

## ПАЛЕОЗОЙСКИЕ U-Pb SHRIMP-ДАТИРОВКИ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД БАШКИРСКОГО МЕГАНТИКЛИНОРИЯ

Башкирский мегантиклинорий (БМА) является наиболее крупной структурой Центрально-Уральской мегазоны на Южном Урале (рис. 1). Он сложен в основном различно измененными карбонатно-терригенными и в меньшей степени вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями мезо- и неопротерозоя (рифей и венда), среди которых присутствуют массивы, дайки и силлы магматических пород. В Общей стратиграфической шкале докембрия России [Стратиграфический кодекс..., 2006] в рифее выделены бурзянская, юрматинская и каратауская эратемы (серии). Наличие в указанных сериях трех уровней вулканогенных пород, последовательно во времени сменяющих друг друга, позволяет в идеале достаточно точно датировать основные рубежи эратем и продолжительность осадконакопления в рифее.

Вулканиды преимущественно основного состава известны в нижней (навышской) подсвите айской свиты нижнего рифея. Считается, что вулканогенно-осадочные образования невышской подсвиты со всех сторон обрамляют подстилающие разнородные песчаники нижней части разреза айской свиты и метаморфические образования тараташского комплекса ядра одноименного антиклинория. Южнее г. Кусы эффузивно-осадочные образования перекрыты более молодыми отложениями айской и вышележащих свит бурзянской и юрматинской серий и на всем более южном протяжении БМА больше не обнажаются (рис. 1).

Метабазальты и метариолиты присутствуют в нижней половине разреза машакской свиты. Эта свита распространена только на восточном крыле БМА и здесь залегает в основании юрматинской серии среднего рифея. Она прослеживается почти непрерывной полосой уральского простирания шириной от 5 до 10 км от г. Златоуст на севере почти до широты пос. Верхний Авзян на юге, длина полосы распространения около 220 км (см. рис. 1). Свита слагает хребты Машак, Шакитар, Белятур, Бол. Карагас, Бол. Шатак, горы Ямантау, Калпак, Маяк, Дунансунган и др.

На восточном крыле БМА в районе пос. Тирлян, расположенного в 30 км севернее г. Белорецк, вулканиды и вулканогенно-осадочные породы известны в средней части разреза аршинской свиты, которая, по мнению авторов, завершает разрез рифейской эонотемы [Козлов и др., в данном сборнике].

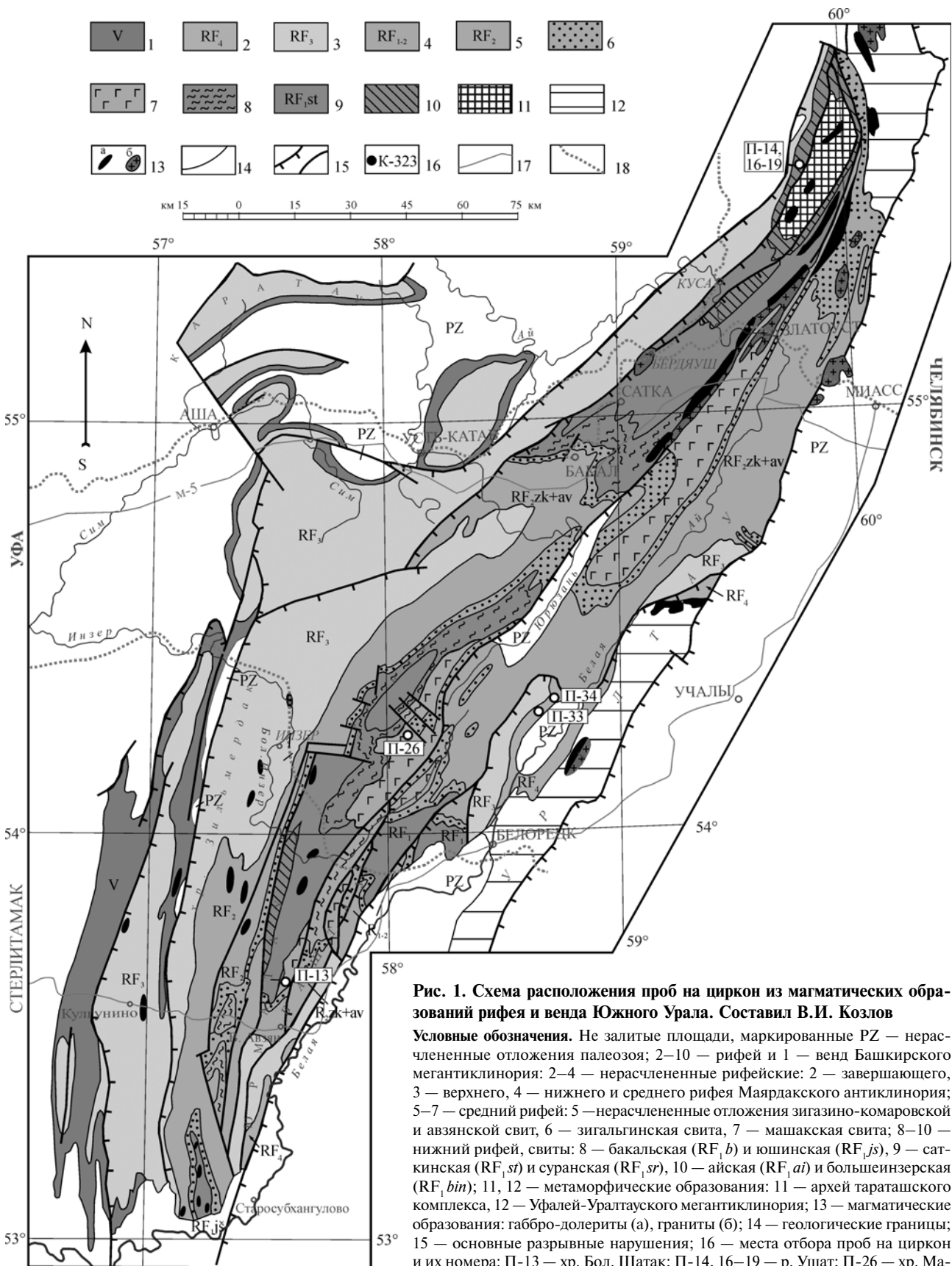
Здесь вулканиды приурочены к крыльям и северному центриклинальному замыканию Тирлянской синклинали на площади примерно 15×15 км к северу от пос. Тирлян. На простирании к северу и югу от этого участка вулканогенных пород больше не встречено.

До недавнего времени магматические породы Башкирского мегантиклинория относились почти исключительно к докембрию, что в последнее время подтверждается многочисленными изотопными датировками [Пучков и др., 2007], хотя в проанализированных пробах отдельные зерна цирконов имели статистически пренебрежимые палеозойские датировки. Лишь некоторые дайки свежих долеритов в Инзерской синклинали А.А. Алексеевым [1984] относились к палеозою на основании K-Ag датировок. Это подтверждается более поздними данными: Ag-Ag возраст дайки долеритов близ ст. Инзер определен как  $403 \pm 17$  млн. лет [Эрнст и др., 2008]. Непосредственно восточнее, на границе Зилаирской синформы и антиформы Уралтау, описана единственная дайка долеритов, рвущая кремни франа [Пучков, Иванов, 1981].

В последнее время, однако, у нас появилось достаточное количество палеозойских датировок из магматических пород, которые и нами, и предыдущими исследователями считались докембрийскими и относились к одному из трех стандартных уровней рифея. Как видно из табл. 1, в этих и подобных им пробах получены лишь единичные докембрийские определения, за редкими исключениями не образующие кластеры. Надо заметить, что природа и точность единичных измерений U и Pb цирконов методом SIMS SHRIMP такова, что мы не можем каждое из них считать за датировку: лишь статистическая обработка этих измерений, с учетом погрешностей, может приблизить нас к пониманию действительного возраста пород или их последующих метаморфических изменений.

Среди обсуждаемых палеозойских датировок, образующих статистически значимые кластеры, особое внимание привлекает узкий раннепалеозойский уровень. Статистически обработанные конкордантные датировки цирконов в магматических породах, залегающих в айской свите, дали уровни  $441,8 \pm 8,2$  млн. лет и  $437 \pm 11$  млн. лет (рис. 2, 3); среди машакской свиты: на р. Кузьелга —  $434,8 \pm 6,7$  млн. лет (рис. 4), на хр. Бол. Шатак —  $447 \pm 3,6$  млн. лет (рис. 5); в поле аршинской серии на р. Арше, на широте г. Игонин Камень —  $454,5 \pm 5,8$  млн. лет,

<sup>1</sup> Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург.



**Рис. 1.** Схема расположения проб на циркон из магматических образований рифея и венда Южного Урала. Составил В.И. Козлов

**Условные обозначения.** Не залитые площади, маркированные PZ — нерасчлененные отложения палеозоя; 2–10 — рифей и 1 — венд Башкирского мегантиклинория: 2–4 — нерасчлененные рифейские: 2 — завершающего, 3 — верхнего, 4 — нижнего и среднего рифея Маярдакского антиклинория; 5–7 — средний рифей: 5 — нерасчлененные отложения зигазино-комаровской и авзянской свит, 6 — зигальгинская свита, 7 — машакская свита; 8–10 — нижний рифей, свиты: 8 — бакальская (RF<sub>1b</sub>) и юшинская (RF<sub>1js</sub>), 9 — саткинская (RF<sub>1sr</sub>) и суранская (RF<sub>1sr</sub>), 10 — айская (RF<sub>1ai</sub>) и большеинзерская (RF<sub>1bin</sub>); 11, 12 — метаморфические образования: 11 — архей тараташского комплекса, 12 — Уфалей-Уралтауского мегантиклинория; 13 — магматические образования: габбро-долериты (а), граниты (б); 14 — геологические границы; 15 — основные разрывные нарушения; 16 — места отбора проб на циркон и их номера: П-13 — хр. Бол. Шатак; П-14, 16–19 — р. Ушат; П-26 — хр. Машак (р. Кузьелга); П-31 — хр. Маярдак; П-33 — р. Арша, против г. Игонин Камень; П-34 — руч. Половинный; 17 — автодороги; 18 — железные дороги

Таблица 1

U-Pb (Sims Shrimp II) датировки цирконов из верхнепротерозойских вулканитов Ю. Урала

№ пробы	№ выстрела	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	№ пробы	№ выстрела	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$
П-16 – RF <sub>1</sub> ai р. Ушат, базальт	K1890_1.1	2531±40	П-13 – RF <sub>2</sub> ms хр. Бол. Шатак, базальт	K2014_1.1	454±11
	K1890_1.2	1645±37		K2014_2.1	3629±44
	K1890_2.1	438,5±9,2		K2014_2.2	3358±47
	K1890_3.1	705±14		K2014_3.1	3341±43
	K1890_4.1	319,8±6,5		K2014_3.2	2948±40
	K1890_5.1	216,2±4,5		K2014_4.1	439,1±10
	K1890_6.1	318,6±6,1		K2014_5.1	476±11
	K1890_7.1	352,8±8,9		K2014_6.1	435,7±7,6
	K1890_1.3	2187±33		K2014_6.2	449,7±9,6
	K1890_8.1	1325±22		K2014_7.1	443,2±7,9
K1890_8.2	1316±22	K2014_8.1	457±13		
П-17 – RF <sub>1</sub> ai р. Ушат, базальт	K1891_1.1	442±10	П-31 – RF <sub>2</sub> bl хр. Маярдак (г. Белятур), амфиболит	K2061_1.1	461±10
	K1891_2.1	1139±43		K2061_1.2	462±11
	K1891_3.1	1416±41		K2061_2.1	441±10
	K1891_4.1	333,1±7,4		K2061_3.1	464±10
	K1891_5.1	1999±34		K2061_4.1	469,2±9,3
	K1891_6.1	1263±38		K2061_5.1	448,5±8
	K1891_7.1	1231±43		K2061_6.1	449,1±8,7
	K1891_8.1	428,7±8,6		K2061_7.1	448,5±8
K1891_9.1	443±9,1	K2061_8.1	455,6±7,4		
П-19 – RF <sub>1</sub> ai р. Ушат, базальт	K1892_1.1	453,5±9,1	П-33 – Var р. Арша, базальт	K2061_8.2	457,1±5
	K1892_2.1	457±12		K2064_1.1	459,6±8
	K1892_3.1	444±12		K2064_1.2	463,5±10
	K1892_4.1	423±11		K2064_2.1	450,8±8,2
	K1892_5.1	411,8±7,6		K2064_3.1	453,6±7,6
	K1892_6.1	439±10		K2064_4.1	434,1±8,2
	K1892_7.1	448,5±8,3		K2064_4.2	469±11
	K1892_8.1	460,3±8,7		K2064_5.1	459,8±7,7
	K1892_9.1	452,6±9,1		K2064_5.2	447,5±9,4
	K1892_10.1	444±15		K2064_6.1	539,7±9,1
П-26 – R <sub>2</sub> ms хр. Машак, р. Кузьелга, базальт	K-2013_6.1	344,9±7,5	П-34 – Var руч. Половинный, базальтовый порфирит	K2064_7.1	461,6±9,3
	K-2013_8.1	345,8±7,7		K2063_1.1	444,2±7,8
	K-2013_14.1	353,4±7,6		K2063_1.2	428,6±9,2
	K-2013_9.1	355,6±7,6		K2063_2.1	751±12
	K-2013_7.1	423,2±9,8		K2063_3.1	761±12
	K-2013_12.1	426±10		K2063_3.2	761±12
	K-2013_11.1	428,1±9,5		K2063_4.1	450±11
	K-2013_13.1	430±11		K2063_5.1	442,1±7,6
	K-2013_3.1	434±10		K2063_5.2	417,9±8,9
	K-2013_15.1	441,7±9,9		K2063_6.1	445,2±9,3
	K-2013_5.1	443±10		K2063_7.1	750±12
	K-2013_4.1	444±10			
	K-2013_2.1	445±10			
	K-2013_1.1	1317±26			
K-2013_16.1	1345±29				
K-2013_10.1	1357±28				

к северу от пос. Тирлян, на руч. Половинный —  $437 \pm 7,2$  млн. лет (рис. 6, 7). Что более удивительно, такой же кластер образуют U-Pb определения цирконов ( $455 \pm 5,6$  млн. лет) из метаморфизованных долеритов с реликтами миндалекаменной структуры на хр. Маярдак, где выделяется белетарская свита рифея (рис. 8). Все датировки укладываются

в узкий интервал 435–455 млн. лет (конец ордовика — лландовери, т.е. вблизи границы ордовика и силура).

Приведенные данные позволяют предполагать, что в пределах полей развития древних вулканитов имеются и нераспознанные (вследствие плохой обнаженности) дайки и силлы более молодых по-

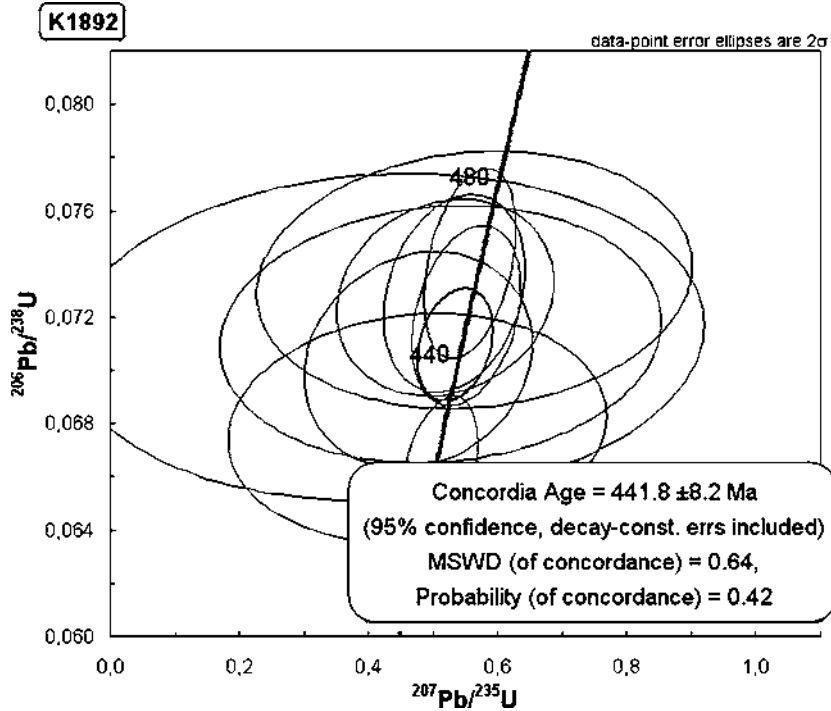


Рис. 2. Конкордия по данным SHRIMP для образца П-19 = K1891 (руч. Ушат, айская свита)

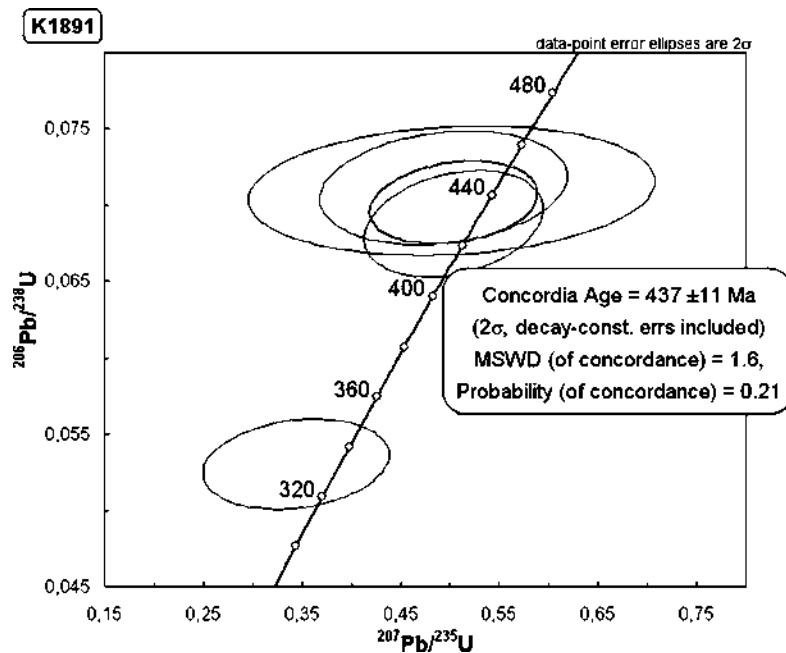


Рис. 3. Конкордия по данным SHRIMP для образца П-17 = K1892 (руч. Ушат, айская свита)

род, датируемых примерно на границе ордовика и силура.

Докембрийский (аршинский по возрасту) кластер в обр. 2063 (рис. 7) может отвечать ксеногенным

цирконам, захваченным из аршинской свиты. Более молодые статистически значимые датировки цирконов в обр. 2013 отвечают турне (рис. 4). В позднем палеозое на востоке БМА проявился зеленослан-

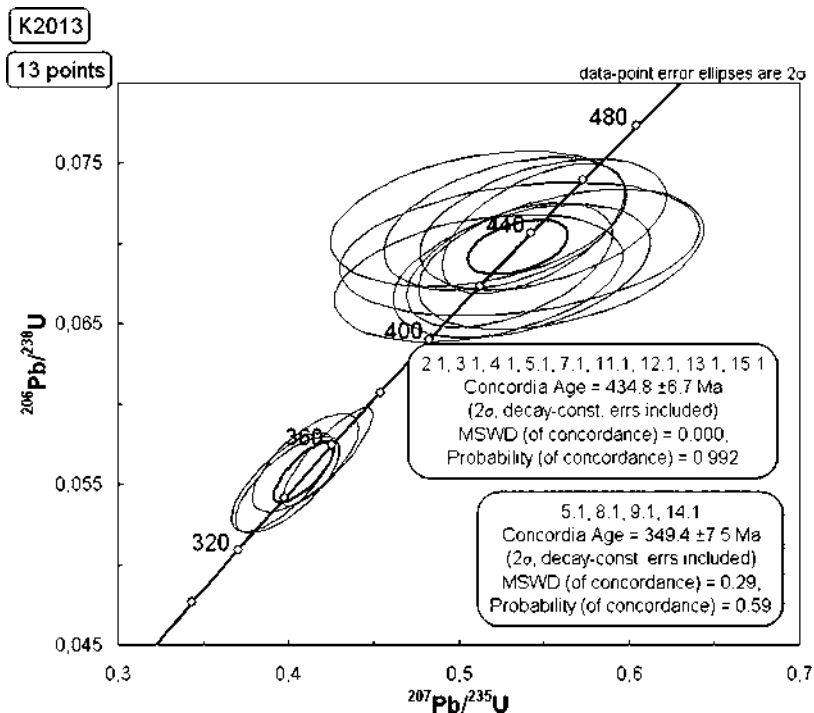


Рис. 4. Конкордия по данным SHRIMP для образца П-26 = K2019 (руч. Кузьелга, машакская свита)

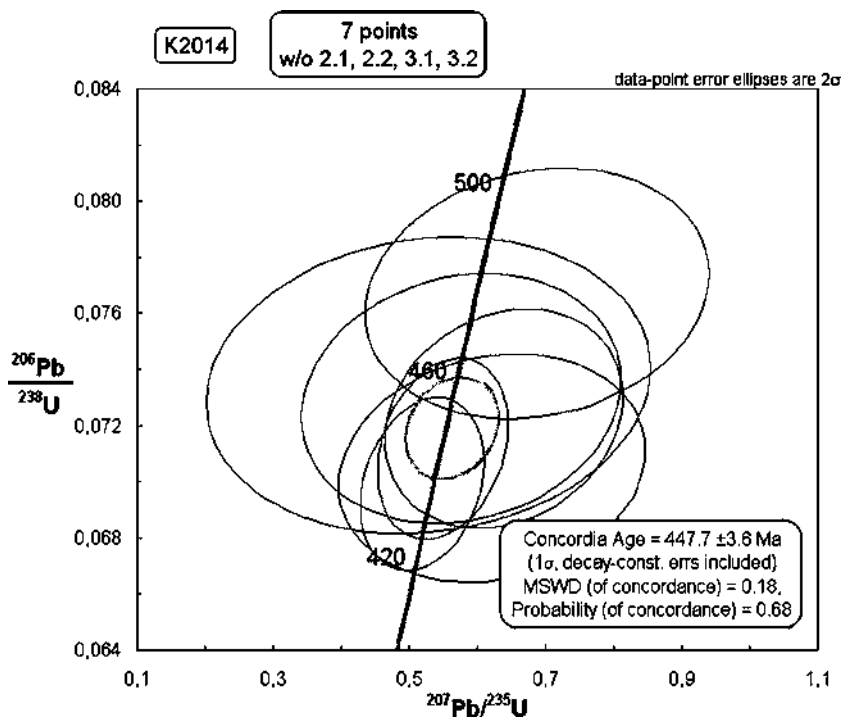


Рис. 5. Конкордия по данным SHRIMP для образца П-13 = 2014 (хр. Бол. Шатак, машакская свита)

цевый метаморфизм [Glasmacher et al., 1999, 2004]. В связи с этим в интерпретации рис. 4 возможны два варианта: либо более древний кластер отвечает магматической стадии образования породы, а бо-

лее молодой образовался при зеленосланцевом метаморфизме, либо первый представляет ксеногенные цирконы предыдущей стадии, а второй — магматические цирконы интрузивной стадии.

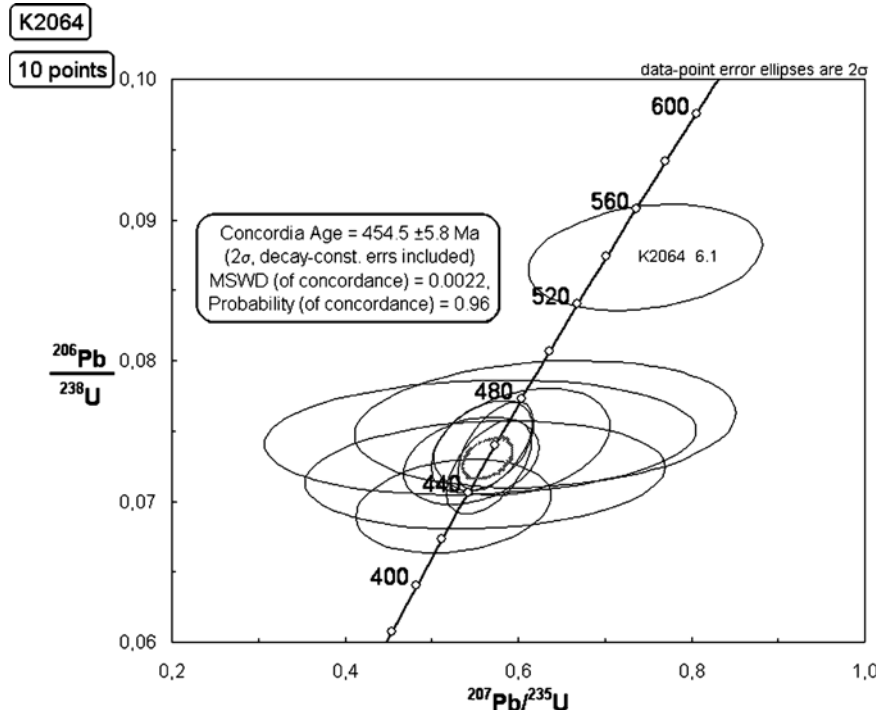


Рис. 6. Конкордия по данным SHRIMP для образца П-33 = K2064 (р. Арша, г. Игонин Камень, аршинская свита)

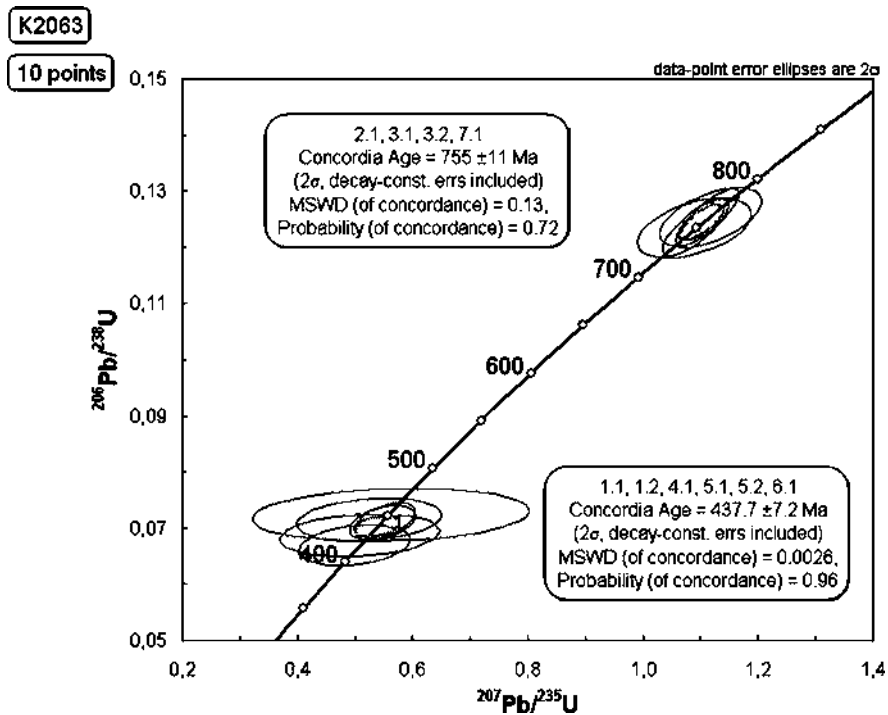


Рис. 7. Конкордия по данным SHRIMP для образца П-34 = K2063 (руч. Половинный, аршинская свита)

Из событий на западном склоне Ю. Урала лишь одно близко к ордовикско-силурийскому интрузивному этапу по возрасту и территориально, а возможно, и генетически: это возникновение большей части Ильмено-Вишневогорского щелочного комплекса (410–446 млн. лет), испытавшего

затем преобразования на рубежах позднего девона и перми [Недосекова, Белоусова, 2009; Иванов и др., 2010]. Повторное преобразование этого комплекса видно и по данным А.А. Краснобаева, на диаграмме рис. 9, для цирконов из сиенитов Вишневогорского комплекса (обр. К1896).

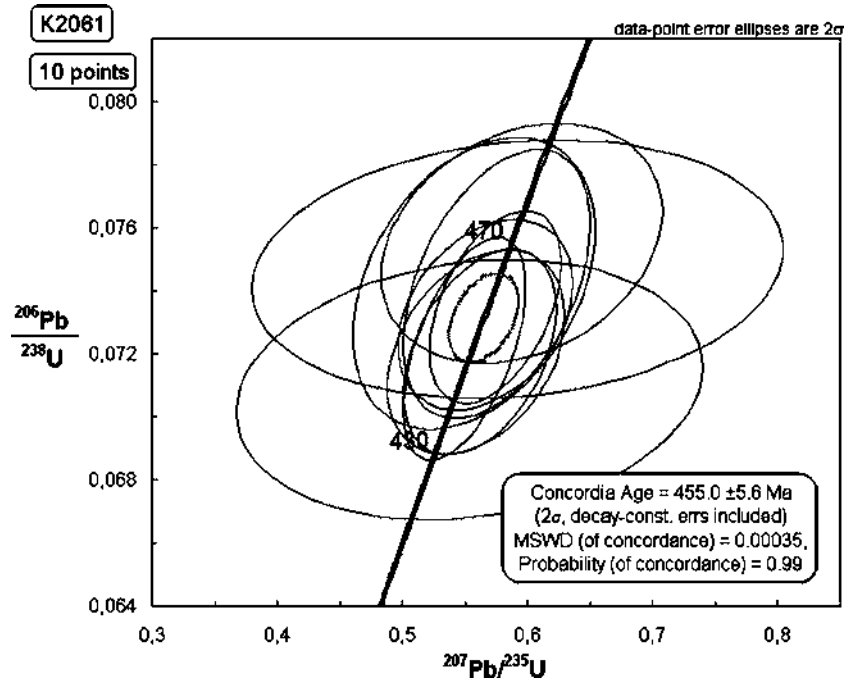


Рис. 8. Конкордия по данным SHRIMP для образца П-31 = K2061 (хр. Маярдак, белетарская свита)

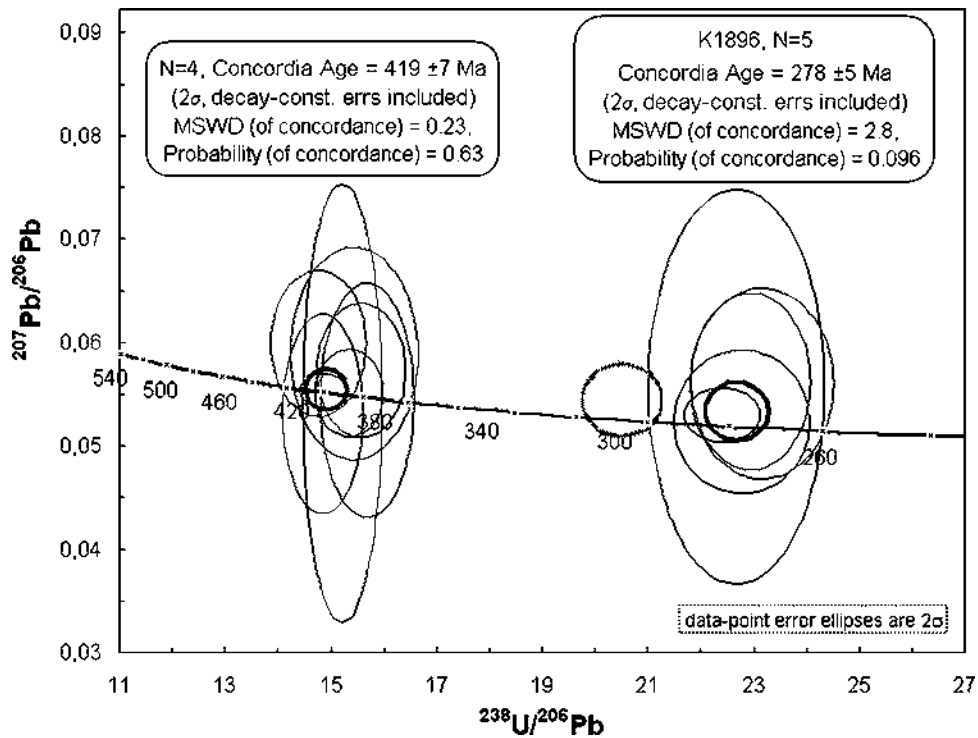


Рис. 9. Конкордия по данным SHRIMP для образца K1896 (сиениты Вишневогорского комплекса)

Нами высказано предположение о сходстве Ильмено-Вишневогорского комплекса с Монтерегийской группой субщелочных и щелочных интрузий, возникновение которой интерпретируется как след плюма на атлантической окраине Североамериканского континента [Пучков, 2010]. Разница в том, что последующие преобразования Ильмено-Вишневогорский комплекс претерпел на субдукционно-коллизиионной стадии, которая на окраине Атлантического океана не проявилась и ожидается еще не скоро.

#### **Литература:**

**Алексеев А.А.** Рифейско-вендский магматизм западного склона Южного Урала – М.: Наука, 1984. – 136 с.

**Иванов К.С., Вализер П.М., Ерохин Ю.В., Погромская О.Э.** О генезисе карбонатитов складчатых поясов (на примере Урала) // Докл. РАН. – 2010. – Т. 435, № 2. – С. 1–5.

**Козлов В.И., Пучков В.Н., Краснобаев А.А. и др.** Аршиний – новый стратон рифея в стратотипических разрезах Южного Урала // Геологический сборник № 9 / ИГ УНЦ РАН. – В печати.

**Недосекова И.Л., Белоусова Е.А.** Геохронология и изотопная геохимия Ильмено-Вишневогорского комплекса в свете новых Sm-Nd, Rb-Sr, U-Pb, Lu-Pa изотопных данных (Урал) // Петрогенезис и рудообразование: XIV чтения памяти А.Н. Заварицкого. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2009. – С. 274–277.

**Пучков В.Н.** Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. – 280 с.

**Пучков В.Н., Иванов К.С.** О наиболее позднем магматизме западного склона Урала и его тектоническом значении // Докл. АН СССР. – 1981. – Т. 260, № 3. – С. 623–627.

**Пучков В.Н., Краснобаев А.А., Козлов В.И. и др.** Предварительные данные о возрастных рубежах нео- и мезопротерозоя Южного Урала в свете новых U-Pb датировок. // Геологический сборник № 6 / ИГ УНЦ РАН. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2007. – С. 3–4.

Стратиграфический кодекс России / *Отв. ред. А.И. Жамойда* – 3-е изд. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. – 96 с.

**Эрнст Р.Э., Хейнс Дж.А., Пучков В.Н. и др.** Рекогносцировочное Ag-Ag датирование протерозойских долеритовых даек и силлов в Сибири и на Южном Урале: идентификация новых крупных магматических провинций и использование при реконструкции суперконтинента Нуна (Коламбия) // Материалы Совещания МТК. – М.: ГЕОС, 2008. – Т. 2. – С.3 20–321.

**Glasmacher U., Matenaar I., Bauer W., Puchkov V.N.** Diagenesis and incipient metamorphism in the western fold-and-thrust belt, SW Urals, Russia // Int. J. Earth Sci. (Geol. Rdsch.). – 2004. – 93. – P. 361–383.

**Glasmacher U., Reynolds P., Alekseyev A.A., Puchkov V.N. et al.** <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar thermochronology west of the Main Uralian fault, southern Urals, Russia // Geol. Rdsch. – 1990. – 87. – P. 515–525.