340–200, 160–48. В пределах этого диапазона выделяются три этапа кристаллизации цирконов (млн лет): 2700–2650, 2050–1720, 340–48, и три периода «цирконового затишья» длительностью около 500 млн лет каждый: 3200–2700, 2650–2050, 1400–900.

Наиболее древние цирконы с возрастaми 3.2, 2.7, 1.9, 1.4 млрд лет выявлены среди ксеногенных цирконов габброидных плутонов, расположенных в Ганальском хребте (Юрчикский массив) [20] и на севере Центрально-Камчатской СФЗ (Атвенайваямский мас-

сив) [8], а также среди детритовых цирконов метатерригенных пород Срединного и Ганальского хребтов (камчатская, малкинская, колпаковская и ганальская серии) с нижним пределом осадконакопления 107–100 млн лет [32, 40]. Кроме того, древние цирконы присутствуют в слабометаморфизованных терригенных отложениях Срединного хребта, объединенных в хозгонскую свиту, наиболее молодые цирконы которой имеют возраст 58–52 млн лет [40]. Наличие древних цирконов также предполагается для терригенных отложений лесновского флиша [28].

Относительно ксеногенных древних цирконов Юрчикского массива, охарактеризованных в работе [20], следует подчеркнуть, что эти данные были подвергнуты сомнению в более поздней публикации [38] на том основании, что авторы публикации не выявили древних цирконов в исследованных ими породах Ганальского хребта. Однако последующее изучение отложений ганальской серии, выполненное В.К. Кузьминым [14], подтвердило присутствие здесь цирконов архейского возраста.

Сингенетичные акцессорные цирконы, извлеченные из интрузивных пород, прорывающих терригенные отложения метаморфического комплекса Центральной Камчатки, формируют два временных импульса. В первый (83–76 млн лет) произошло внедрение гранитов (крутогоровский и кольский комплексы Срединного хребта) [19], а также габброидов

ранней фазы Юрчикского массива Ганальского хребта (85 млн лет) [25]. Во второй (68–46 млн лет) – становление расслоенных габбро-гипербазитовых массивов (Дукук, Куволорог, Квинум, Шануч) [10, 32], зональных габбро-гипербазитовых интрузий Северной Камчатки (атвенайваямский комплекс, 66–64 млн лет) и малообъемных гранитоидных интрузий и дайковых тел, установленных в Срединном хребте (54–50 млн лет) и на Лесновском поднятии (Шаманкинский комплекс – 46 млн лет) [6]. Еще более молодой возраст (25–20 млн лет), по материалам Э.Г. Конникова [13], имеют габброиды заключительной фазы магматизма участвующих в строении Юрчикского массива.

Цирконы возрастного интервала 51–49 млн лет отражают этап метаморфического преобразования метасланцев Срединного и Ганальского хребтов, с нижней возрастной границей протолитов 107–100 млн лет [4, 10, 14, 32, 38, 40].

Мезозой-кайнозойский период досреднеэоценовой истории геологического развития Центрально-Камчатской СФЗ характеризуется четырьмя импульсами эндогенной термальной активности: 1 – базальтоидный магматизм с формированием горизонтов основных и ультраосновных метавулканитов (алисторская, химкинская, дьявольская свиты) в толще метатерригенных отложений, с нижним пределом осадконакопления 107–100 млн лет; 2 – гранитоидный магматизм (83–76 млн лет), проявленный в виде крупных плутонов, и связанный с этими плутонами контактовый метаморфизм; 3 – базитовый интрузивный магматизм (66–54 млн лет), 4 – региональный метаморфизм (51–49 млн лет) и синхронный с ним импульс малообъемного гранитоидного магматизма. Верхней временной границей этого этапа очевидно следует принять наиболее молодые датировки цирконов лесновской серии (43.7 млн лет), источником которых предположительно были близповерхностные интрузии кислого и среднего состава [28].

Западно-Камчатская СФЗ

Положение Западно-Камчатской структурно-формационной зоны отражено на рисунке 1. Северной, восточной и южной границей зоны служит дугообразный глубинный разлом, зафиксированный геофизическими методами, западной – побережье Охотского моря.

В геологическом строении Западно-Камчатской СФЗ среди преобладающих вулканогенно-осадочных отложений поздний эоцен-олигоценного возраста более древние породы слагают разрозненные тектонические блоки [6, 10]. Наиболее крупные блоки пород, палеонтологически датируемые поздним мелом (коньяк–дат), расположены в Омгонском хребте, в доли-

нах рек Рассошина, Тихая, Палана, на мысах Хайрюзово и Теви, а также в районе г. Ируней. В их строении участвуют толщи терригенно-вулканогенного состава (пенсантайнская толща, долининская толща, майначская, кихчинская, ирунейская и тальничская свиты [6, 10, 29]). Наличие вулканитов среднего и кислого состава наряду с базальтами и геохимические особенности пород позволили предшественникам исследователям [35–37] объединить вулканические образования Западной Камчатки в энсиалический островодужный комплекс – позднемеловую Западно-Камчатскую островную дугу. Кроме этого, один из блоков пород позднемелового возраста (хребет Пенсантайн) сложен метавулканитами, претерпевшими метаморфизм коллизионного типа в условиях переходной от зеленосланцевой к глаукофансланцевой фации [4].

Терригенные отложения (тальничская, кихчинская и майначская свиты), ассоциирующие с островодужными вулканитами, относятся к накоплениям мелководных фаций. Возраст терригенных отложений по данным трекового датирования цирконов оценивается интервалом 114–80 млн лет [29].

С позднемеловыми островодужными вулканитами и мелководными терригенными отложениями тектонически совмещены блоки кремнисто-вулканогенных пород глубоководных фаций, возраст которых, определенный по радиоляриям, варьирует от средней юры до позднего мела [5, 6]. Ряд исследователей [23, 35] рассматривают эти блоки как останцы пород дна морского бассейна, отделявшего Западно-Камчатскую островную дугу от окраины Азиатского континента.

Данные по цирконометрии досреднеэоценовых образований Западной Камчатки ограничены. Большая часть пород датирована палеонтологически. Учитывая это, в дополнение к изотопной геохронологии, использовались результаты трекового датирования цирконов (21 датирование), заимствованные из работы [29].

Материалы по цирконометрии пород Западной Камчатки систематизированы на рис. 4. Диапазон возраста цирконов варьирует от 2700 до 60 млн лет.

График характеризуется длительными интервалами «цирконового затишья»: 2700–1900, 1660–780 и 660–323 млн лет, в сравнении с такими периодами Центральной и Восточной СФЗ (рис. 2, 3), что обусловлено неполнотой изотопной хронометрии пород Западно-Камчатской СФЗ.

Мезозой-кайнозойский этап в эволюции Западно-Камчатской СФЗ характеризуется двумя периодами эндогенной термальной активности. Первый период (коньяк–дат) проявился вулканизмом, время действия которого установлено палеонтологически-

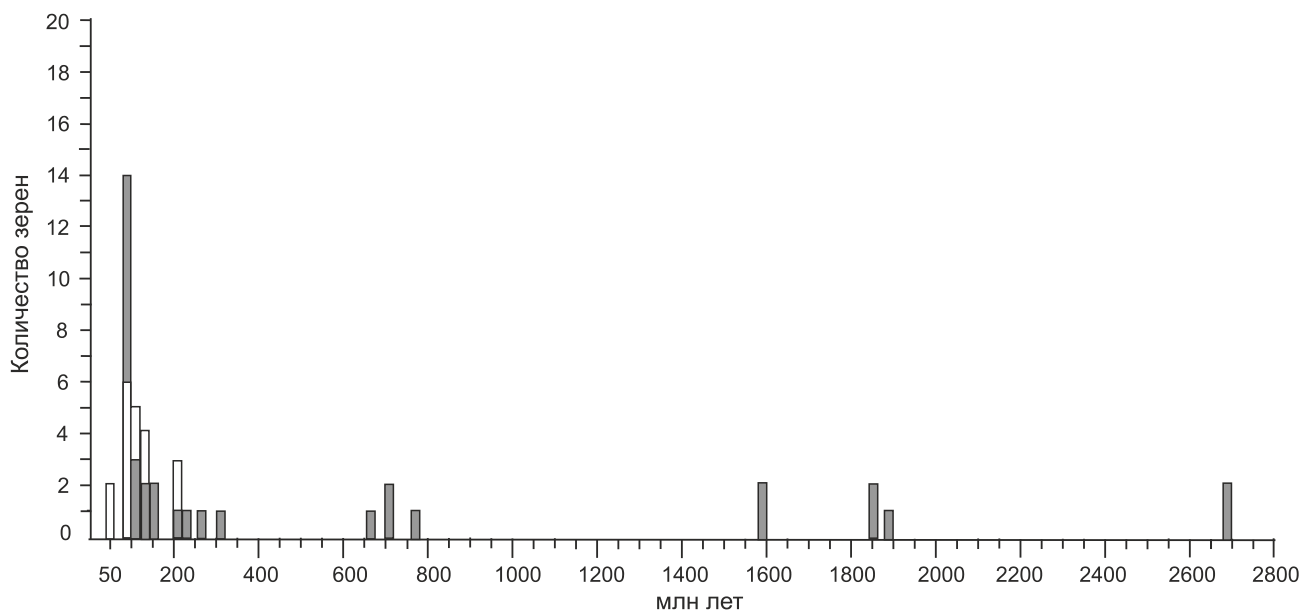


Рис. 4. График распределения возрастов цирконов метаморфических, магматических и осадочных пород Западно-Камчатской СФЗ (56 датирований).

При построении диаграммы использовались данные трекового датирования цирконов (21 датирование), заимствованные из работы [32]. Неокрашенные столбики на диаграмме отражают возрасты цирконов, датированных трековым методом.

ми методами. В этот интервал попадают два импульса интрузивного магматизма – интрузии габбро и силлы базитов (72 млн лет) и мелкие интрузии габбро-долеритов (63–60 млн лет), хронометрированные калий-аргоновым методом с подтверждением трековым датированием апатита и циркона [29]. Трековый возраст цирконов из титаномагнетитового габбро-долерита составляет 62.5 ± 3.4 млн лет. Датирование апатита показало близкое значение – 60.9 ± 7.2 млн лет.

Второй период (51–49 млн лет) связан с метаморфизмом вулканогенных отложений пенсантаинской толщи [8], детальное описание которых приведено в [2, 4]. В низкотемпературных метавулканитах пенсантаинской толщи отсутствуют цирконы метаморфогенного генезиса, однако геологические данные: возраст протолитов 94 млн лет; структуры и состав пород пенсантаинской толщи; лавсонитсодержащий парагенезис метаморфогенных минералов – указывают на коллизионный тип метаморфизма, проявившийся в породах пенсантаинской толщи. Время коллизионного метаморфизма в геологической истории Камчатского региона датируется периодом 51–49 млн лет [40]. Предполагается, что этот метаморфизм затронул породы пенсантаинской толщи [2].

Присутствие в вулканогенно-осадочных отложениях Западной Камчатки (пенсантаинская толща) детритовых цирконов докембрийского возраста сви-

детельствует об участии древних пород в составе источников терригенного материала этих отложений.

Корякское нагорье

Составители Карты полезных ископаемых Камчатской области [12] разделили территорию Корякии на четыре структурно-формационные зоны: Пенжинскую, Центральную-Корякскую, Олюторскую и Хатырскую (рис. 1). Особенности геологического строения и геофизические данные [26] позволяют рассматривать Центральную-Корякскую СФЗ, как продолжение Западно- и Центрально-Камчатской структурно-формационных зон, а Олюторскую – как продолжение Восточно-Камчатской СФЗ. Пенжинская и Хатырская СФЗ не имеют продолжений на территории Камчатки. Их отличительной особенностью является участие в геологическом строении пород протерозойского и палеозойского возрастов, тогда как на территории Камчатки в коренных выходах не установлено отложений древнее юры.

Среди пород Центрально-Корякской СФЗ преобладают флишеидные терригенные отложения мелраннепалеогенового возраста (укэлятский флиш), аналогичные флишеидным отложениям Центральной и Западной Камчатки. Вулканогенные образования (эссеевская свита) играют подчиненную роль и представлены лавами и туфами среднего и кислого состава с островодужными геохимическими характеристиками [37]. Время проявления вулканизма

(коньяк–ранний кампан) оценено по палеонтологическим находкам [8]. Наличие этих вулканитов, по мнению В.Д. Чеховича с соавторами [37], обусловлено развитием в позднем мелу в рассматриваемом регионе островной вулканической дуги, синхронной с Охотско-Чукотским окраинно-континентальным вулканическим поясом.

В геологическом строении Олюторской зоны главная роль принадлежит позднемеловым вулканитам основного состава с подчиненной ролью кремней и терригенных отложений (ватынская, ачайваямская свиты) [8, 9]. Плутонические породы представлены зональными интрузиями дунит-клинопироксенит-габбрового вывенского плутонического комплекса и интрузиями гранитов, диоритов и габбродиоритов энынгваямского плутонического комплекса. Время становления интрузий энынгваямского комплекса, оцененное по изотопии цирконов, охватывает интервал 67–69 млн лет, а вывенского – 70–80 млн лет. Также имеются единичные определения возраста цирконов вмещающих вулканогенных отложений ватынской (80 млн лет) и ачайваямской (79 млн лет) свит [8, 9].

Геологическое строение Пенжинской зоны характеризуется интенсивно проявленной покровной тектоникой с делением на автохтон и аллохтон. К образованиям автохтона отнесены позднеюрско-раннемеловые терригенные (никлекульская свита) и терригенно-вулканогенные (кингивиюмская свита), а также ранне- и позднемеловые терригенные отложения (песчаники, алевролиты, аргиллиты, конгломераты, гравелиты) с подчиненной ролью вулканитов кислого и среднего составов (кедровская, тихореченская, маметчинская, пенжинская, быстринская, эссоевская, геткилинская свиты). Возраст пород установлен палеонтологическими методами [8]. На меловые отложения хаотично надвинуты пластины и блоки терригенных пород палеозоя и нижнего мезозоя (аллохтон). Здесь же в составе аллохтона присутствуют выступы метаморфических пород зеленосланцевой и глаукофан-зеленосланцевой фаций с возрастом протолитов, датированных по изотопии циркона, 438 млн лет (ильпинейская свита) и временем проявления метаморфизма (330–320 млн лет) [8, 11, 17, 27]. Плутонические породы представлены офиолитовыми протрузиями (перидотиты, габбро, плагиограниты), приуроченными к основаниям тектонических покровов. Цирконометрией датировано два периода офиолитообразования: раннепалеозойский (Ганычаланский блок – 530 млн лет [24]) и юрско-раннемеловой (Кулюльский блок – 162–130 млн лет) [8, 16, 27]. Кроме этого, в северной части Пенжинской СФЗ расположен наиболее древний гипербазит-базитовый комплекс

(Усть-Бельский), с возрастом кристаллизации цирконов – 799 млн лет, однако он не относится к офиолитовым, согласно заключению Г.В. Ледневой [17].

Хатырская зона выделяется среди других зон Северной Корякии своим структурным положением (рис. 1). Ее близкое к субширотному простирание не согласуется с общим северо-восточным простиранием Центрально-Корякской СФЗ, с которой она граничит по тектоническому надвигу.

На площади Хатырской СФЗ распространены туфо-терригенные отложения верхней юры и нижнего мела, вулканогенно-кремнистые ассоциации карбона – нижней юры и туфо-терригенные кремнисто-глинистые отложения верхнего палеозоя и триаса [9]. Представленный разрез включает в себя диапазон осадочно-вулканогенных пород от карбона до нижнего мела, нарушенный надвиговой тектоникой. К сожалению, цирконометрия этих пород не проводилась. Возраст стратифицированных накоплений определялся палеонтологическими методами.

Результаты цирконометрии пород Корякских зон ограничены. Системное датирование цирконов было проведено только для терригенных отложений укэлаятского флиша [40]. Кроме этого, точечные определения возраста цирконов имеются для интрузивных образований Пенжинской и Олюторской СФЗ [8, 9]. Эти данные дополняют палеонтологические определения возраста вулканогенных отложений, датируя временные границы эндогенных термальных событий магматической природы с импульсами: 800 млн лет (габбро – усть-бельский магматический комплекс); 589–540 млн лет (плагиограниты – усть-бельский магматический комплекс); 530 млн лет (плагиограниты – ганычаланский магматический комплекс); 162–130 млн лет (габбро – кулюльский магматический комплекс); 80–78 млн лет (плагиограниты – вывенский зональный магматический комплекс); 73–70 млн лет (габбро – вывенский магматический комплекс); 69–67 млн лет (габбро, габбродиориты, диориты, гранодиориты, граниты – энынгваямский магматический комплекс).

Материалы по цирконометрии пород Корякии (Пенжинская, Центрально-Корякская и Олюторская СФЗ) систематизированы на рис. 5. Возраст цирконов, отображенных на рис. 5, варьирует от раннего протерозоя до раннего палеогена, образуя этапы кристаллизации цирконов со значениями (млн лет): 2080–1800, 560–200, 120–50 и отдельные значения с отметками 1600 и 760 млн лет.

Мезозой-кайнозойский этап геологического развития Корякии включает в себя 2 периода эндогенной термальной активности, фиксируемых по да-

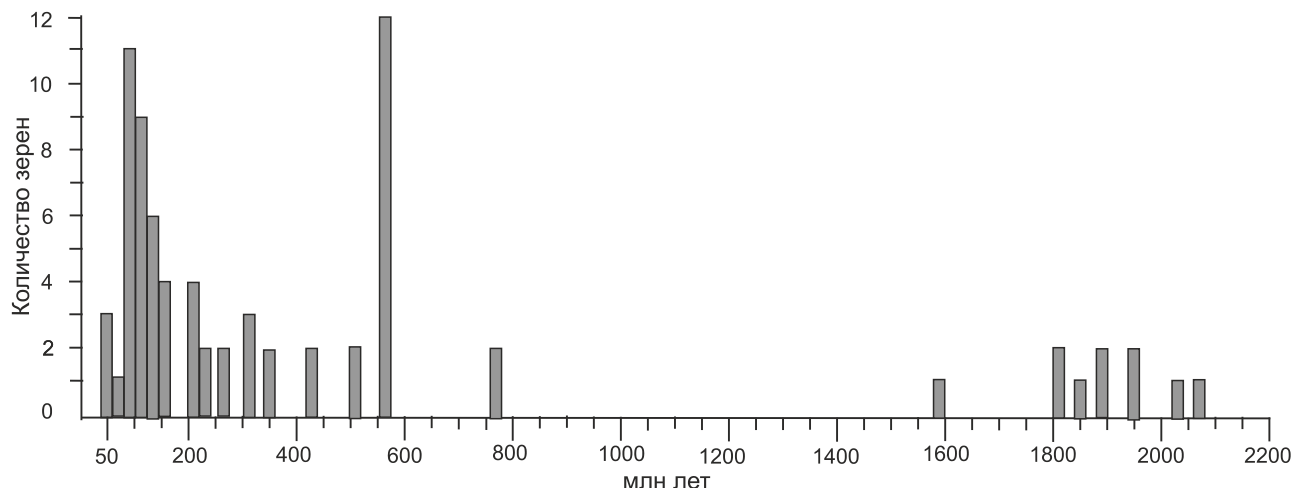


Рис. 5. График распределения возрастов цирконов метаморфических, магматических и осадочных пород Корякии (76 датирований).

тированию сингенетичных цирконов интрузивных пород: 162–129 – время формирования куюльского плутонического комплекса и излияния базальтов никлекульской и кингивиемской свит [8, 9]; 80–67 млн лет – становление интрузивных пород вывевского и энынгваямского плутонических комплексов и излияние базальтов ачайваямской (79 млн лет) и ватынской (80 млн лет) свит [8].

Немаловажен тот факт, что на территории, граничащей с Пенжинской СФЗ (рис. 1), установлены коренные выступы метаморфических пород (тайгоносский комплекс) с возрастными цирконами в млн лет: 3200 (возраст протолитов), 2700 (возраст метаморфизма) и 1900 (возраст наложенной гранитизации) [3], что позволяет рассматривать эти выступы как источники древних цирконов для отложений Пенжинской зоны.

ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 6 приведена сводная диаграмма распределения возрастов цирконов, извлеченных из пород Камчатки и Корякии. Геологическое время формирования цирконов охватывает диапазон от архея до раннего палеогена, в котором можно выделить следующие интервалы: 3200, 2750–2620, 2100–1700, 1600–1440, 570–48. Наиболее продуктивным является период 570–48, особенно его часть, датируемая интервалом 350–48 млн лет.

Известно, что для метаморфогенных цирконов характерны более низкие отношения Th/U в сравнении с магматогенными [39]. В проанализированной выборке цирконы с низкими значениями Th/U (менее 0.1) датированы возрастными: 1900–1800, 1600–1400, 890–848, 343–320, 167–130, 79–73, 54–49 млн лет. Период 79–73 млн лет характеризует контактовый мета-

морфизм, связанный со становлением в Центральной Камчатке крупных пластообразных массивов гранитоидов (Кольский и Крутогорский массивы). В пользу этого свидетельствуют акцессорные цирконы гранитоидов, имеющие близкий возраст с детритовыми цирконами вмещающих пород, но отличающиеся повышенными отношениями Th/U.

Мезозой-кайнозойский период (до среднего эоцена) геологического развития рассматриваемого региона, по данным изотопного датирования сингенетичных цирконов, характеризуется четырьмя импульсами (этапами) термальной эндогенной активности (млн лет): 190–180, 162–100, 90–60, 55–49. Первому импульсу (190–180 млн лет) отвечают метавулканы гнунваямской серии о. Карагинский с возрастом 190–180 млн лет. Второй импульс эндогенной активности (162–99 млн лет) проявился извержением вулканитов среднего и кислого состава (112–100 млн лет), залегающих в разрезе нижней толщи меловых отложений Хавывенской возвышенности, а также в становлении габброидных массивов (102–99 млн лет), прорывающих эти вулканиты (Восточно-Камчатская СФЗ). В Центрально-Камчатской СФЗ этап эндогенной термальной активности (162–100 млн лет) обнаруживается по присутствию базальтов и пикритов (алисторская, химкинская, дьявольская свиты), переслаивающихся с терригенными отложениями (107–100 млн лет). Их излияние произошло на завершающей стадии рассматриваемого временного этапа, тогда как в Корякии фиксируется начальная стадия, которая характеризовалась излиянием базальтов (никлекульская и кингивиемская свиты) и формированием базитовых плутонов куюльского магматического комплекса (162–129 млн лет). Следу-

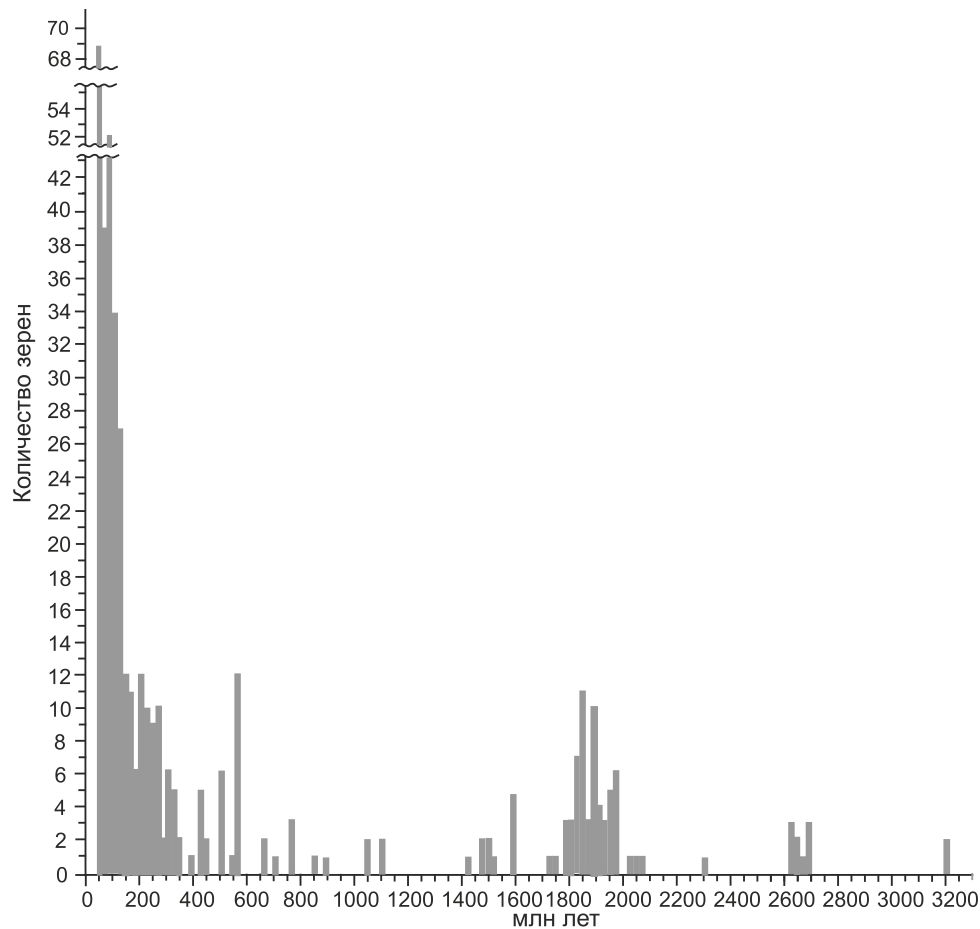


Рис. 6. Сводная диаграмма распределения возрастов цирконов метаморфических, магматических и осадочных пород Камчатки и Корякии (430 датирований).

ющий, третий временной импульс (90–60 млн лет), наиболее интенсивный, судя по объемам излившихся вулканитов. Он проявился формированием пород базальт-пикритового состава, широко распространенных в хребтах Восточно-Камчатского горстантиклинория [22] и на восточных полуостровах (валагинская, столбовская, кроноцкая серии, хапицкая свита), а также в Олюторской СФЗ Корякии (ачайваямская, ватынская свиты). В этот интервал времени происходило излияние вулканитов основного, среднего и кислого составов Центрально-Корякской СФЗ (эс-совеемская свита) и Западно-Камчатской СФЗ (пен-сантайнская толща). К plutоническим образованиям этого временного этапа относятся Крутогоровский и Кольский гранитоидные массивы и более мелкие по своим размерам интрузии расслоенных и зональных базитов (Юрчик, Дукук, Шануч, Атвенайваям) Центрально-Камчатской СФЗ и массивы перидотитов и габброидов Восточно-Камчатской СФЗ, откартированных на о. Карагинском и п-ове Камчатском 74–64 млн лет [10, 14, 19, 31, 40], а также вывенский

(80–70 млн лет) и энынговаямский (69–67 млн лет) plutонические комплексы Корякии [8, 9].

Заключительный импульс досреднеэоценовой мезозой-кайнозойской эндогенной термальной активности Камчатско-Корякского региона связан с региональным метаморфизмом коллизионной природы. Время его проявления, оцененное по цирконометрии метаморфических пород Западно-Камчатской, Центрально-Камчатской и Восточно-Камчатской СФЗ, отвечает интервалу 53–49 млн лет, синхронному с периодом интенсивных тектонических процессов, происходивших в зоне взаимодействия континентальной и океанической плит. На территории Корякии метаморфических пород этого периода времени не установлено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные цирконометрии пород Камчатско-Корякского региона позволяют выделить следующие возрастные диапазоны цирконов в досреднеэоценовой истории геологического развития этого региона (млн

лет): 3200, 2700–2600, 2000–1800, 1600–1500, 1100–1050, 540–390, 350–180, 100–48.

Метаморфогенные цирконы с пониженными и низкими величинами торий-уранового отношения формируют кластеры со значениями (млн лет): 2700–2600, 1900–1800, 890–848, 343–320, 167–130, 79–733, 54–49.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Априлов С.Е., Ольшанская О.Н. Тектоническое районирование Центральной и Южной Камчатки по геологическим и геофизическим данным // Тихоокеан. геология. 1989. № 1. С. 62–75.
2. Бадрединов З.Г., Тарарин И.А., Марковский Б.А. и др. Метавулканиты Западной Камчатки (первые данные U-Pb-SHRIMP-датирования возраста цирконов) // Докл. АН. 2012. Т. 445, № 5. С. 559–563.
3. Бадрединов З.Г., Марковский Б.А., Ноздрачев Е.А., Матюшкин И.В., Гринкевич И.В. Первые данные по U-Pb Shrimp-датированию цирконов метаморфических пород кристаллического основания Тайгонского-Пареньского поднятия (южное обрамление Омогонского массива) // Докл. АН. 2017. Т. 476, № 1. С. 63–67.
4. Бадрединов З.Г., Авченко О.В., Тарарин И.А., Ноздрачев Е.А. Природа метаморфизма низкотемпературных метаморфических пород зоны перехода континент-океан (на примере пенсантаинской толщи Западной Камчатки) // Вестн. КРАУНЦ. Науки о земле. 2020. № 2. Вып. № 46. С. 6–29.
5. Вишневская В.С., Басов И.А., Палечек Т.Н., Курилов Д.В. Биостратиграфия юрско-меловых отложений Западной Камчатки по радиоляриям и фораминиферам // Западная Камчатка: геологическое развитие в мезозое. М.: Научный мир, 2005. С. 6–54.
6. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (3-е поколение). Серия Корякско-Курильская. Лист О-57 – Палана: Объясн. зап. / Б.И. Сляднев, А.К. Боровцов, Ю.А. Бурмаков и др. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. 296 с.
7. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (3-е поколение). Серия Корякско-Курильская. Лист О-58 – Усть-Камчатск: Объясн. зап. / Б.И. Сляднев, А.К. Боровцов, В.И. Сидоренко и др. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. 256 с.
8. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (3-е поколение). Серия Корякско-Курильская. Лист Р-58 – Пенжинская губа: Объясн. зап. / Б.И. Сляднев, В.И. Сидоренко, Л.П. Сапожникова и др. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 384 с.
9. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (3-е поколение). Серия Корякско-Курильская. Лист Р-59 – Пахачи: Объясн. зап. / А.В. Разумный, В.И. Сидоренко, Л.П. Сапожникова и др. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2017. 323 с.
10. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Корякско-Курильская. Лист N-57 – Петропавловск-Камчатский: Объясн. зап. / Б.И. Сляднев, В.Н. Шаповаленко, Н.Ф. Крикун и др. СПб.: Картографическая фабрика, 2006. 376 с.
11. Добрецов Н.Л. Глаукофансланцевые и эклогит-глаукофансланцевые комплексы СССР. Новосибирск: Наука, 1974. 429 с.
12. Карта полезных ископаемых Камчатской области. 1:500 000 / Под ред. А.Ф. Литвинова, М.Г. Патоки, Б.А. Марковского и др. СПб: ВСЕГЕИ, 1999.
13. Конников Э.Г., Некрасов А.Н., Родионов Н.В. и др. Формационная принадлежность и возраст Юрчикского массива (Камчатка) // Геохимия. 2009. № 11. С. 1200–1211.
14. Кузьмин В.К. Возраст осадконакопления и метаморфизма терригенных пород Срединно-Камчатского и Ганальского поднятий по результатам SHRIMP U-Pb датирования циркона // Докл. АН. 2014. Т. 454, № 6. С. 689–694.
15. Ланда Э.А., Марковский Б.А., Беляцкий Б.В. и др. Возраст и изотопные особенности альпинотипных, зональных и расслоенных мафит-ультрамафитовых комплексов Камчатки // Докл. АН. 2002. Т. 385, № 6. С. 812–815.
16. Леднева Г.В., Матуков Д.И. Время кристаллизации плутонических пород Кузольского офиолитового террейна (Корякское нагорье): результаты U-Pb-датирования цирконов методом SHRIMP // Докл. АН. 2009. Т. 424, № 1. С. 71–75.
17. Леднева Г.В., Базылев Б.А., Лебедев В.В., Кононкова Н.Н., Ишиватари А. U-Pb возраст цирконов из габброидов Усть-Бельского мафит-ультрамафитового массива (Чукотка) и его интерпретация // Геохимия. 2012. № 1. С. 48–59.
18. Лучицкая М.В., Цуканов Н.В., Сколотнев С.Г. Новые данные SRIMP U-Pb-исследований цирконов из плагиогранитов офиолитовой ассоциации п-ва Камчатский Мыс (Восточная Камчатка) // Докл. АН. 2006. Т. 408, № 4. С. 500–502.
19. Лучицкая М.В., Соловьев А.В., Хоуриган Дж.К. Два этапа формирования гранитоидов Срединного хребта Камчатки: их тектоническая и геодинамическая позиция // Геотектоника. 2008. № 4. С. 49–69.
20. Львов А.Б., Неелов А.И., Богомолов Е.С., Михайлова И.С. О возрасте метаморфических пород Ганальского хребта Камчатки // Геология и геофизика. 1985. № 7. С. 47–58.
21. Магматические горные породы. Т. 5. Ультраосновные породы / Под ред. Е.Е. Лазько, Е.В. Шаркова. М.: Наука, 1988. 509 с.
22. Марковский Б.А., Ротман В.К. Геология и петрология ультраосновного вулканизма. Л.: Недра, 1981. 247 с.
23. Некрасов Г.Е. Тектоническая природа Камчатско-Корякского региона и вопросы геодинамики складчатого обрамления Тихого океана // Геотектоника. 2003. № 6. С. 53–79.
24. Некрасов Г.Е., Макеев А.Ф. U-Pb-возраст цирконов из плагиогранитов плагиогранит-амфиболитового комплекса ганычаланского блока (запад Корякского нагорья) // Докл. АН. 2003. Т. 390, № 3. С. 382–385.
25. Осипенко А.Б., Сидоров Е.Г., Козлов А.П. U-Pb SHRIMP геохронология цирконов из ультрамафитов Ганальского хребта Камчатки // Изв. вузов. Геология и геофизика. 2009. № 1. С. 67–69.
26. Сидоров М.Д., Разумный А.В., Исаева Е.П. Модель земной коры и тектоническое районирование переходной зоны континент-океан Чукотско-Корякско-Камчатского сектора Тихоокеанского складчатого пояса // Региональная геология и металлогения. 2020. № 82. С. 69–82.
27. Соколов С.Д. Аккреционная тектоника Корякско-Чукотского сегмента Тихоокеанского пояса. М.: Наука, 1992. 182 с.
28. Соловьев А.В., Гарвер Дж.И., Шапиро М.Н. Возраст детри-

- товых цирконов в песчаниках лесновской серии (Северная Камчатка) по данным трекового датирования // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2001. Т. 9, № 3. С. 89–100.
29. Соловьев А.В. Тектоника Западной Камчатки по данным трекового датирования и структурного анализа // Западная Камчатка: геологическое развитие в мезозое. М.: Науч. мир. 2005. С. 163–194.
 30. Соловьев А.В., Лучицкая М.В., Селянгин А.Б., Хоуриган Дж.К. Позднемеловой гранитоидный магматизм Срединного хребта Камчатки: геохронология и особенности состава // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2015. Т. 23, № 1. С. 60–82.
 31. Тарарин И.А., Бадрединов З.Г., Марковский Б.А., Сляднев Б.И. U-Pb SHRIMP датирование цирконов метаморфических комплексов Восточной Камчатки // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31, № 2. С. 22–40.
 32. Тарарин И.А., Бадрединов З.Г., Чубаров В.М. Петрология и рудоносность метаморфических и магматических комплексов Центральной и Восточной Камчатки. Владивосток: Дальнаука, 2015. 302 с.
 33. Цуканов Н.В., Сколотнев С.Г. Данные SHRIMP U-Pb-исследований цирконов из габбро офиолитовой ассоциации п-ва Камчатский (Восточная Камчатка) // Вестн. КРАУНЦ. Науки о земле. 2010. № 2. Вып. № 16. С. 78–85.
 34. Чехов А.Д. Тектоническая эволюция Северо-Востока Азии (окраинноморская модель). М.: Науч. мир. 2000. 204 с.
 35. Чехович В.Д., Сухов А.Н. О позднемеловой Западно-Камчатской островной дуге: Материалы XXXVIII Тектонич. совещ. Т. 2. М.: ГЕОС, 2005. С. 331–334.
 36. Чехович В.Д., Сухов А.Н., Филатова Н.И., Вишневская В.С., Басов В.А. Новые данные о меловых вулканических дугах Северо-Восточной окраины Азии // Докл. АН. 2006. Т. 407, № 4. С. 512–515.
 37. Чехович В.Д., Сухов А.Н., Кононов М.В., Паланджян С.В. Геодинамика Северо-Западного сектора Тихоокеанского подвижного пояса в позднемеловое-раннепалеогеновое время // Геотектоника. 2009. № 4. С. 37–62.
 38. Bindeman I.N., Vinogradov V.I., Valley J.W., Wooden J.L., Natal B.A. Archean Protolith and Accretion of Crust in Kamchatka: SHRIMP Dating of Zircons from Sredinny and Ganai Massifs // J. Geol. 2002. V. 110, N 3. P. 271–289.
 39. Hoskin P.W.O., Black L.P. Metamorphic zircon formation by solid-state recrystallization of protolith igneous zircon // J. Metamorphic Geology. 2000. V. 18, N 4. P. 423–439.
 40. Hourigan J.K., Brandon M.T., Soloviev A.V., Rirmasov A.B., Garver J.I., Stevenson J., Reiners P.W. Eocene arc-continent collision and crustal consolidation in Kamchatka, Russian Far East // Amer. J. Sci. 2009. V. 309, N 5. P. 333–396.
 41. Williams I.S. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe: applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes // Rev. Econ. Geol. 1998. V. 7. P. 1–35.

Рекомендована к печати А.И. Ханчуком
после доработки 09.07.2024 г.
принята к печати 15.07.2024 г.

Z.G. Badredinov, B.A. Markovsky

Age ranges of zircons in the Kamchatka-Koryak region (according to zircon geochronology)

Data on zircon crystallization times for igneous and metamorphic rocks of the Kamchatka-Koryak region based on the results of 430 zircon grain isotope chronometry have been summarized. The geochronological data set an upper time limit to the middle Eocene (40 million years). The intervals of zircon formation have the following values (million years): 3200, 2700–2600, 2000–1800, 1600–1500, 1100–1050, 540–390, 350–180, and 100–48. Zircons with lower Th/U ratios characteristic of metamorphogenic mineral formation form the following clusters (Ma): 2700–2600, 1900–1800, 890–848, 343–320, 167–130, 79–73, and 54–49. The most ancient zircons with ages of 3.2, 2.7, 1.9, 1.6, and 0.5 Ga were identified among xenogenic zircons of the Late Cretaceous gabbroic massifs of Central and Eastern Kamchatka (Yurchiksky, Atvenayvayamsky and Olenegorsky massifs), as well as among detrital zircons of the Cretaceous-Lower Paleogene metasedimentary formations of the Sredinny and Ganalsky ranges (Central Kamchatka), Pensantain ridge (Western Kamchatka), Karaginsky Island (Eastern Kamchatka), and terrigenous deposits of the Ukelayat flysch (Central Koryakia)

Key words: Kamchatka, Koryakia, metamorphism, magmatism, radioisotope age, zircon.