

**ПЕРВЫЕ SHRIMP U-Pb ДАННЫЕ О РАННЕДАТСКОМ ВОЗРАСТЕ
ГНЕЙСОВИДНЫХ ПЛАГИОГРАНИТОВ ГАНАЛЬСКОГО ПОДНЯТИЯ
(ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)**

Датированием цирконов U-Pb методом (SHRIMP II) из амфибол-биотитовых гнейсоплагиогранитов Вахталкинского и Тумханского массивов, прорывающих метаморфические толщи ганальской серии, установлено присутствие в интрузиях только магматических цирконов с практически одинаковыми датировками $64,36 \pm 0,53$ и $64,28 \pm 0,38$ млн лет, что позволяет уверенно фиксировать время проявления раннего гранитоидного магматизма в Ганальском поднятии раннедатским возрастом. Таким образом, гнейсовидные биотит-амфиболовые плагиограниты Ганальского поднятия, традиционно относимые к комплексам от раннего докембрия до миоцена, представляют собой единый раннедатский магматический комплекс, который предлагается назвать вахталкинским.

Ключевые слова: Камчатка, граниты, датский, SHRIMP, циркон.

Amphibole-biotite gneissic plagiogranites of Vachtalka and Tumkhan massifs that intrude metamorphic Hanaly series, were dated by U-Pb techniques (SHRIMP II). The intrusives contain mostly zircons of magmatic origin with concordant ages of 64.36 ± 0.53 or 64.28 ± 0.38 Ma. This confirms for sure that an initial granitic magmatic event at the Hanaly uplift occurred in Early Danian. Our results indicate that the gneissic plagiogranites, which have being belonged before to different suites ranging by age from Precambrian to Miocene, have to unite to the same intrusive complex of Early Danian. This complex is suggested to name the Vakhalka Complex.

Keywords: Kamchatka, granit, Danian, SHRIMP, zircon.

В Восточной Камчатке наиболее крупные выходы гнейсовидных плагиогранитов известны среди зонально метаморфизованных вулканогенно-терригенных отложений Ганальского поднятия (ГНП), которое тектонические нарушения северо-западного простирания разделили на два блока. Южный блок сложен амфиболитами и плагиогнейсами ганальской серии, а Северный – метаморфизованными в РТ условиях эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций терригенными породами и вулканитами стеновой серии. В центре Южного блока среди пород ганальской серии располагается крупный ультрамафит-мафитовый Юрчикский массив, в его экзоконтактовой зоне распространены породы гранулитовой и высокотемпературной амфиболитовых фаций, которые многие исследователи относят к гранулитовой серии (комплекс).

В процессе геологосъемочных работ и тематических исследований в 1960–1980-е годы в ГНП были закартированы многочисленные пластино- и линзообразные тела различной мощности гнейсовидных и массивных плагиогранитов, тоналитов, трондьемитов, гранодиоритов, которые залегают на разных структурных уровнях в терригенно-вулканогенных отложениях гранулитовой, ганальской, стеновой серий и, кроме того, прорывают габбронориты ультрамафит-мафитового Юрчикского массива. Недостаточная геолого-петрографическая, геохимическая и геохронологическая изученность этих магматических образований позволяла исследователям предлагать различные схемы их расчленения и корреляции, а время их внедрения рассматривать в широком временном интервале – от раннего докембрия до миоцена [2–5, 11, 14, 15].

На Государственных геологических картах м-бов 1 : 200 000 и 1 : 1 000 000 [2, 5] массивы гнейсовидных гранитоидов, залегающие среди метаморфических толщ ганальской серии, относили к внутриформационным образованиям и делили на две группы – протерозойские амфибол-биотитовые гнейсоплагиограниты и мезозойские гранат-биотитовые. Рассланцованные гипабиссальные лейкократовые биотитовые плагиограниты, приуроченные к стеновой серии, также рассматривались как внутриформационные, но палеоценового возраста. Кроме того, Л. Л. Герман [3] выделял группу межформационных кордиерит-гранат-биотитовых и гиперстен-биотитовых гнейсовидных плагиогранитов и гранитов, которая делит ганальскую и гранулитовую серии и фиксирует стратиграфическую границу между ними.

В 1990-е годы многие исследователи [1, 12, 15] стали относить гнейсоплагиограниты к синкинематическим интрузиям, приуроченным к тектоническим контактам литопластин и чешуй, т. е. маркирующим зоны дизъюнктивных нарушений в метаморфических толщах. Их возраст тесно увязывается с представлениями о времени тектонического скупивания разнородных литопластин, прогрессивного метаморфизма и датируется поздним мелом – эоценом.

В 2006 г. при составлении ГК-1000/3 все гранитоиды ГНП были объединены в один исходадычский комплекс эоценового возраста. Так как, по мнению авторов [4], гранитоиды содержат ксенолиты не только метаморфических пород, но и габброидов Юрчикского массива, а вмещающими образованиями для гранитоидов служат как породы ганальской и стеновой серий, так и габброиды

Юрчикского массива. Полученные ранее докембрийские (Pb-Pb метод), палеозойские (Rb-Sr метод), позднемеловые и кайнозойские K-Ar определения возраста плагиогранитоидов не учитываются, так как противоречат геологическим данным.

При проведении тематических исследований на Камчатке в 1976–1980 и в 1998–1999 гг. нами на ГНП были выделены четыре комплекса плагиогранитоидов. Наиболее широко распространены массивы биотит-амфиболовых гнейсоплагиогранитов, приуроченные к ганальской серии и к зоне контакта ее с метаморфическими породами стеновой серии, которые образуют тела различной формы – пластообразные залежи, крупные линзы и будины, всегда конформные, конкордантные и гармоничные со структурой вмещающих пород ганальской серии и контактами с породами рамы. Мелкие пластовые и линзообразные тела гнейсоплагиогранитов мощностью в первые метры, а также многочисленные согласные и секущие прожилки плагиогранитов мощностью в несколько сантиметров постоянно отмечаются в гнейсах и амфиболитах ганальской и гранулитовой серий. Среди кислых эффузивов стеновой серии залегают преимущественно гипабисальные расланцованные плагиограниты. В северо-восточной части Юрчикского массива выявлены дайки массивных биотитовых плагиогранитов и биотит-амфиболовых гранитов, секущие массивные и гнейсовидные габбро-нориты. В экзоконтактовой зоне Юрчикского массива среди пород ганальской серии, испытавших наложенный контактовый метаморфизм гранулитовой фации, установлены маломощные жилы и пластообразные залежи массивных гиперстеновых и гранат-кордиеритовых плагиогранитов и гранитов.

В последнее десятилетие на Ганальском и Срединно-Камчатском поднятиях проведены прецизионные геохимические, геохронологические и изотопно-геохимические исследования, получена новая информация о ранних этапах формирования континентальной коры Западной и Восточной Камчатки. Прежде всего отметим отсутствие значимых различий для большинства геохимических параметров и изотопного состава Nd в метатерригенных породах ганальской, колпаковской, камчатской, малкинской и кихчикской серий СКП и ГНП, что указывает на сходство их состава, условий седиментации, синхронности осадконакопления и единство источников сноса. Эти данные позволяют утверждать, что метатерригенные толщи представляют собой единую серию осадков, сформированную в крупном субконтинентальном мелководном бассейне, охватывающем территорию как Западной, так и Восточной Камчатки за счет размыва одной и той же области питания [7, 8]. Возраст осадконакопления метаморфических толщ СКП и ГНП устанавливается уверенно по геологическим данным (находки меловых раковин иноцерамов в кихчикской и ирунейской сериях) и геохронологическим исследованиям. U-Pb датирование цирконов (SHRIMP II) для наиболее молодых кластогенных цирконов из метатерригенных пород всех серий показывает возраст 100 млн лет, что позволяет установить нижнюю границу осадконакопления не древнее, чем апт, и подтвердить синхронность осадконакопления метатерригенных толщ ГНП и СКП [6, 10, 13]. Верхняя граница осадконакопления датируется временем формирования ирунейской свиты (сенон) и внедрения гранитоидов

крутогоровского и кольского массивов – 80 млн лет [9, 13]. Возраст регионального метаморфизма уверенно фиксируется ранним эоценом [6, 10, 13].

В свете новых геохимических, изотопно-геохимических и геохронологических данных становление и эволюция метаморфитов ГНП укладываются в следующую схему. Накопление терригенно-вулканогенных толщ ганальской серии (песчаники и алевролиты, чередующиеся с базальтовыми покровами, силлами) происходило в меловое время, а прогрессивный региональный метаморфизм, преобразовавший их в кристаллосланцы, амфиболиты и плагиогнейсы, датируется, вероятно, ранним эоценом. Внедрение габброидов Юрчикского массива и формирование узкого контактового ореола, сложенного породами высокотемпературной амфиболитовой и гранулитовой фаций, приурочены к позднему олигоцену. В раннемиоценовое время метаморфические толщи вышли на дневную поверхность, подверглись интенсивной эрозии и были перекрыты нижнемиоценовыми терригенными отложениями с конгломератами в основании. Однако предлагаемая схема далеко не полностью отражает геологическую историю данной структуры – не установлены возраст формирования многочисленных гранитных массивов, время формирования и зонального регионального метаморфизма стенового комплекса. Поэтому мы попытались решить одну из этих задач – установить время формирования массивов гнейсовидных плагиогранитов, прорывающих породы ганальской серии. Нами проведены структурно-геологические, петрографические и U-Pb геохронологические исследования по циркону (SHRIMP II) двух массивов гнейсоплагиогранитов, расположенных среди амфиболитов, биотитовых сланцев и гнейсов ганальской серии в юго-западной и северо-западной частях Южного блока.

Вахталкинский массив гнейсовидных амфибол-биотитовых плагиогранитов (8 км²) слагает водораздельный хребет в истоках рек Вактан Малкинский и Правая Вахталка. Массив представляет собой удлиненно-овальный в плане купол гнейсоплагиогранитов с пологим шарниром, изгибающимся субпараллельно юго-западному краю Юрчикского массива. На водораздельном хребте обнажен верхний контакт массива гнейсоплагиогранитов с породами ганальской серии. Элементы залегания метаморфической полосчатости и сланцеватости четко обрисовывают свод купола. Для западной части массива плагиогранитов характерна отчетливо выраженная гнейсовидная текстура, которая падает согласно со сланцеватой текстурой амфиболитов на юго-запад под углом 30–50°. В центральной части массива плоскостная текстура как в плагиогранитах, так и в перекрывающих их маломощных пластах амфиболитов субгоризонтальна, а в восточной части гнейсовидность круто (50–85°) падает на восток под габброиды Юрчикского массива. Однако для восточного экзоконтакта, в отличие от западного, характерно резкое преобладание биотитовых плагиосланцев и плагиогнейсов, а амфиболиты отмечаются редко.

Таким образом, в структурном отношении Вахталкинский массив расположен в ядре крупной антиформной складки пород ганальской серии. В эндоконтактах массива наблюдается грубая полосчатость, конформная с внутренней гнейсовидной текстурой массива, обусловленная чере-

дованием прослоев биотит-амфиболовых гнейсоплагиогранитов с лейкомезократовыми амфиболитами мощностью от нескольких миллиметров до 20–30 см. При удалении от кровли вглубь массива на 5–10 м прослои амфиболов встречаются все реже и практически полностью исчезают. Подошва массива гнейсоплагиогранитов не обнажена, а вскрытая мощность массива превышает 150 м. Проба 28.01 биотит-амфиболовых гнейсовидных плагиогранитов отобрана из нижней части массива из левого борта р. Вактан Малкинский в 3,3 км к север-северо-западу от горы Баранья (1115 м) и в 4,0 км к востоку от горы Вактан (1442,7 м).

В истоках р. Тумхан по левому борту расположена крупная, мощностью 100–120 м пластинообразная интрузия гнейсовидных плагиогранитов – Тумханский массив (ТММ), простирающаяся в северо-западном направлении на 3,1 км, которая совместно с вмещающими ее амфиболитами ганальской серии падает на юго-запад под углом 40–50°. В изученном разрезе, расположенном в 3,4 км к северо-западу от горы Тумхан (1859,9 м), хорошо обнажена как сама интрузия гнейсоплагиогранитов, так и ее нижний и верхний контакты. В нижней части разреза вскрыта пачка мощностью более 220 м однородных мезократовых амфиболов, причем снизу вверх биминеральный парагенезис плагиоклаза (андезин № 38) и зеленой роговой обманки остается неизменным, но изменяется структура пород от тонкозернистой (0,05–0,2) нематогранобластовой до мелко-среднезернистой (0,2–0,6 мм) в подошве тела гнейсогранитов. Нижний контакт амфиболов с гнейсогранитами согласный, ровный и резкий. Плагиограниты сложены однородными крупно-среднезернистыми гнейсовидными породами мощностью более 100 м, и лишь в прикровельной части тела в них, как и в Вахталкинском массиве, появляются согласные прослои амфиболов мощностью от 3 мм до 50 см. Верхний контакт с перекрывающей пачкой амфиболов согласный, ровный и резкий. Минеральный состав, структурно-текстурные и петрогеохимические особенности амфиболов верхней и нижней пачек сходны. В 3,85 км к западу от горы Тумхан (1895,9 м) и в 5,8 км к север-северо-востоку от горы Ганальская (1026,8 м) из верхней части массива отобрана пр. 54.10 гнейсовидного биотит-амфиболового плагиогранита.

Гнейсоплагиограниты Вахталкинского и Тумханского массивов представляют собой лейкократовые породы светло-серого цвета с хорошо выраженной гнейсовидной текстурой. Структура мелко-среднезернистая, на отдельных участках до крупнозернистой, лепидогранобластовая с реликтами гипидиоморфнозернистой, часто анизодиаметрической. Количественно-минеральный состав: биотит 2–5, роговая обманка 3–5, кварц 25–35, плагиоклаз 60–70%, акцессорные минералы (апатит, циркон, титаномагнетит, сфен). Удлиненно-линзовидные агрегаты мелкочешуйчатого коричневого биотита и зеленой роговой обманки создают прерывистую гнейсовидную или реже непрерывную сланцеватую текстуру, которые подчеркивают анизодиаметрическое гранобластовое строение кварц-плагиоклазовой основной ткани. Плагиоклаз основной ткани представлен олигоклазом №22–28. На этом фоне изредка отмечаются единичные реликтовые призматические или таблитчатые кристаллы плагиоклаза с сохранившейся слабовыраженной оптической и химической прямой зональ-

ностью: центр 35–28, край – 22–26% анортитовой составляющей. При наложении на гнейсоплагиограниты процессов катаклаза и осланцевания крупные и средние зерна плагиоклаза и кварца дробятся, превращаются в струйчато погасающий агрегат мелких зерен, по плагиоклазу развивается тонкий агрегат соссюрита, чешуйки биотита интенсивно замещаются хлоритом и эпидотом.

Для получения достоверных геохронологических данных о времени внедрения и кристаллизации гнейсовидных гранитоидов ГНП нами были отобраны пробы весом 0,8–1,5 кг из типичных биотит-амфиболовых гнейсогранитов и выполнено U-Pb датирование цирконов из этих проб на ионном микрозонде SHRIMP II в ЦИИ ВСЕГЕИ по апробированной методике [9]. Для вычисления значений наиболее молодых возрастов по измеренным отношениям $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ и $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$, не скорректированным на обыкновенный свинец, в предположении о конкордантности U-Pb системы циркона строилась линия смешения между радиогенной и обыкновенной компонентами, пересечение которой с линией конкордии определяет возраст циркона.

В биотит-амфиболовых гнейсоплагиогранитах Вахталкинского массива (пр. 28.01) преобладают бесцветные крупные от 200 до 440 мкм кристаллы призматического габитуса с коэффициентом удлинения (Ку) 2,2–2,7 (рис. 1). Реже отмечаются эллипсоидальные и чечевицеобразные зерна длиной 200–300 мкм и с Ку 2,1. В катодолуминесценции (КЛ) наблюдается секториальная зональность в комбинации с тонкой ретикулярной. Изредка отмечаются неотчетливо выраженные ядра. В центральной части кристаллов содержания U 19–135, ср. 61, Th 4–77/24 г/т, Th/U 0,2–0,61/0,36, в периферийных зонах циркона отмечаются более высокие содержания U 431–3500, ср. 1325, Th 49–151, ср. 106 г/т и низкие Th/U 0,03–0,28/0,14 (таблица).

Цирконы гнейсогранитов Тумханского массива (пр. 54.10) морфологически отличаются от цирконов гнейсогранитов Вахталкинского массива. Они представлены более мелкими (70–250 мкм) бесцветными идиоморфными призматическими (Ку 2–5) кристаллами с хорошо развитыми гранями дипирамиды; отмечается 5–10% овальных и округлых зерен (Ку 1,5–3) длиной до 100–150 мкм (рис. 2).

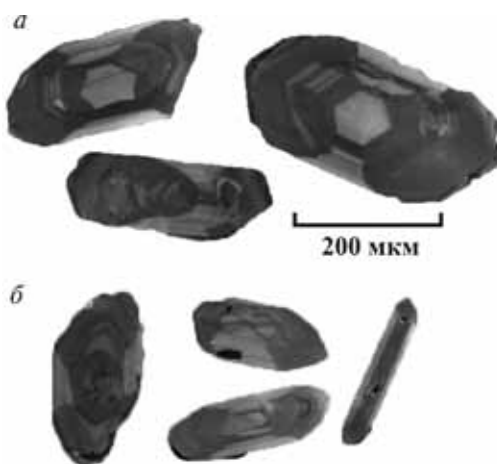


Рис. 1. Микрофотографии КЛ цирконов из биотит-амфиболовых гнейсоплагиогранитов Вахталкинского (пр. 28.01) – а и Тумханского (пр. 54.10) – б массивов Ганальского поднятия

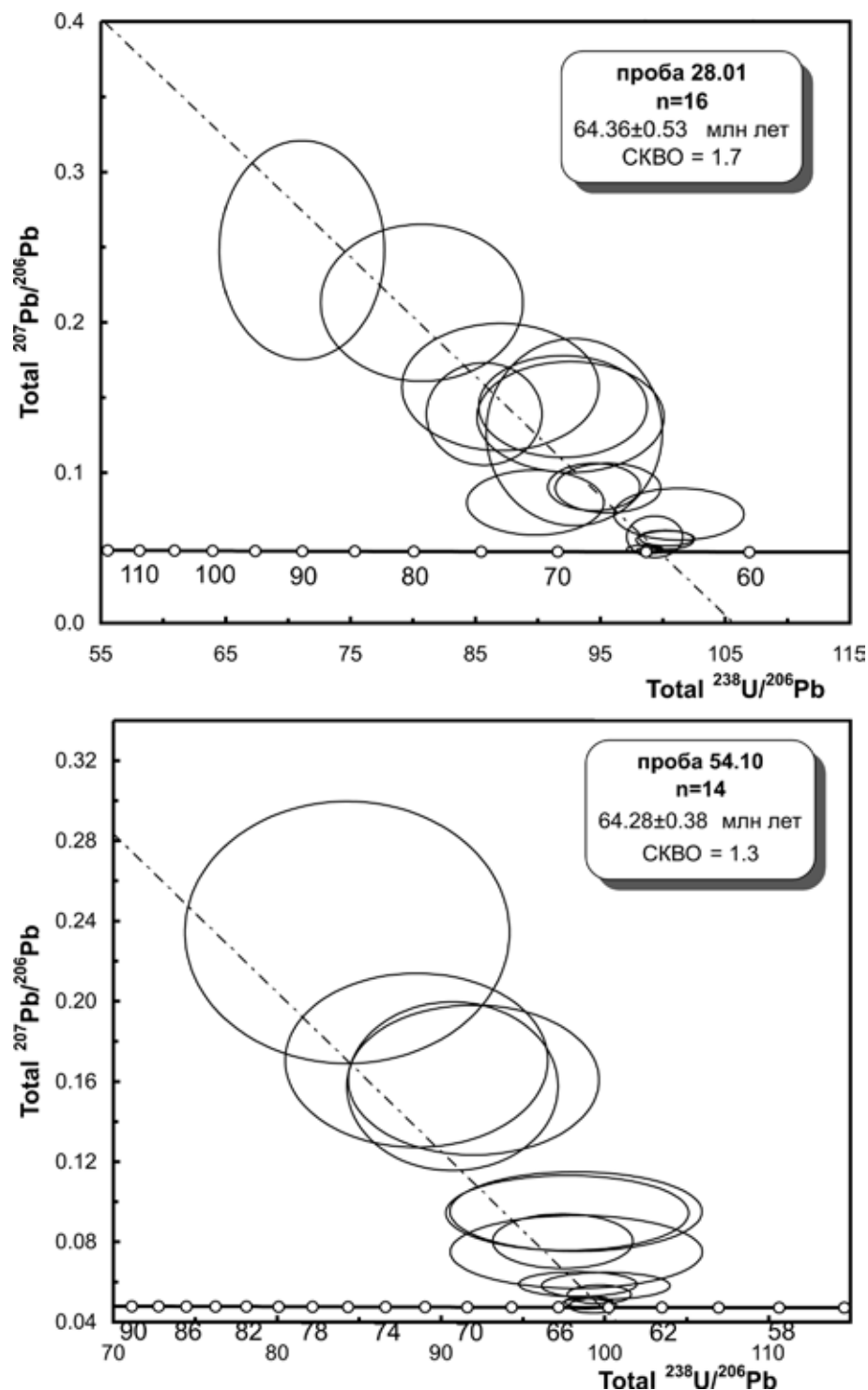


Рис. 2. U-Pb диаграмма с конкордией для цирконов из биотит-амфиболовых гнейсогранитов нижней части Вахталкинского массива (пр. 28.01) и из биотит-амфиболовых гнейсоплагиогранитов Тумханского массива (пр. 54.10). Погрешности приведены на уровне 2σ

В КЛ наблюдаются нечеткие комбинации тонкой, грубой и секториальной зональности. В 30% зерен цирконов присутствуют округлые минеральные включения темно-серого цвета. Геохимические характеристики цирконов из гнейсогранитов обеих массивов сходны, содержания U 13–111, ср. 49, Th 2–80, ср. 18 г/т, Th/U 0,02–0,77/0,31 (таблица). В краевых зонах цирконов фиксируются высокие содержания U 641–2943, ср. 1806, Th 5–96, ср. 48 г/т и Th/U 0,02–0,08/0,04. Метаморфических

оболочек в цирконах не обнаружено. Морфология, структурные особенности и умеренные средние содержания урана 61, 49, тория 24, 18 г/т и Th/U 0,36 и 0,31 свидетельствуют о магматическом генезисе цирконов гнейсогранитов Вахталкинского и Тумханского массивов. В пр. 54.10 выявлены два ксеногенных зерна более древнего возраста – 392 и 1065 млн лет (таблица, ан. 6.1 и 12.1, для которых установлены более высокие содержания U 244, 1014, Th 72, 237, Th/U 0,24, 0,31 г/т).

**Результаты SHRIMP U-Pb изотопного анализа цирконов из биотит-амфиболовых гнейсоплагиигранитов
Вахталкинского и Тумханского массивов Ганальского поднятия**

Пробы		²⁰⁶ Pb*, ppm	U, ppm	Th, ppm	²³² Th/ ²³⁸ U	Total ²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	± %	Total ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	± %
<i>Проба 28.01</i>									
1.1	ц	1,14	135	77	0,59	101,3	2,1	0,0724	9,7
1.2	ц	0,28	30	11	0,38	92,6	3,3	0,137	11
2.1	ц	0,64	64	15	0,23	85,7	2,2	0,139	10
3.1	ц	0,23	19	4	0,2	71,1	3,8	0,248	12
3.2	ц	1,12	123	41	0,35	94,5	1,6	0,0905	7,1
4.1	ц	0,67	69	22	0,33	89,8	2,5	0,0801	11
5.1	к	30,4	3500	116	0,03	98,98	0,4	0,04831	1,8
5.2	ц	0,43	46	28	0,61	92,9	3,1	0,127	20
6.1	ц	0,26	25	6	0,25	80,7	4,1	0,213	10
7.1	ц	0,23	24	6	0,28	87	3,7	0,157	11
8.1	к	3,7	431	88	0,21	100,19	0,9	0,0553	4,7
9.1	к	6,09	712	49	0,07	100,33	0,9	0,0563	3,6
10.1	к	13,5	1548	154	0,1	98,55	0,6	0,0491	2,4
11.1	ц	0,32	34	7	0,22	92	3	0,144	9,6
12.1	ц	0,91	101	49	0,49	95,6	1,8	0,0898	7,5
13.1	к	3,82	442	121	0,28	99,36	0,9	0,0574	9,8
<i>Проба 54.10</i>									
1.1	ц	0,2	23	6	0,25	97,7	3,1	0,0944	8,1
1.2	к	7,4	857	5	0,01	99,26	0,6	0,0481	3,1
2.1	ц	1	111	55	0,51	100,05	1,6	0,0581	4,7
2.2	к	0,4	40	13	0,33	90,7	2,9	0,1576	10,9
3.1	ц	0,2	20	6	0,33	98,23	3,2	0,0951	8,5
4.1	ц	0,2	20	4	0,21	98,25	3,2	0,075	9,9
5.1	ц	0,9	108	4	0,04	98,35	1,5	0,0589	4,3
6.1	ц	13,2	244	72	0,31	15,94	0,8	0,0575	1,2
7.1	ц	0,1	13	2	0,18	84,27	4,8	0,2343	11,4
7.2	к	0,2	21	5	0,25	88,5	3,7	0,1705	10,4
8.1	ц	1	108	80	0,7	97,43	1,8	0,0803	6,9
9.1	к	5,5	641	47	0,08	99,66	0,8	0,0538	3,5
10.1	ц	0,3	27	5	0,2	91,99	3,4	0,1607	9,5
11.1	к	24,2	2782	96	0,04	98,82	0,6	0,0491	2,2
11.2	к	25,5	2943	44	0,02	99,01	0,6	0,05	2,3
12.1	к	156,7	1014	237	0,24	5,56	0,3	0,0739	0,7

Примечание: ц – центр, к – край. Погрешности отношений и U-Pb возраста (одна сигма), изотопные отношения (Total) измерены без коррекции на обыкновенный свинец, погрешность измерения стандартов 0,4% (одна сигма).

Таким образом, датированием цирконов SHRIMP U-Pb-методом из амфибол-биотитовых гнейсоплагиигранитов Вахталкинского и Тумханского массивов ГНП отмечено присутствие в изученных интрузиях только магматических цирконов с практически одинаковыми датировками $64,36 \pm 0,53$ и $64,28 \pm 0,38$ млн лет (погрешность на уровне 2σ), что позволяет уверенно фиксировать проявление раннего гранитоидного магматизма в ГНП раннедатским возрастом. Как и в гнейсогранитах кольского комплекса Срединно-Камчатского поднятия [9], в биотит-амфиболовых гнейсогранитах Ганальского поднятия отмечаются ксеногенные цирконы, но не столь широкого возрастного спектра – среднедевонские и позднерифейские.

Структурно-геологические, петрографические и геохронологические исследования позволяют утверждать, что изученные гнейсовидные плагиигранитоиды Вахталкинского и Тумханского массивов,

приуроченные к различным частям стратиграфического разреза ганальской серии и отнесенные ранее к разновозрастным комплексам (от докембрия до миоцена), представляют собой единый раннедатский магматический комплекс, который предлагается называть вахталкинским.

Работа выполнена во ВСЕГЕИ по объекту Федерального агентства по недропользованию (Роснедра) «Создание комплектов государственных геологических карт РФ масштаба 1 : 1 000 000, лист N-57».

1. Аккреционная тектоника Восточной Камчатки / под ред. Ю.М. Пушаровского. – М.: Наука, 1993. – 272 с.
2. Геологическая карта СССР. Масштаб 1 : 1 000 000 (новая серия). Лист N-(56), 57- Петропавловск-Камчатский. Объясн. зап. – Л., 1989. – 98 с.
3. Герман Л.Л. Древнейшие кристаллические комплексы Камчатки. – М.: Недра, 1978. – 128 с.

4. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Корякско-Камчатская. Лист N-57 – Петропавловск-Камчатский. Объясн. зап. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2006. – 376 с.
5. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Серия Западно-Камчатская, лист N-57-XX. Объясн. зап. – М., 1981. – 128 с.
6. Кузьмин В.К. Возраст осадконакопления и метаморфизма терригенных пород Срединно-Камчатского и Ганальского поднятий по результатам U-Pb-SHRIMP датирования циркона // Докл. РАН. 2014. Т. 454. № 6. – С. 689–694.
7. Кузьмин В.К. Геохимические и изотопно-геохимические характеристики позднемезозойских метатерригенных пород Западной и Восточной Камчатки – индикаторы источников питания и условий формирования протолита // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории. Т. II. – Новосибирск, 2013. – С. 130–134.
8. Кузьмин В.К., Богомолов Е.С. Источники вещества метатерригенных толщ Срединно-Камчатского и Ганальского поднятий в свете новых Sm-Nd изотопно-геохимических данных // Геотектоника. 2013. № 3. – С. 87–96.
9. Кузьмин В.К., Богомолов Е.С., Родионов Н.В. Новые U-Pb-SHRIMP, Sm-Nd и Rb-Sr данные о кампанском возрасте и генезисе гнейсовидных плагиогранитов Кольского и Крутогоровского массивов (Срединно-Камчатское поднятие) // Докл. РАН. 2014. Т. 456. № 1. – С. 70–76.
10. Кузьмин В.К., Родионов Н.В. О возрасте осадконакопления и метаморфизма плагиогнейсов ганальского и гранулитового комплексов Ганальского выступа (Восточная Камчатка) // Докл. РАН. 2011. Т. 436. № 4. – С. 494–498.
11. Львов А.Б., Богомолов Е.С., Левченков О.А. и др. Геолого-геохронологическое изучение Ганальского хребта Камчатки // Изотопная геохимия и космохимия. – М.: Наука, 1990. – С. 103–118.
12. Рихтер А.В. О строении метаморфических комплексов Ганальского хребта (Камчатка) // Геотектоника. 1991. № 1. – С. 98–108.
13. Соловьев А.В. Изучение тектонических процессов в областях конвергенции литосферных плит: методы трекового и структурного анализа. – М.: Наука, 2008. – 319 с. (Труды ГИН РАН. Вып. 577.)
14. Ханчук А.И. Эволюция древней сиалической коры в островодужных системах Восточной Азии. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. – 137 с.
15. Bindeman I.N., Vinogradov V.I., Valley J.W. et al. Archean protolith and accretion of crust in Kamchatka: SHRIMP dating of zircons from Sredinny and Ganal massifs // J. of Geology. 2002. Vol. 110. – P. 271–289.

Кузьмин Владимир Константинович – канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ. <vkuzmin@mail.ru>. Родионов Николай Викторович – канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ. <rodionov@vsegei.ru>.