

Химия. Геология. Природные ресурсы

УДК 550.2:551.72

В.Е. Стриха

U-PB ИЗОТОПНЫЙ ВОЗРАСТ (SHRIMP-II) ГРАНИТОИДОВ МАГДАГАЧИНСКОГО КОМПЛЕКСА УМЛЕКАНО-ОГОДЖИНСКОЙ ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Приведены результаты геохронологических (U-Pb метод по цирконам на микрозонде SHRIMP-II) и изотопно-геохимических исследований пород Сергеевского и Ускалинского массивов магдагачинского комплекса Умлекано-Огоджинской вулканоплутонической зоны. Для умеренно-щелочных гранитов Ускалинского массива изотопный возраст составляет $129,8 \pm 0,6$ млн. лет, СКВО – 0,054, вероятность – 0,82; Сергеевского массива – $127,8 \pm 1,1$ млн. лет, СКВО – 0,72, вероятность – 0,40. Комплекс формировался во внутриплитной обстановке, синхронно с гранитоидами нормальной щелочности и гранитами А-типа, вероятно, в связи с Северо-Азиатским суперплюмом.

Ключевые слова: Верхнее Приамурье, Умлекано-Огоджинская зона, умеренно-щелочные граниты, ранний мел, SHRIMP-II, внутриплитный магматизм.

U-PB ISOTOPE AGE (SHRIMP-II) OF GRANITOIDS OF A MAGDAGACHINSKY COMPLEX OF THE UMLEKANO-OGODZHINSKY VULKANO-PLUTONIC ZONE.

The article provides the results of geochronological (U-Pb a method on zircon in SHRIMP-II microprobe) and isotope and geochemical researches of breeds of Sergeevsky and Uskalinsky massifs from Magdagachinsky complex in the Umlekan-Ogodzhinsky vulkano-plutonic zone. For the of moderate lyalkalinity granites of the Uskalinsky massif the isotope age makes $129,8 \pm 0,6$ million years, by MSWD = 0,054, probability 0,82, the Sergeevsky massif – $127,8 \pm 1,1$ million years, by MSWD = 0,72, probability 0,40. The complex was formed in an intra slabby situation, synchronously with granitoids of normal alkalinity and granites of A-type probably in connection with the North Asian superplyum.

Key words: Upper Priamurye, Umlekan-Ogodzhinsky zone, moderate lyalkalinity granites, early chalk, SHRIMP-II method, intraplate magmatism.

Умлекано-Огоджинская вулканоплутоническая зона широтной ориентации, протягивающаяся от среднего течения р. Б. Невер до верховьев р. Селемджи, является продолжением Большехинганского магматического пояса на территории России (рис. 1). Пояс перекрывает структуры раннепалеозойских Аргунского и Буря-Ханкайского орогенных поясов, сложен магматическими образованиями позднеюрско-раннемелового возраста и простирается в северо-восточном направлении по территории Внутренней Монголии, Китая и России более чем на 1000 км.

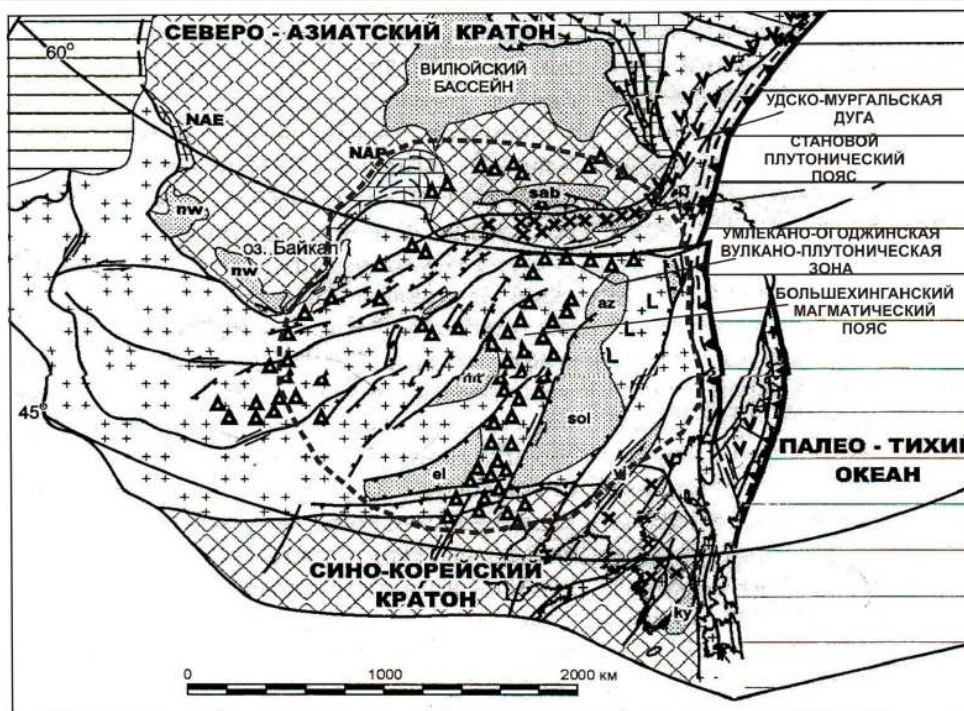


Рис. 1. Палеотектоническая реконструкция Востока Азии для средней юры – раннего мела (145 млн. лет), по [12] с некоторыми изменениями и дополнениями автора:

1 – кратоны; 2 – пассивные континентальные окраины; 3 – складчато-надвиговые пояса: Байкало-Патомский (NAP), Восточно-Ангарский (NAE); 4 – океаническая кора; 5 – эпиконтинентальное море; 6 – коллаж аккрецированных террейнов; 7 – осадочные бассейны (az – Амуро-Зейский, ku – Куонгсанский, hlt – Хайларский, pw – Западно-Сибирский, sab – Южно-Алданский, sol – Сунляо, el – Эрлянь и др.); 8 – зоны субдукции и аккреционного клина; 9-10 – образования надсубдукционных магматических дуг: 9 – преимущественно вулканические, 10 – преимущественно плутонические; 11-12 – вулканические и плутонические образования внутриплитных магматических поясов (плюмов): 11 – умеренно-щелочные и щелочные, 12 – бимодальные, связанные с рифтогенезом; 13-15 – структурно-тектонические элементы: 13 – надвиги, 14 – сдвиги, 15 – сбросы; 16 – контуры Северо-Азиатского суперплюма, по [14].

Магдагачинский комплекс впервые выделен в работе [1] по данным среднемасштабных геологических работ и объединяет умеренно-щелочные гранитоиды, слагающие мелкие тела и массивы площадью до 300 км² в западной части Умлекано-Огоджинская вулcano-плутонической зоны – Магдагачинский, Горчаковский, Исагачинский, Сергеевский, Ускалинский.

В данной работе приведены результаты исследований изотопного возраста гранитов U-Pb методом по цирконам, петрогеохимических особенностей пород магдагачинского комплекса, проведена оценка геодинамических условий его формирования.

Комплекс сложен породами двух фаз: I фаза – граносиениты, II фаза – субщелочные граниты и гранит-порфиры. Для гранитоидов II фазы характерно наличие крупных (до 6-8 см) порфировидных выделений калиевого полевого шпата, нередко имеющего отчетливо выраженное зональное строение, подчеркнутое ориентированным размещением включений темноцветных минералов и плагиоклаза. В краевых (апикальных) частях Магдагачинского массива широко развиты гранит-порфиры фации эндоконтакта.

В качестве петротипа может служить Ускалинский массив, расположенный в междуречье рек Ершистая, Топака, Половинка, Камкомрой. Площадь выхода массива на поверхность составляет более 80 км. В плане массив имеет сложную форму и вытянут в северо-западном направлении на 15 км, при ширине до 7 км (рис. 2). В его строении участвуют породы двух фаз. Граносиениты I фазы слагают северо-восточную часть массива площадью около 30 км². Наибольшим развитием пользуются умеренно-щелочные граниты II фазы. Они слагают юго-западную часть массива площадью около 50 км². Вмещающие осадочные породы верхней юры метаморфизованы с образованием контактовых ореолов шириной от 150 м в юго-западной части массива и до 1-1,5 км – в северо-восточной. Этот

факт свидетельствует о крутом падении контактовой поверхности массива на юго-западе и пологом – на северо-востоке. По геофизическим данным предполагается падение юго-западного контакта под массив, а также его продолжение на 3-4 км в западном направлении. Объемная форма массива, таким образом, представляется как падающая на северо-восток пластина.

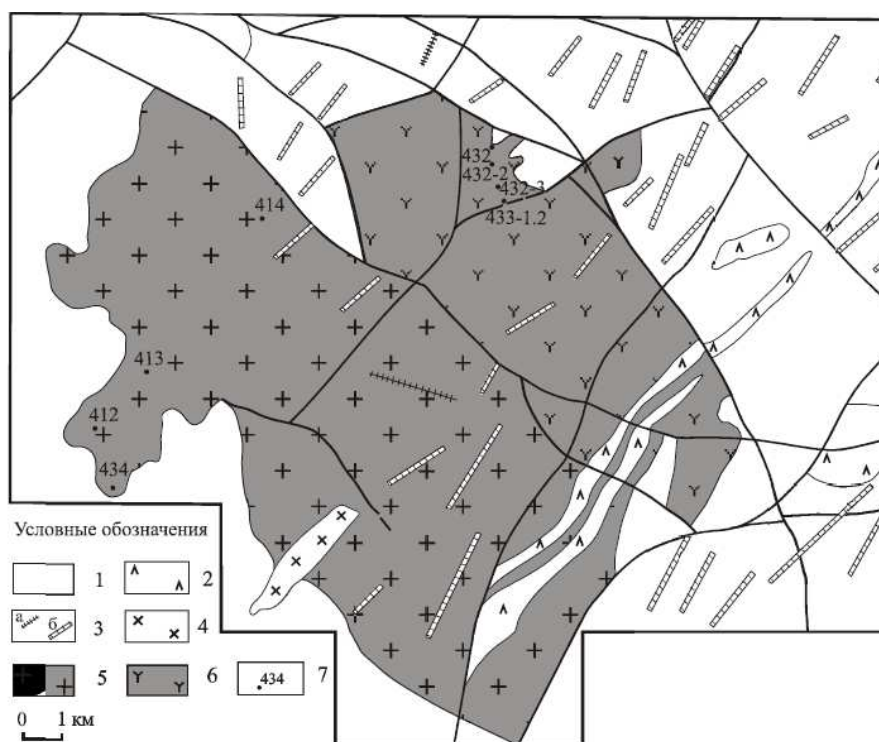


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Ускалинского массива. Составлена по материалам среднemasштабной геологической съемки (Вольская и др., 1979) с изменениями автора:

1 – средне-позднеюрские осадочные отложения; 2 – позднемеловые дайки кислого и среднего состава; 3 – раннемеловые дайки: диоритовые порфириды, кварцевые диоритовые порфириды (а), андезиты (б); 4 – микродиориты; 5 – умеренно-щелочные граниты II фазы; 6 – граносиениты I фазы; 7 – места отбора проб.

По химическому составу породы магдагачинского комплекса являются умеренно-щелочными, высококалийными образованиями магнетитовой серии. По степени их насыщенности глиноземом преобладают метаглиноземистые разности, менее развиты перглиноземистые. В большинстве случаев они отвечают породам I-типа, и только среди граносиенитов I фазы отмечаются разности, обладающие высокой глиноземистостью, характерной для гранитоидов S-типа.

По содержанию элементов-примесей породы в целом характеризуются обогащенностью крупноионными литофилами и обедненностью высокочарядными элементами. Граносиениты отличаются от умеренно-щелочных гранитов более высокими содержаниями легких РЗЭ, а в большей степени – тяжелых РЗЭ, пологим распределением их нормированных содержаний ($Tb_N/Yb_N = 1,8$ и $3,2-4,5$ соответственно), присутствием отчетливо выраженной отрицательной аномалии Eu ($Eu/Eu^* = 0,50-0,58$ и $0,79-0,85$ соответственно) и меньшей дифференцированностью их распределения. $(La/Yb)_N$ отношение для граносиенитов – 15-16, умеренно-щелочных гранитов – 27-63.

На дискриминационных диаграммах породы магдагачинского комплекса интерпретируются неоднозначно, по соотношению петрогенных элементов располагаясь в полях позднеорогенных и постколлизийных образований, редких и рассеянных элементов – в пределах полей островодужных, поздне- и постколлизийных, редко – синколлизийных образований.

U-Pb датирование цирконов осуществлялось на ионном микрозонде SHRIMP-II в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского. Измерения U-Pb отношений на SHRIMP-II проводились по методике, описанной в статье [2]. Интенсивность первичного пучка молекулярных

отрицательно заряженных ионов кислорода составляла 5 нА, диаметр пятна (кратера) – 25 мкм. Обработка полученных данных осуществлялась с использованием программы SQUID [3]. U-Pb отношения нормализовались на значение 0,0668, приписанное стандартному циркону TEMORA, что соответствует возрасту этого циркона 416,75 млн. лет [4]. Погрешности единичных анализов (отношений и возрастов) – на уровне одной сигмы, погрешности вычисленных конкордантных возрастов и пересечений с конкордией – на уровне двух сигм. Построение графиков с конкордией [5] осуществлялось с использованием программы ISOPLOT/EX [6]. Диаграммы с конкордией приведены на рис. 3 (для Ускалинского массива) и рис. 4 (для Сергеевского массива).

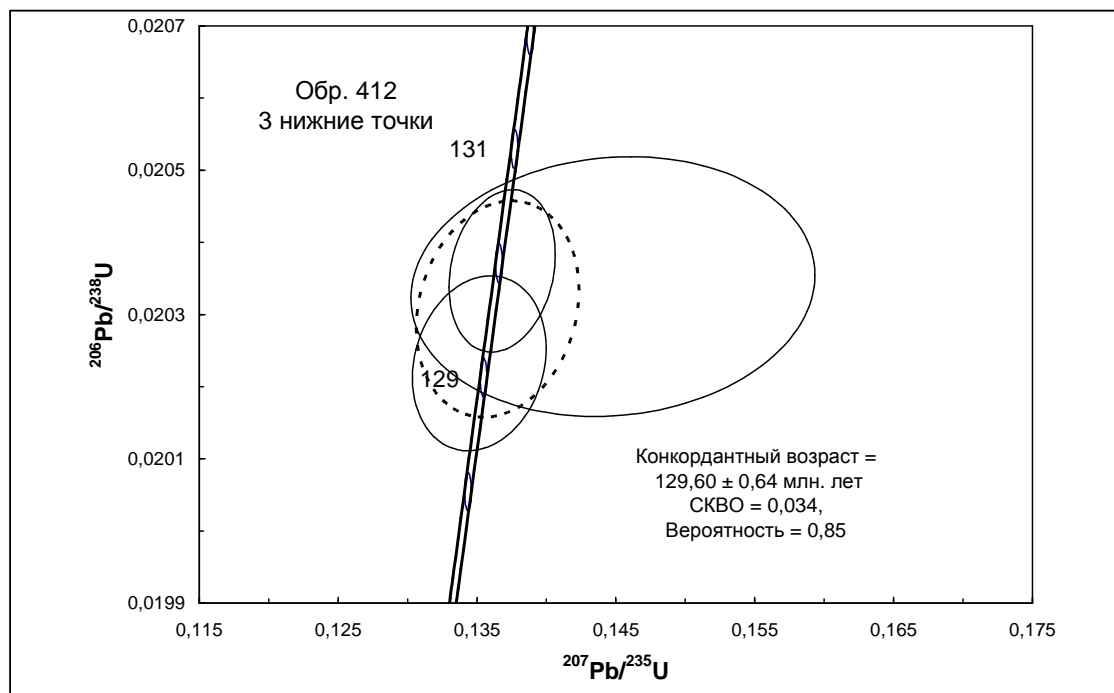


Рис. 3. Диаграмма с конкордией для цирконов из гранитов Ускалинского массива для пяти наиболее молодых точек.

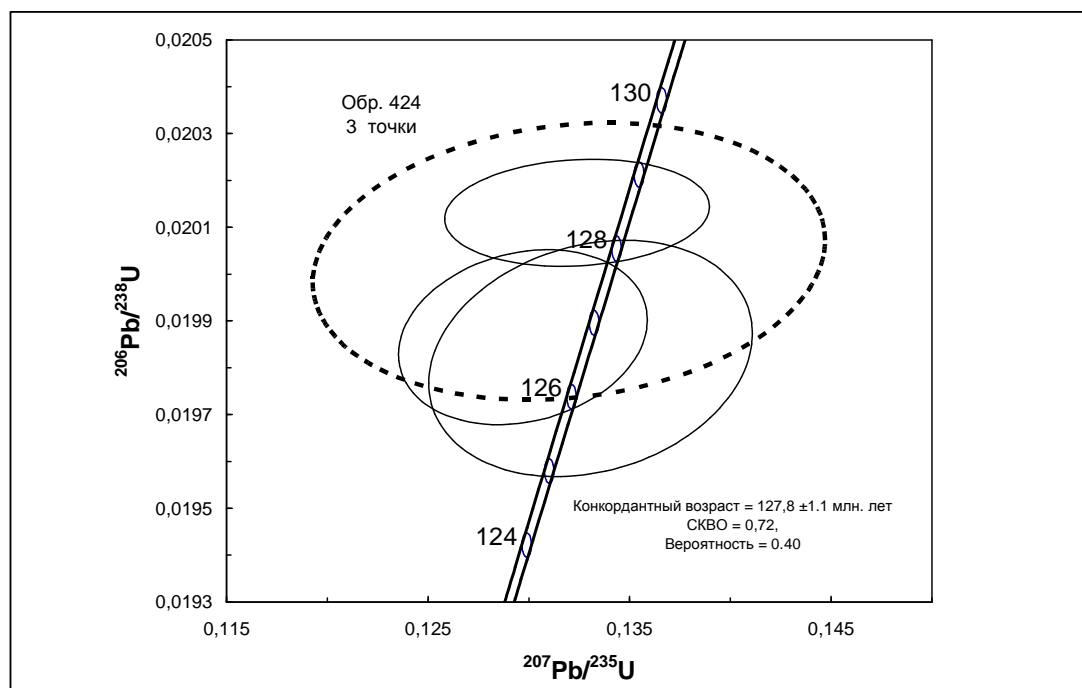


Рис. 4. Диаграммы с конкордией для цирконов из гранитов Сергеевского массива для трех наиболее молодых точек.

Для определения U-Pb изотопного возраста пород граносиенит-гранитовой ассоциации были проведены исследования цирконов из умеренно-щелочных гранитов Ускалинского (обр. 412) и Сергеевского (обр. 424, карьер на южной окраине пос. Дактуй) массивов, представленных прозрачными и полупрозрачными кристаллами желтоватого цвета.

Кристаллы субидиоморфные и идиоморфные, коротко- и длиннопризматического облика. Катодолуминесцентное изображение цирконов демонстрирует отчетливую концентрическую и секториальную зональности роста. В некоторых зернах видны зоны с криволинейными округлыми границами, – вероятно, разделяющими унаследованные ядра и магматические обрастания. Для незональной каймы и близких к ним зон получены наиболее молодые раннемеловые датировки, по которым рассчитывался изотопный возраст завершающего этапа формирования пород. Для умеренно-щелочных гранитов Ускалинского массива изотопный возраст составляет $129,8 \pm 0,6$ млн. лет, СКВО – 0,054, вероятность – 0,82; Сергеевского массива – $127,8 \pm 1,1$ млн. лет, СКВО – 0,72, вероятность – 0,40.

В совокупности полученные данные изотопного возраста позволяют оценивать время формирования пород магдагачинского комплекса в диапазоне 130.4 – 126.7 млн. лет. Для пород характерно присутствие реликтового циркона магматического облика с возрастом от 250 до 490 млн. лет (таблица), что может свидетельствовать как о смешанном характере протолита гранитоидов и присутствии в его составе вещества палеозойского возраста, так и о контаминации гранитным расплавом палеозойского вещества магматического генезиса.

U-Pb изотопные данные, определенные на микрозонде SHRIMP-II для субщелочных гранитов II фазы граносиенит-гранитовой ассоциации Умлекано-Огоджинской зоны

Точка	Содержания, г/г			Изотопные соотношения				Возраст, млн. лет
	U	Th	²⁰⁶ Pb*	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±%	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±%	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U
412.2.2	1727	104	30,1	0,1352	2,4	0,020232	0,4	129,12 ± 0,51
412.5.1	1327	390	24	0,1448	6,6	0,02034	0,58	129,8 ± 0,75
412.3.1	2003	338	35,1	0,1368	1,8	0,020361	0,36	129,93 ± 0,47
412.8.1	1219	326	21,7	0,1351	2,8	0,02062	0,72	131,56 ± 0,94
412.7.1	447	261	8,23	0,14	10	0,02082	0,92	132,9 ± 1,2
412.1.2	1355	136	24,4	0,1395	2,8	0,020912	0,44	133,42 ± 0,57
412.6.1	426	79	7,84	0,137	7,5	0,02123	0,83	135,4 ± 1,1
412.4.1	313	15	19,5	0,564	2,8	0,07228	0,62	449,9 ± 2,7
412.2.1	502	375	32,7	0,583	2,5	0,07552	0,48	469,3 ± 2,2
412.1.1	198	40	13,5	0,605	4,1	0,0791	0,84	490,7 ± 4
424.9.1	396	148	6,62	0,1268	5,4	0,01935	0,9	123,5 ± 1,1
424.5.1	491	61	8,38	0,1331	4	0,01982	0,84	126,5 ± 1,1
424.8.1	991	440	17	0,1297	3,1	0,01987	0,62	126,8 ± 0,78
424.7.1	570	205	9,87	0,1324	3,3	0,020131	0,37	128,48 ± 0,48
424.2.1	77	31	1,42	0,115	38	0,02128	2,7	135,8 ± 3,5
424.3.1	526	665	18	0,274	4	0,03961	2,3	250,4 ± 5,7
424.3.2	69	29	2,42	0,25	16	0,04008	1,5	253,3 ± 3,8
424.6.1	722	105	34,9	0,442	2,6	0,0563	1,9	352,9 ± 5,4
424.4.1	432	52	21,1	0,423	2,4	0,05682	0,87	356,3 ± 3
24.1.1	106	31	6,94	0,571	4,8	0,0761	0,7	472,8 ± 3,2

* Радиогенная часть свинца. Изотопные отношения скорректированы по ²⁰⁴Pb. Неточности измерений изотопных соотношений и возраста даны при 1σ.

Геохронологические исследования U-Pb методом (SHRIMP-II) по цирконам изотопного возраста пород магдагачинского комплекса указывают на раннемеловой возраст его становления в диапазоне 130.6 – 126.0 млн. лет. Значения U-Pb-изотопного возраста в целом согласуются с оценкой изотопного возраста умеренно-щелочных гранит-порфиров Магдагачинского (обр. 410-1, -2, -5, -6, южная окраина Магдагачи). Параметры Rb-Sr изохроны: T = $126,5 \pm 1,5$ млн. лет, при (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)₀ = $0,70774 \pm 0,00018$ и СКВО = 1,0 [7]. Совпадение оценки изотопного возраста пород граносиенит-

гранитовой ассоциации Rb-Sr методом по породообразующим минералам и локальным U-Pb-методом по цирконам позволяет считать примененную методику расчета изотопного возраста пород по наиболее молодым датировкам правильной, а оценку возраста гранитов магдагачинского комплекса Умлекано-Огоджинской зоны достоверной.

Таким образом, породы комплекса образовались не в позднеюрское время, как это предполагалось ранее, а характеризуют раннемеловой этап формирования Умлекано-Огоджинской вулканоплутонической зоны. Результаты геологического изучения последних лет показывают, что в пределах Селенга-Станового и Станового супертеррейнов широко развиты гранитоидные массивы, по вещественному составу аналогичные, а по изотопному возрасту синхронные магдагачинскому комплексу: Хайктинский амуджиканского комплекса [8], Чильчинский тындинско-бакаранского комплекса [9]. В это же время формируются массивы гранитоидов с нормальной щелочностью, – например, Джалиндинский [10] и граниты А-типа массива Водьюхэ [11]. Эти данные позволяют сделать вывод о существовании на территории Верхнего Приамурья широко проявленного этапа раннемелового гранитоидного магматизма, связанного со становлением внутриконтинентальных вулканоплутонических поясов Верхнеамурского, Станового и Большехинганского. Формирование гранитоидов различных геохимических типов традиционно связывают с определенными геодинамическими обстановками, но, как показывают геодинамические построения, формирование гранитоидных массивов Умлекано-Огоджинской зоны на рубеже 130-125 млн. лет происходило во внутриплитной обстановке после закрытия Монголо-Охотского океанического бассейна и формирования единого суперконтинента в результате коллизии Северо-Азиатского и Сино-Корейского кратонов, для Верхнего Приамурья завершившейся к концу ранней юры [12, 13]. Различие петрогеохимических особенностей в раннемеловых (130-125 млн. лет) гранитоидах в различных вулканоплутонических поясах Верхнего Приамурья связано с гетерогенностью исходных коровых субстратов, составом родоначальных мантийных магм и долей мантийного материала в составе гранитоидов [7].

Как формирование раннемеловых вулканогенных и плутонических образований Умлекано-Огоджинской зоны, так и раннемезозойская коллизия в пределах Верхнего Приамурья могут быть связаны с функционированием Северо-Азиатского суперплюма [14]. В средней юре – раннем мелу в пределах Верхнего Приамурья в условиях платформенного режима формируются породы Верхнеамурского и Деспского прогибов, внутриконтинентальный Большехинганский рифтогенный магматический пояс [12]. Прогибы характеризуются двучленным строением разреза: низы сложены среднеюрскими мелководными морскими отложениями, а верхи – пресноводно-континентальными отложениями верхней юры – нижнего мела, с участием вулканогенных пород по всему разрезу. Формирование вулканогенных образований Большехинганского пояса, включая и Умлекано-Огоджинскую зону на его северном окончании, сопровождается внедрением анорогенных гранитов, в том числе и синхронных, внедрением интрузий магдагачинского комплекса [11] и более молодых гранитоидных plutонов с постколлизийными характеристиками [15].

Альтернативой данной модели являются представления о формировании Большехинганского вулканоплутонического пояса в условиях трансформной континентальной окраины вследствие субдукции плиты Изанаги в позднемезозойское время [16].

1. Мартынюк, М.В., Рямов, С.А., Кондратьев, В.А. Объяснительная записка к схеме расчленения и корреляции магматических комплексов Хабаровского края и Амурской области (Отчет по теме № 330 за 1987-1990 гг.). – Хабаровск, 1990. – 250 с.

2. Williams, I.S. U-Th-Pb Geochronology by Ion Microprobe // McKibben, M.A., Shanks III, W.C. and Ridley, W.I. (Eds). Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes, Reviews in Economic Geology. – 1998. – V. 7. – P. 1-35.

3. Ludwig, K.R. SQUID 1.00. A User's Manual; Berkeley Geochronology Center Special Publication. – 2000. – № 2.

4. Black, L.P., Kamo, S.L. etc. TEMORA 1: A new zircon standard for U-Pb geochronology // *Chemical Geology*. – 2003. – V. 200. – P. 155-170.
5. Wetherill, G.W. Discordant uranium-lead ages // *Trans. Amer. Geophys. Union*. – 1956. – V. 37. – P.320-326.
6. Ludwig, K.R. User's manual for Isoplot /Ex. Version 2.10. A geochronological toolkit for Microsoft Excel // *Berkeley Geochronology Center Special Publication*. – 1999. – № 1a.
7. Стриха, В.Е. Мезозойские гранитоиды золотоносных районов Верхнего Приамурья. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2012. – Ч. 1 – 188 с. Ч. 2 – 196 с.
8. Стриха, В.Е., Петрук, Н.Н., Вахтомин, К.Д., Вольская, И.П., Коршунов, А.М., Шергина, Ю.П. Геология хайтинского интрузивного комплекса (Верхнего Приамурья) // *Тихоокеанская геология*. – 2000. – Т.19, № 5. – С. 25-37.
9. Ларин, А.М., Котов, А.Б., Сальникова, Е.Б. и др. Возраст и тектоническое положение гранитоидов тындинско-бакаранского комплекса Удско-Зейского магматического пояса // *ДАН*. – 2014. – Т. 456, № 3. – С. 314-319.
10. Кошеленко, В.В., Волкова, Ю.С. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. – Изд. 2-е. Серия Становая. – Лист N-51-X (Усть-Уркима). Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. – 244 с. (в печати).
11. Jahn, B.-M., Wu, F.-Y., Capdevila, R. et al. Highly evolved juvenile granites with tetrad REE patterns: the Woduhe and Baerzhe granites from the Great Xing'an Mountains in the NE China // *Lithos*. – 2001. – V. 59. – P. 171–198.
12. Парфенов, Л.М., Берзин, Н.А., Ханчук, А.И. и др. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // *Тихоокеанская геология*. – 2003. – Т. 22, № 6. – С. 7–41.
13. Роганов, Г.В., Кириллова, Г.Л., Кирьянова, В.В. и др. Состав и биота переходных юрско-меловых отложений в эпиконтинентальных бассейнах Приамурья // *Тихоокеанская геология*. – 2005. – Т. 24, № 4. – С. 3-23.
14. Ярмолюк, В.В., Коваленко, В.И., Кузьмин, М.И. Северо-Азиатский суперплум в фанерозое: магматизм и глубинная геодинамика // *Геотектоника*. – 2000. – № 5. – С. 3-29.
15. Стриха, В.Е., Агафоненко, С.Г. Елнинский массив Буриндинского комплекса Умлекано-Огоджинской вулcano-плутонической зоны Верхнего Приамурья: новые геохронологические, геохимические и изотопно-геохимические данные // *Вестник Камчатской региональной ассоциации «Учебный научный центр»*. Сер. «Науки о Земле». – 2014. – Вып. 23, № 1. – С. 151-167.
16. Seton, M., Muller, R.D., Zachirovic, S. et al. Global continental and ocean basin reconstruction since 200 Ma // *Earth-Sci. Rev.* – 2012. – V. 113. – P. 212-270.