

ИЗОТОПНЫЙ ВОЗРАСТ ФЛОРОНОСНЫХ СЛОЕВ СТРАТОТИПА АМКИНСКОЙ СВИТЫ, ОХОТСКО-ЧУКОТСКИЙ ВУЛКАНОГЕННЫЙ ПОЯС

В. В. Акинин¹, Л. Б. Головнева², С. В. Щепетов²

¹Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, Магадан

²Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, С.-Петербург

U-Th-Pb-методом (SHRIMP-II) датированы цирконы из вулканических пород стратотипа амкинской свиты, содержащей ульинскую флору (Ульинский прогиб, Охотско-Чукотский вулканогенный пояс). Средневзвешенное значение возраста $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ девяти кристаллов циркона составило 85.5 ± 2 млн лет, что соответствует сантону или границе коньяка с сантоном.

Ключевые слова: амкинская свита, поздний мел, циркон, U-Pb геохронология, Охотско-Чукотский вулканогенный пояс.

ВВЕДЕНИЕ

Охотско-Чукотский вулканогенный пояс (ОЧВП) представляет собой тектонотип окраинно-континентальных (краевых) вулканогенных поясов (Белый, 1994). Он протягивается более чем на 3200 км от устья р. Уда в Хабаровском крае до п. Чаплино на Восточной Чукотке. В его южной части находится Ульинский прогиб, который занимает территорию бассейна р. Улья, верхнюю часть бассейна р. Урак, а также верховьев притоков Юдомы и Май, примыкающих к бассейну Улья с севера. Геологическое строение этого района определяется широким развитием меловых вулканических накоплений различного состава общей мощностью до 1–2 км. Эти вулканилиты с несогласием перекрывают докембрийские метаморфические породы и палеозойские отложения чехла Охотского массива, а также нижнеюрские песчаники Яно-Колымской складчатой области.

Стратиграфия Ульинского прогиба разрабатывалась Г. Н. Чертовских (1964) и Т. В. Шейкашовой (1964). По их данным вулканогенные отложения Ульинского прогиба подразделяются на учуликанскую, амкинскую, хетанинскую, уракскую и хакаринскую свиты. Оценка возраста стратифицированных вулканических накоплений ОЧВП в течение длительного времени проводилась главным образом по остаткам ископаемых растений, нередко сохраняющимся в вулканогенно-осадочных слоях среди лавовых потоков. Возраст вулканогенных отложений Ульинского прогиба определялся преимущественно по растительным остаткам из наиболее распространенной там амкинской свиты, поскольку остатки из других стратиграфических подразделений были недостаточно представительными.

Амкинская свита залегает с размывом на породах учуликанской свиты и на разнообразных комплексах более древних мезозойских и палеозойских образований и перекрывается андезитами хетанинской свиты. Она сложена вулканилитами кислого и умеренно-кислого состава, а также вулканическими осадочными породами. Ее мощность около 600 м. Стратотип описан В. Т. Шейкашовой (1964) в приустьевой части р. Амка, притока р. Улья (рис. 1). Породы амкинской свиты характеризуются широким распространением в центральной части Ульинского прогиба и значительной фациальной изменчивостью (Корольков, 1973; Умитбаев и др., 1975; Филичев и др., 1978). В разрезах на левобережье р. Улья, в верховьях рек Девокша и Аринда преобладают нестратифицированные лавы кислого состава, чередующиеся с отдельными горизонтами белых туфов. Вокруг этого поля лав развиты игнимбриты, грубообломочные туфы и туфобрекчии, в которых наблюдается некоторая сортированность обломочного материала и слоистость. По мере удаления от выходов массивных лав размер обломков в туфах уменьшается, повышается степень сортировки и примесь осадочного материала. В результате этого в разрезах начинают преобладать различные туфогенно-осадочные породы, представленные чередованием туфопесчаников, туфоалевролитов, пепловых туфов и углисто-глинистых сланцев. К этим слоям приурочено наибольшее количество остатков ископаемых растений.

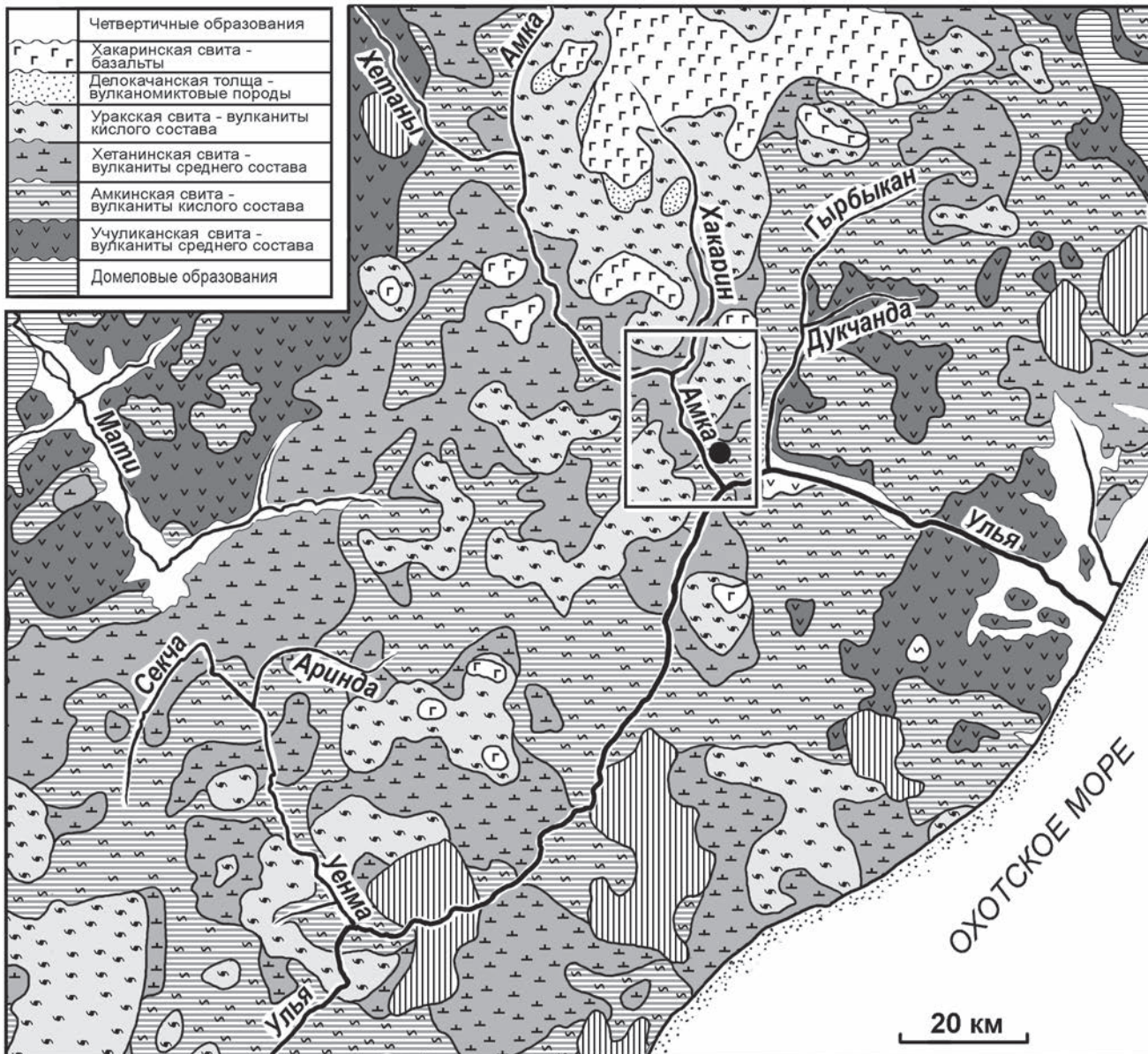


Рис. 1. Схема геологического строения центральной части Ульинского прогиба (составлено по материалам Государственных геологических карт масштаба 1:200 000). Прямоугольником обозначен изученный участок в низовьях р. Амка, показанный на рис. 2.

Fig. 1. Geological map of central part of the Ulya depression, Okhotsk-Chukotka volcanic belt (after State geological maps, scale 1:200 000). Studied area near the Amka River mouth marked by rectangular box.

Первая коллекция ископаемых растений в низовьях р. Амка была собрана в 1926 году Г. И. Стальновым. Она была изучена А. Н. Криштофовичем (1937), который определил возраст ископаемых растений как поздний мел, без уточнения. Коллекции, которые собирались геологами в середине 20-го века, определялись палеонтологом Северо-Восточного территориального геологического управления А. Ф. Ефимовой, которая, оценивала возраст учуликанской свиты как сеноман-туронский, амкинской — как сенонский, а уракской и хакаринской — как раннепалеогеновый (Чертовских, 1964). Эти оценки и были приняты в схеме Г. Н. Чертовских и Т. В. Шейкашовой, которые считали, что разрез Ульинского прогиба в целом аналогичен разрезу ОЧВП в центральной части пояса в Приморье.

В 70-х — 80-х годах 20-го века растительные остатки из Ульинского прогиба изучал Е. Л. Лебедев (1987). Руководствуясь в основном взглядами В. А. Самылиной (1974) на развитие более северных

флор Северо-Востока России, Лебедев датировал учуликанскую свиту берриас-валанжином, уракскую — сантоном-кампаном, а хакаринскую свиту — данием. Растительные остатки из амкинской свиты он относил к нескольким разновозрастным флористическим комплексам, которые датировались в интервале от начала альба до коньяка.

Можно видеть, что возрастные оценки флор разных авторов варьируют очень широко. В основном это вызвано тем, что растительные остатки из амкинской свиты никогда не были определены до видового уровня. Поэтому все датировки носили приблизительный характер и основывались на представлениях о развитии флоры в соседних регионах, а не на стратиграфическом распространении конкретных ископаемых растений.

Флора амкинской свиты, названная Головневой (2013) ульинской, характеризуется высоким эндемизмом. Поэтому ее точное определение и описание, вероятнее всего, все равно не позволят провести абсолютно бесспорную корреляцию с другими флорами ОЧВП и Корьякско-Анадырского региона. Поэтому для определения возраста ульинской флоры и вмещающих пород амкинской свиты необходимо привлечение независимых методов датирования, а именно изотопной геохронологии.

Левобережье р. Амка близ ее устья (рис. 2) является ключевым районом для понимания стратиграфии и палеофлористики Ульинского прогиба. Именно здесь был описан стратотип амкинской свиты (Шейкашова, 1964). Близ устья р. Амка, на протяжении примерно 7 км наблюдаются крутые осыпи-курумники и выходы коренных пород высотой до 100–200 м. Здесь обнажается толща, состоящая из чередующихся пластов пепловых туфов различной мощности, горизонтов туфолав и лав риолитового, риодацитового и дацитового состава. Иногда наблюдаются прослои туфоконгломератов, туфогенных песчаников и туффитов. Послойное описание разреза приведено в работе Шейкашовой. Его мощность составляет около 220 м. Остатки ископаемых растений встречаются по всему разрезу. Их наибольшее количество приурочено к прослоям туффитов в верхней и нижней части толщи. Подстилающие образования в приустьевой части р. Амка не обнажены. Выше стратотипического разреза амкинской свиты несогласно залегают стекловатые сиреневато-белые риолиты уракской свиты и одновозрастные ей светло-коричневые трахиты. Выше по течению р. Амка и в бассейне впадающей в нее р. Хетана породы амкинской свиты согласно перекрываются покровами эффузивов среднего и основного состава, выделенными в хетанинскую свиту.

Обособленное положение стратотипа послужило поводом для различного толкования места амкинской свиты в разрезе отложений вулканогенных пород Ульинского прогиба. Шейкашова рассматривала разрез в устье р. Амка как часть отложений нижней кислой толщи, широко распространенной в прогибе. Лебедев, основываясь преимущественно на палеоботанических, а не на геологических данных, сопоставлял отложения стратотипа амкинской свиты с верхней кислой толщей, то есть с уракской свитой.

Во время полевых работ 2013 года мы провели сборы растительных остатков из стратотипа амкинской свиты в приустьевой части р. Амка и сравнили их с комплексами ископаемых растений из других местонахождений нижней вулканогенной толщи кислого состава. В результате было установлено, что все комплексы растительных остатков очень близки между собой по видовому составу. Соответственно, нет никаких причин считать комплекс растительных остатков из стратотипа амкинской свиты моложе, чем комплексы растительных остатков из местонахождений нижней кислой толщи в других разрезах Ульинского прогиба (Головнева, 2013).

Настоящая работа посвящена определению изотопного возраста флороносных слоев амкинской свиты в ее стратотипическом разрезе близ устья р. Амки, используя U-Th-Pb метод по циркону (SHRIMP-II, Sensitive High-Resolution Ion Microprobe — метод вторично-ионного локального микроанализа с высоким пространственным разрешением).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Образцы для изотопного датирования были отобраны Л. Б. Головневой и С. В. Щепетовым во время полевых работ в 2013 г. Проба 4В-1 взята в средней части стратотипического разреза амкинской свиты на высоте 130–140 м от подошвы обрыва на левом берегу р. Амка (рис. 2) из слоя желтовато-светло-серого тефроида. В шлифе этого образца различается большое количество хлоритизированных слабоокатанных обломков кристаллов полевого шпата, сцементированных тонким глинистым материалом, ксенолиты пород отсутствуют. По химическому составу тефроид соответствует андезиту ($\text{SiO}_2 = 61 \text{ мас. \%}$, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 3.6 \text{ мас. \%}$).

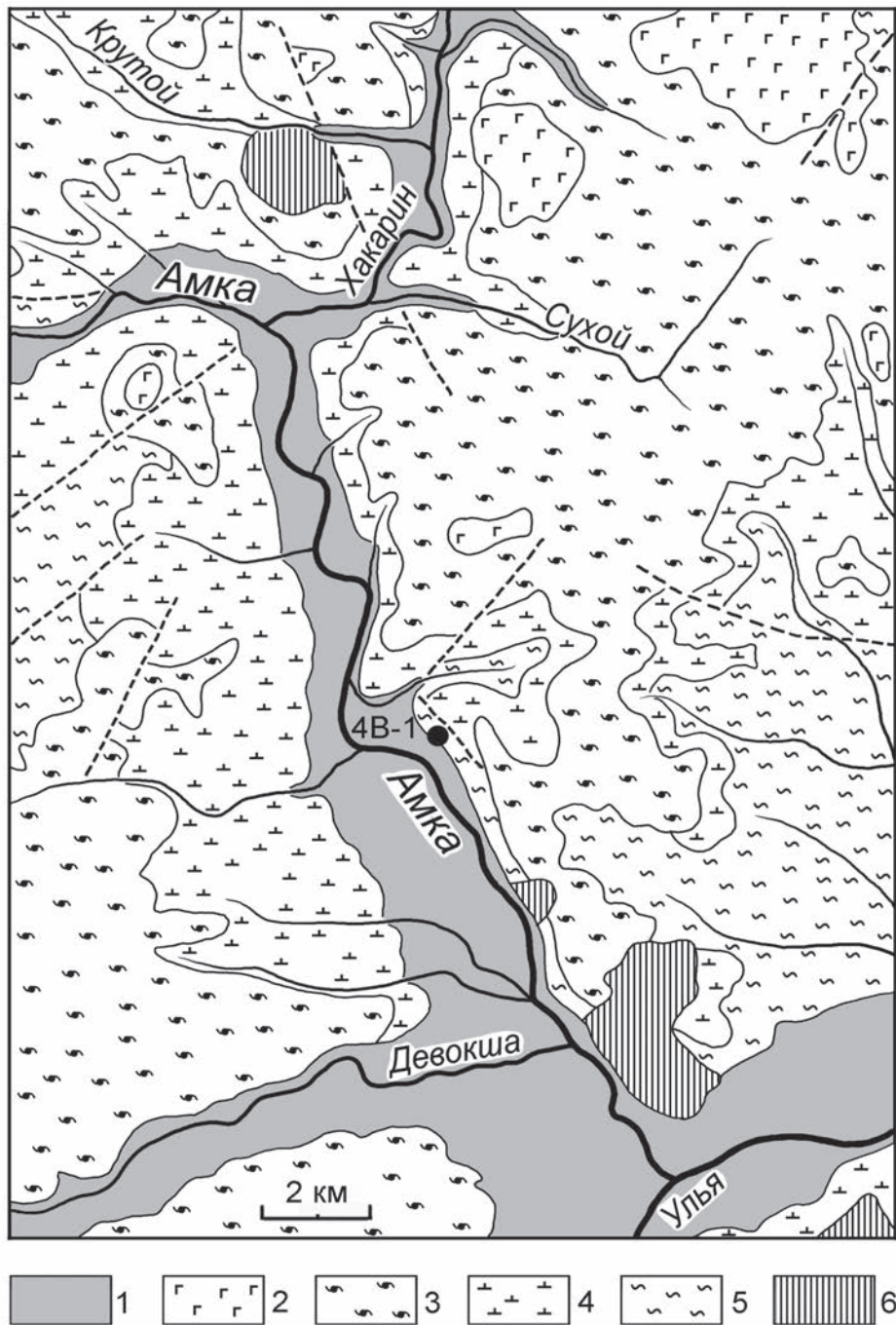


Рис. 2. Схема геологического строения нижней части бассейна р. Амка (составлено по материалам Государственной геологической карты масштаба 1:200 000, лист О-54-IX), где был выделен стратотип амкинской свиты. Показано место отбора пробы 4В-1.

1 – рыхлые четвертичные образования; 2 – хакаринская свита, базальты; 3 – уракская свита, кислые вулканиды; 4 – хетанинская свита, андезибазальты и андезиты; 5 – амкинская свита, кислые вулканиды и вулканогенно-осадочные породы; 6 – интрузии.

Fig. 2. Geological map of studied area near the Amka River mouth (after State geological maps, scale 1:200 000, sheet O-54-IX), where stratotype of the Amka Formation was established. Place, where sample 4B-1 was collected, is marked.

1 – Quaternary deposits; 2 – the Khakarin Formation, basalts; 3 – the Urak Formation, acidic volcanic rocks; 4 – the Khetana Formation, andesites and andesibasalts; 5 – the Amka Formation, acidic volcanic and volcano-sedimentary rocks; 6 – intrusions.

Цирконы были выделены из штуфа размером около 7 см в диаметре, используя стандартную методику, включающую дробление, разделение в тяжелых жидкостях, электромагнитную сепарацию и окончательный отбор под бинокляром.

U-Th-Pb датирование индивидуальных цирконов проведено в ЦИИ ВСЕГЕИ на чувствительном высокоразрешающем ионном микрозонде SHRIMP II. Перед анализом на SHRIMP отобранные вручную зерна цирконов были имплантированы в эпоксидную смолу вместе с зернами стандартов циркона TEMORA и 91500. Далее зерна цирконов были сошлифованы и приполированы приблизительно на половину своей толщины. Для выбора чистых участков датирования на поверхности зерен без трещин и микровключений использовались оптические (в проходящем и отраженном свете) и катодо-люминисцентные изображения, отражающие внутреннюю структуру и зональность цирконов. Измерения U-Th-Pb отношений на SHRIMP-II проводились по методике, описанной Williams (1998). Интенсивность первичного пучка молекулярных отрицательно заряженных ионов кислорода составляла 4 нА, диаметр пятна (кратера) составлял 25 мкм. Обработка полученных данных осуществлялась с использованием программы SQUID (Ludwig, 2005). U-Pb отношения нормализовались на значение 0.0668, приписанное стандартному циркону TEMORA, что соответствует возрасту этого циркона 416,75 млн лет (Black, Kamo, 2003). Построение графиков с конкордией проводилось с использованием программы ISOPLOT/EX (Ludwig, 2003).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Цирконы из тефроида амкинской свиты на р. Амка (обр. 4В-1) образуют прозрачные, неокатанные идиоморфные кристаллы светло-желтого цвета призматического облика, с четко выраженными гранями, размером от 50 до 200 мкм, коэффициент удлинения от 1:2 до 1:3. В цирконе наблюдается осцилляторная зональность, в некоторых кристаллах присутствуют реликты унаследованных ядер (рис. 3). Значения возраста ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$) девяти проанализированных кристаллов циркона варьируют от 88 ± 2.5 до 82 ± 1.8 млн лет (табл. 1), средневзвешенное значение составляет 85 ± 1.5 млн лет (СКВО=1.2, вероятность = 0.3, табл. 1). Погрешность метода SIMS не позволяет установить, обусловлен ли некоторый разброс значений возраста нарушениями изотопного состава, связанными с частичными потерями свинца или присутствием унаследованной компоненты радиогенного свинца.

В этом случае использование значения возраста, рассчитанного с помощью алгоритма TuffZirc (Ludwig and Mundil, 2002) для цирконов из туфогенных пород, нам представляется наиболее корректным. Средняя величина возраста ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$) когерентной группы девяти кристаллов составляет $85.5 (+2/-3)$ млн лет (96.1% доверительный интервал, рис. 3б). Учитывая что часть цирконов в тефроиде может быть ксеногенными, захваченными из более ранних порций магм, не исключено, что возраст отложения пирокластике может быть и еще моложе, но для обсуждения такого варианта прецизионность метода недостаточна, особенно для оценки дискордантности $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ и $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ возрастов. Подытоживая результаты датирования и интерпретации, можно заключить, что возраст цирконов из тефроида амкинской свиты соответствует сантону или границе коньяка с сантоном, не точнее.

ОБСУЖДЕНИЕ

Применение в последнее десятилетие U-Pb и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования продемонстрировало, в отличие от Rb-Sr и K-Ar методов датирования по валу (напр. Акинин, Котляр, 1997), хорошую воспроизводимость оценок возраста для одних и тех же объектов в пределах Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (Kelley et al., 1999; Ispolatov et al., 2004; Hourigan, Akinin, 2004; Тихомиров и др., 2006; Акинин, Миллер, 2011; Tikhomirov et al., 2012).

В результате синтеза этих данных в целом для ОЧВП был установлен прерывистый характер магматизма от среднего альба до среднего кампана, в интервале 106–76 млн лет (Акинин, Миллер, 2011). Предварительно можно выделить несколько пиков магматизма с модами около 105, 96, 92.5, 87, 82 и 77 млн лет. Недостаточная обнаженность затрудняет объективную оценку истинной мощности и объема ранних вулканических накоплений. Пики 87 и 82 млн лет, напротив, наиболее ярко выражены во всех сегментах ОЧВП и относятся к самым объемным стадиям кислого игнимбритового вулканизма. Завершают извержения пояса плато-базальты с возрастом около 80–78 млн лет (Akinin et al., 2014).

Независимое от палеоботанических методов определение абсолютного возраста вулканогенных пород Ульинского прогиба было проведено только в нескольких точках (Мишин и др., 2008; Акинин,

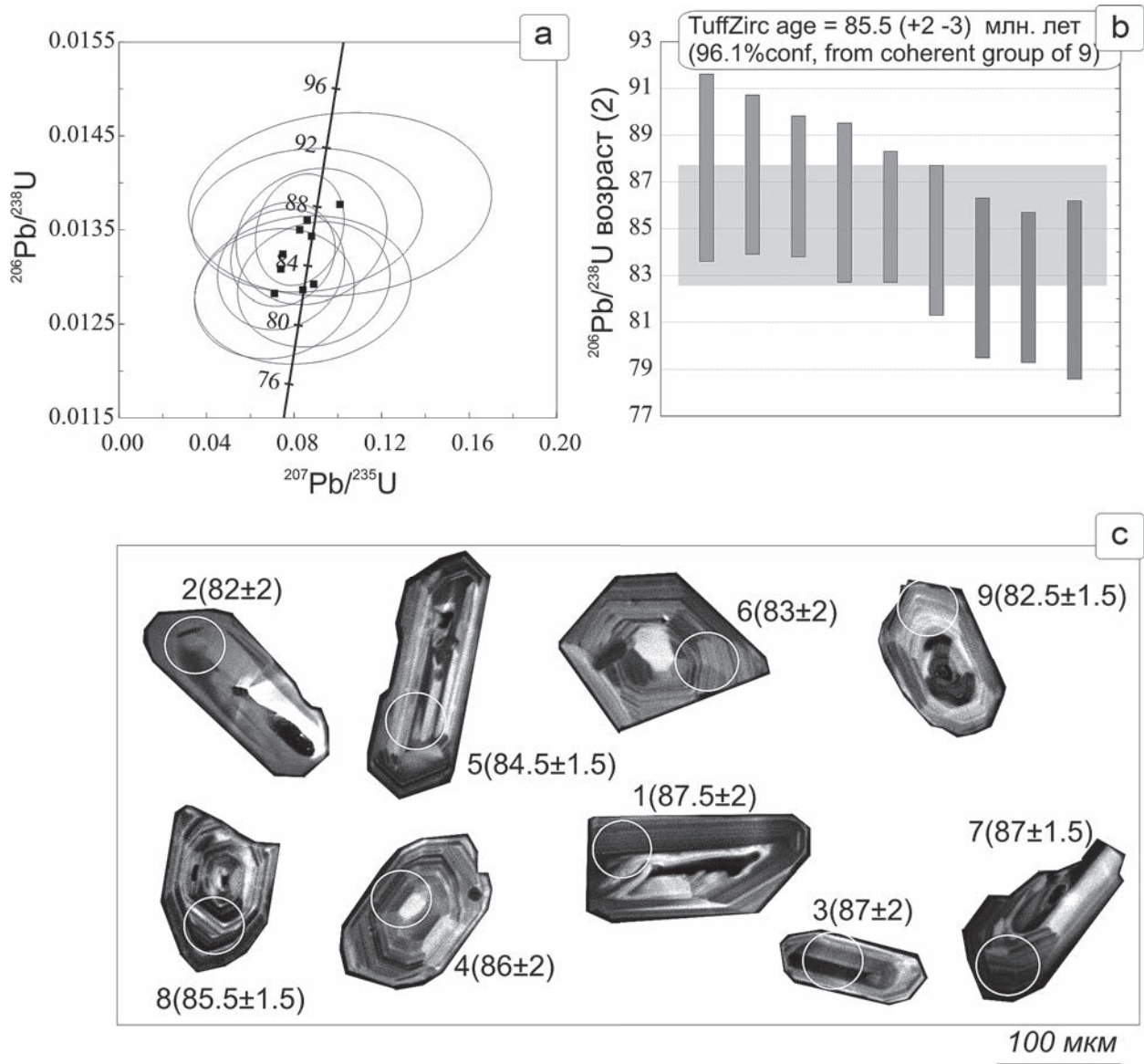


Рис. 3. Диаграммы результатов U-Pb датирования цирконов.

(а) — диаграмма с конкордией Везерила и точками результатов измерений изотопных отношений для индивидуальных кристаллов циркона (см. таблицу 1), эллипсы погрешностей 2 сигма; (б) — диаграмма индивидуальных значений кристаллов циркона (темно-серые бары) и средне-взвешенное значение (светло серая область) U-Pb возраста туфа, рассчитанное по алгоритму TuffZirc age (Ludwig, Mundil, 2002); (с) — фотографии датированных цирконов, выполненные в режиме катодолуминесценции. Светлый кружок — область анализа на ионном микрозонде, рядом номер точки и значение $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ возраста с погрешностью (в скобках), номера точек здесь соответствуют номерам в таблице 1. Примечательно, что нижний ряд демонстрирует случаи попадания в область анализа унаследованных участков ядерных зон кристаллов с чуть более древним возрастом.

Fig 3. Results of U-Pb zircon dating.

(a) — Wetherill concordia diagram showing measured isotopic ratios for zircon single grains (see table 1). Ellipses demonstrate 2 sigma uncertainty. (b) — $^{206}\text{U}/^{238}\text{Pb}$ ages for zircon single grains (dark-grey bars), and calculated mean age (light grey area) using TuffZirc algorithm (Ludwig, Mundil, 2002); (c) — cathodoluminescence images of dated zircon grains. Light circles delineate analyzed area in zircon grains using ion microprobe (SHRIMP-II), and point numbers and yielded $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age with uncertainty (in brackets) in accordance with data from Table 1. Remarkably, that lower row of photos demonstrate captures by ion beam of inherited cores of grains with little older age.

Результаты U-Th-Pb SHRIMP датирования циркона из флюорносного тефроида амкинской свиты (стратотип), Ульяновский прогиб ОЧВП

Номер Точки анализа	$^{206}\text{Pb}_c$ %	U, ppm	Th, ppm	^{232}Th / ^{238}U	$^{206}\text{Pb}^*$, ppm	(1) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ возраст, млн лет	$^{238}\text{U}/$ ^{206}Pb	1σ $\pm\%$	^{207}Pb / ^{206}Pb	1σ $\pm\%$	(1) $^{207}\text{Pb}^*$ / ^{235}U	1σ $\pm\%$	(1) $^{206}\text{Pb}^*$ / ^{238}U	1σ $\pm\%$	err corr	
Амкинская свита — стратотип, тефроид среднего состава (обр. 4В-1, 58°03.643'N 140°52.704'E, левый берег р. Амка)																
1	5.39	160	180	1.16	2.0	88.2	±2.5	68.7	2.2	0.0957	4.5	0.101	28	0.0138	2.9	.102
2	2.22	144	103	0.73	1.63	82.4	±2.1	76.0	2.2	0.0652	10	0.084	24	0.0129	2.5	.103
3	2.53	325	489	1.55	3.9	87.1	±2.0	71.7	1.9	0.0662	6.5	0.086	25	0.0136	2.3	.093
4	2.02	235	178	0.78	2.77	86.0	±1.9	72.9	2.0	0.0635	3.9	0.088	16	0.0134	2.2	.138
5	1.29	297	187	0.65	3.39	83.7	±1.7	75.5	1.8	0.0513	4.0	0.074	16	0.0131	2.0	.126
6	2.64	203	179	0.91	2.3	82.1	±1.8	75.9	2.0	0.0610	4.3	0.071	21	0.0128	2.2	.107
7	1.29	358	190	0.55	4.2	86.4	±1.6	73.1	1.8	0.0547	3.5	0.083	10	0.0135	1.8	.183
8	2.56	826	757	0.95	9.65	84.8	±1.4	73.6	1.6	0.0615	3.1	0.075	13	0.0132	1.7	.128
9	2.84	241	259	1.11	2.75	82.8	±1.7	75.2	1.9	0.0726	5.5	0.089	16	0.0129	2.1	.129

Примечание. *Здесь и далее*: Погрешности единичных анализов (отношений и возрастов) приводятся на уровне одной сигма.

$^{206}\text{Pb}_c$ и $^{206}\text{Pb}^*$ — обыкновенный и радиогенный свинец. (1) — скорректировано с учетом содержания на обыкновенный свинец, используя изомерный ^{204}Pb . Остальные изотопные отношения — исходные, не скорректированные. Погрешность калибровки стандарта 91500 — 0.36 % (не включено в погрешности единичных анализов).

Анализы выполнены на SHRIMP-II в ЦИИ ВСЕГЕИ.

Миллер, 2011). Хакаринская свита на территории Хакаринского плато по составу и по возрасту (76–78 млн лет) соответствует мыгдыкитской свите в Охотском секторе ОЧВП. Туфы риолитов уракской свиты, непосредственно подстилающие базальты хакаринской свиты в среднем течении р. Урак, имеют возраст от 84 ± 1 до 80 ± 1 млн лет и соответствуют по возрасту ольской свите в Охотском секторе ОЧВП. Возраст флюидальных лав и туфов риолитов амкинской свиты в бассейне Урака оценивается от 85 ± 1 до 88 ± 1 млн лет. Возраст базальтов учуликанской свиты в бассейне р. Урак по данным $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ и U-Pb датирования древнее 120 млн лет.

Полученная новая датировка тефроида из стратотипа амкинской свиты (85.5 ± 2 млн лет) соответствует верхнему пределу возрастного интервала, полученному для амкинской свиты в бассейне р. Урак, и верхнему пределу коньякской стадии кислого игнимбритового вулканизма, выраженному на всей территории ОЧВП. Этот возраст в целом согласуется с возрастом ульинской флоры и, соответственно, амкинской свиты, которая была получена из оценки систематического состава ульинской флоры и соответствует коньяку.

ВЫВОДЫ

U-Pb возраст цирконов из тефроида в стратотипе амкинской свиты на р. Амка (Ульинский прогиб ОЧВП) составил 85.5 ± 2 млн лет, что соответствует сантону или границе коньяка и сантона. Эта датировка не противоречит предполагаемому коньякскому возрасту ульинской флоры из амкинской свиты Ульинского прогиба.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-04-05688) и ДВО РАН (грант № 15-I-2-038).

ЛИТЕРАТУРА

- Акинин В. В., Котляр И. Н. ГЕОХРОН — компьютерная база данных изотопного датирования минералов, горных пород и руд Северо-Востока России // Магматизм и оруденение Северо-Востока России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1997, С. 313–318.
- Акинин В. В., Миллер Э. Л. Эволюция известково-щелочных магм Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Петрология. 2011. Т. 19. № 3. С. 249–290.
- Белый В. Ф. Геология Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1994. 76 с.
- Головнева Л. Б. Новые данные о позднемиоценовых флорах Ульинского прогиба (Западное Приохотье) // Палеоботаника. 2013. № 4. С. 148–167.
- Корольков В. Г. Государственная геологическая карта СССР (новая серия). Лист О-54-IV (Приохотская серия). Масштаб 1: 200000. Министерство геологии СССР. 1973. Магадан: СВТГУ.
- Криштофович А. Н. О меловой флоре Охотского побережья и северной Камчатки // Мат-лы по изучению Охотско-Колымского края. Сер. 1. 1937. Вып. 5. С. 67–96.
- Лебедев Е. Л. Стратиграфия и возраст Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. М.: Наука, 1987. 175 с. (Тр. Геол. ин-та АН СССР. Вып. 421).
- Мишин Л. Ф., Акинин В. В., Мишин Е. Л. Новые данные о возрасте магматических пород западного сектора Охотско-Чукотского вулканического пояса // Тихоокеанская геология. 2008. Т. 27. № 5. С. 12–24.
- Самылина В. А. Раннемиоценовые флоры Северо-Востока СССР (к проблеме становления флоры кайнофита). Л.: Наука, 1974. 55 с. (XXVII Комаровские чтения).
- Тихомиров П. Л., Акинин В. В., Исполатов В. О., Александер П., Черепанова И. Ю., Загоскин В. В. Возраст северной части Охотско-Чукотского вулканогенного пояса: новые данные Ar-Ar и U-Pb геохронологии // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2006. Т. 14. № 5. С. 81–95.
- Умитбаев Р. Б., Эпштейн Н. М., Песков Е. Г. Государственная геологическая карта СССР. Лист О-54-IX (Приохотская серия). Масштаб 1: 200000. Министерство геологии СССР. 1975. Ленинград: Аэрогеология.
- Филичев И. И., Шпак Н. С., Шлосберг М. А. Государственная геологическая карта СССР. Лист О-54-XIV (Приохотская серия). Масштаб 1: 200000. Министерство геологии СССР. 1978. Ленинград: ВСЕГЕИ.

- Чертовских Г. Н. Ульяновский наложенный прогиб. Западное Приохотье. Основные черты геологического строения и стратиграфия // Мат-лы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. 1964. Вып. 17. С. 27–39.
- Шейкашова В. Т. Стратиграфия вулканогенных образований Охотского побережья (бассейн р. Амки) // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Магадан. 1964. Вып. 17. С. 116–121.
- Akinin V. V., Lauer P., Benowitz J., Ntaflos Th. Age and composition of final stage of volcanism in Okhotsk-Chukotka volcanic belt: an example from the Ola plateau (Okhotsk segment) // Proceedings of the International Conference on Arctic Margins VI. Eds. D.B. Stone et al. С.-Пб.: ВСЕГЕИ. 2014. P. 171–193.
- Black L. P., Kamo S. L., Allen C.M., Aleinikoff J.N., Davis D.W., Korsch R.J., Foudoulis C. TEMORA 1: a new zircon standard for U-Pb geochronology // Chemical Geology. 2003. Vol. 200. P. 155–170.
- Hourigan J. K., Akinin V. V. Tectonic and chronostratigraphic implications of new $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology and geochemistry of the Arman and Maltan-Ola volcanic fields, Okhotsk-Chukotka volcanic belt, northeastern Russia // Bull. Geol. Soc. Am. 2004. Vol. 116. № 5/6. P. 637–654.
- Ispolatov V. O., Tikhomirov P. L., Heizler M., Cherepanova I. Yu. New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of Cretaceous continental volcanics from Central Chukotka: Implications for initiation and duration of volcanism within the northern part of the Okhotsk-Chukotka volcanic belt (Northeastern Eurasia) // Journal of Geology. 2004. Vol. 112. P. 369–377.
- Kelley S., Spicer R. A., Herman A. B. New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dates for Cretaceous Chauna Group tefra, Northeastern Russia, and their implications for the geologic history and floral evolution of the North Pacific region // Cretaceous Research. 1999. Vol. 20. № 1. P. 97–106.
- Ludwig K. R. Isoplot/Ex 3.00: A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication 4. 2003. 70 p.
- Ludwig K. R. Squid Version 1.13b: A User's Manual: Berkeley Geochronology Center Special Publication 1. 2005. 70 p.
- Ludwig K. R., Mundil R. Extracting reliable U-Pb ages and errors from complex populations of zircons from Phanerozoic tuffs. Goldschmidt Conference Abstracts // Geochim. Cosmochim. Acta. 2002. Vol. 66 (15A). A463.
- Tikhomirov P. L., Kalinina E. A., Moriguti T., Makishima A., Kobayashi K., Cherepanova I. Yu., Nakamura E. The Cretaceous Okhotsk–Chukotka volcanic belt (NE Russia): Geology, geochronology, magma output rates, and implications on the genesis of silicic LIPs // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2012. Vol. 221–222. P. 14–32.
- Williams I. S. U-Th-Pb Geochronology by Ion Microprobe // Reviews in Economic Geology. 1998. Vol. 7. P. 1–35.

ISOTOPIC AGE OF FLORA-BEARING BEDS FROM THE AMKA FORMATION STRATOTYPE, OKHOTSK-CHUKOTKA VOLCANIC BELT

V. V. Akinin¹, L. B. Golovneva², S. V. Shczepetov²

¹*North-East Interdisciplinary Scientific Research institute n.a. N.A. Shilo FEB RAS, Magadan*

²*Komarov Botanical institute RAS, St.-Petersburg*

U-Pb SHRIMP-dating of zircons from flora-bearing volcanic rocks of the Amka Formation stratotype (Ul'ya depression, Okhotsk-Chukotka volcanic belt) yield weighted mean $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age of 85.5 ± 2 Ma (Santonian to Coniacian stage). This isotope dating is consistent with inferred Coniacian age of Ul'ya flora from the Amka Formation.