

УДК 551.24

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ И ВРЕМЕНИ ЭКСГУМАЦИИ ОСАДОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ КРОНОЦКОГО ТЕРРЕЙНА И ТЮШЕВСКОГО ПРОГИБА (ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА) ПО ДАННЫМ ТРЕКОВОГО ДАТИРОВАНИЯ АПАТИТА

© 2021 г. Н. В. Цуканов^{1,*}, Р. Фрейтаг², К. Гедике²

Представлено академиком РАН Л.И. Лобковским 04.05.2021 г.

Поступило 04.05.2021 г.

После доработки 19.05.2021 г.

Принято к публикации 20.05.2021 г.

Приводятся новые данные о трековом возрасте детритовых зерен апатитов из разновозрастных эоцен-миоценовых отложений Кроноцкого п-ова и Тюшевского прогиба Восточной Камчатки. Полученные данные позволяют выделить три возрастные группы с возрастными: 31 ± 5 ; 11–15; 6–9 млн лет. Значения возраста эксгумации осадочных комплексов, содержащих изученные апатиты, сопоставлены с рубежами основных тектонических событий на Восточной Камчатке. Сделан вывод, что коллизионные процессы продолжались с олигоцена по поздний миоцен.

Ключевые слова: Восточная Камчатка, трековое датирование, апатит, возраст, тектоника, конвергенция плит, эксгумация

DOI: 10.31857/S2686739721090206

ВВЕДЕНИЕ

Современные исследования, которые основаны на трековом датировании апатитов, направлены на изучение эксгумации орогенных поясов, реконструкцию источников сноса терригенного материала, установление термальной истории осадочных бассейнов и датирование фаунистически бедных разрезов [1–3]. Трековое датирование основано на подсчете плотности и замерах длин осколков спонтанного деления ядер урана (U^{238}), накапливающихся в природных минералах в ходе геологической истории [4, 5].

В пределах Восточной Камчатки, в области конвергенции Тихоокеанской плиты и Камчатской окраины выделяется два террейна островодужной природы: Ачайваям-Валагинский и Кроноцкий (рис. 1а). Кроноцкий террейн образован вулканогенными, туфогенно-осадочными и магматическими комплексами пород позднемиоценового–эоценового возраста, которые обнажаются в пределах Восточных полуостровов Камчатки (п-ова Шипунский, Кроноцкий, Камчатский Мыс).

В пределах террейна в районе Кроноцкого п-ова в Камчатскую зону субдукции погружается относительно теплая и легкая океаническая кора Тихоокеанской плиты с поднятием Обручева. Аккреция фрагментов коры в основании континентального склона Камчатки приводит к достаточно быстрому и высокоамплитудному поднятию и эксгумации комплексов, слагающих Кроноцкий террейн Камчатки [6]. Трековый возраст зерен апатита из разновозрастных структурно-вещественных комплексов отражает процесс их эксгумации и может быть связан с тектоническими событиями в регионе [1, 7]. В статье приводятся новые данные о возрасте детритовых зерен апатитов из вулканогенно-осадочных образований Кроноцкого п-ова и Тюшевского прогиба, что позволяет определить время эксгумации этих комплексов и по-новому трактовать аккреционные процессы на Восточной Камчатке.

КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

На Кроноцком п-ве преимущественно распространены верхнемеловые и палеогеновые образования (рис. 1б): каменистская свита (K_2 sp?–km–m) и кроноцкая серия (P_2). Верхнемеловые комплексы представлены базальтами и андезибазальтами, которые расслаиваются пачками туфогенно-осадочных пород. Кроноцкая серия разделяется на кубовскую и козловскую свиты. Козловская

¹ Институт океанологии им. П.П. Ширшова
Российской академии наук, Москва, Россия

² Федеральный институт геологических исследований
и природных ресурсов, Ганновер D-30655, Германия

*E-mail: kambear2011@yandex.ru

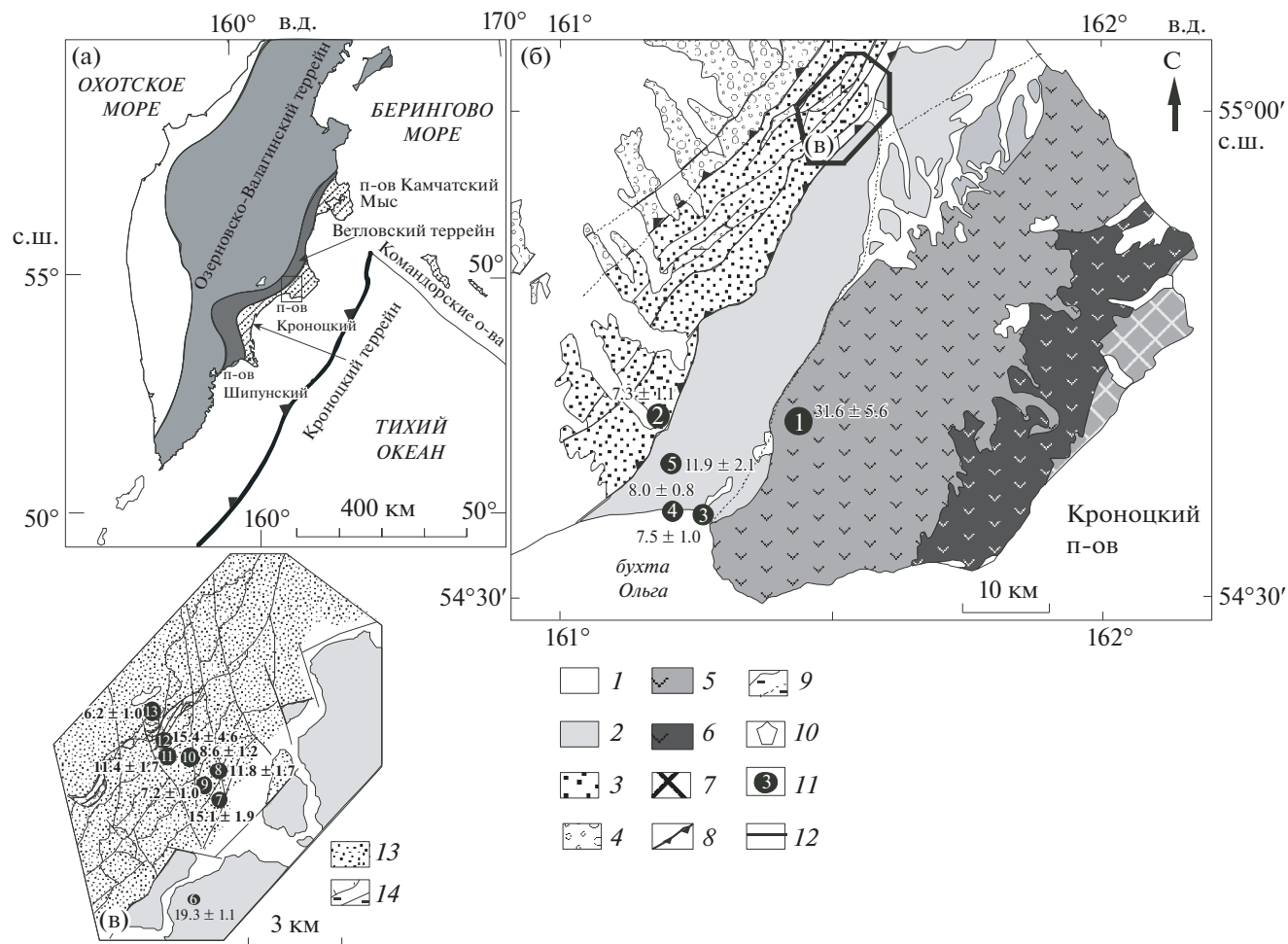


Рис. 1. Геологическая схема Кроноцкого п-ова по [9] с использованием материалов [9]. 1 – плиоцен-четвертичные рыхлые отложения и вулканиты Восточно-Камчатского вулканического пояса; 2 – горбушинская толща P_3-N_1 (тюшевская серия); 3 – богачевская (P_3-N_1bg), чажминская (P_3cz) и тундровская (P_2tn) свиты по [8], (песчаниковая толща по [9]); 4 – станицлавская свита (P_3st); 5, 6 – кроноцкая серия (P_2kr): 5 – козловская свита; 6 – кубовская свита; 7 – каменистовская свита ($K_2sp? - km - m$) и офиолитовый комплекс (K_2) (гипербазиты и габбро) нерасчлененные; 8 – надвиги; 9 – разрывные нарушения: а – недифференцированные, б – предполагаемые; 10 – район, показанный на врезке Б; 11 – место отбора образцов и номер в таблице; 12 – трековый возраст по апатиту в млн лет. На врезке Б: 13 – богачевская (P_3-N_1bg), чажминская (P_3cz) и тундровская (P_2tn) свиты по [8], (песчаниковая толща по [9]); 14 – разрывные нарушения: а – надвиги, б – недифференцированные.

свита сложена преимущественно вулканитами основного состава с многочисленными силлами и дайками габбро и долеритов. Кубовская свита представлена преимущественно туфами и туфогенно-осадочными породами [8]. На вулканогенно-туфогенных образованиях кроноцкой серии с несогласием и разрывом, часто с базальными конгломератами, залегают разновозрастные (олигоцен–миоценовые) туфо-терригенные, терригенные отложения тюшевской серии [8–10].

Вещественные комплексы Тюшевского прогиба, который протягивается более чем на 350 км в северо-восточном направлении вдоль восточного побережья Камчатки, обнажаются в нескольких изолированных выходах, шириной 5–40 км и перекрываются плиоценовыми вулкани-

тами Восточно-Камчатского вулканического пояса. Тюшевский прогиб в разрезе имеет асимметричную структуру, где мощность отложений уменьшается в восточном направлении от Восточных хребтов в сторону Восточных полуостровов Камчатки [11, 12]. Отложения юго-восточного борта Тюшевского прогиба с несогласием перекрывают вулканогенные комплексы Кроноцкого террейна. Северо-западный борт прогиба практически повсеместно имеет тектонические ограничения и контактирует с комплексами Озерновско-Валагинского и Ветловского террейнов [9, 12, 13].

В центральной, наиболее широкой части прогиба (район Кроноцкого перешейка), выделяются две структурные зоны: внутренняя, северо-западная и внешняя, юго-восточная [8, 9, 13].

Во внутренней зоне обнажаются наиболее древние и интенсивно деформированные верхнеэоценовые и олигоцен-миоценовые толщи. Во внешней зоне породы слабо деформированы и представлены тюшевской серией олигоцен-миоценового возраста. Эоценовые и олигоцен-нижнемиоценовые отложения (тундровская и чажминская свиты) сложены конгломератами, гравелитами, проксимальными турбидитами, с прослоями пепловых туфов. Повсеместно присутствует растительный детрит [8, 9, 13]. Богачевская свита (P_3-N_1bg) представлена алевролитами, туфопесчаниками, глауконитовыми песчаниками, с прослоями туфодиазомитов, органогенных карбонатных пород, гравелитов и конгломератов [7]. Тюшевская серия (P_3-N_1) сложена флишоидным переслаиванием песчаников, туфопесчаников, алевролитов и аргиллиов, с прослоями гравелитов, пепловых туфов и ракушников [8–10].

Анализ осадочных комплексов Тюшевского прогиба показывает, что здесь развиты преимущественно прибрежно-морские и турбидитовые образования эоценового, олигоцен–раннемиоценового и миоценового возраста. Анализ обломочного материала и состава осадочных пород [9, 11, 14] позволил сделать вывод, что наряду с местным островодужным материалом присутствуют обломки, характерные для пород континентальной или субконтинентальной коры. Присутствие угля и детритовых фрагментов в отложениях прогиба указывает, что транспортировка материала осуществлялась крупными палеоречными системами [11]. Анализ структурных особенностей осадочных толщ, таких как гиероглифы, косая слоистость, конседиментационные складки [13], показал, что поступление осадочного материала происходило преимущественно с запада и северо-запада как для эоценового, так и миоценового времени. Для части пород низов разреза тюшевской серии предполагается снос обломочного материала со стороны Кроноцкого террейна [13, 14].

Наличие туфового материала в разрезе подтверждает, что на осадконакопление оказывал влияние вулканизм Центрально-Камчатского вулканического пояса [11]. Данные о поступлении обломочного материала подтверждают точку зрения о формировании Тюшевского прогиба *in situ* и позволяют связывать его эволюцию с формированием Камчатской окраины [13].

ОТБОР ПРОБ И ТРЕКОВЫЙ АНАЛИЗ

Отбор образцов проводился по профилям, ориентированным ортогонально простиранию основных структур на Кроноцком п-ове и в Тюшевском прогибе в районе Кроноцкого перешейка. Для проведения трекового датирования по апатитам было отобрано 60 проб из осадочных

пород различного возраста и разных стратиграфических комплексов (рис. 1б, 1в, 2). Вес каждой пробы составлял около 25 кг. Максимальные содержания апатита в пробах – 3 кристалла апатита оптимального размера на 1 кг веса пробы. Только в 14 пробах содержание апатита было достаточным для проведения анализа. Зерна апатита были отобраны, отпрепарированы и облучены по стандартной методике [3–5]. Для определения трекового возраста использовался метод анализа отдельных зерен (*grain-by-grain*) с внешним слюдяным детектором с применением Z-калибровки (*Zeta-method*) [4, 5]. В табл. 1 приведены полученные трековые возраста апатитов и детали анализа (использовался совокупный возраст). Исключая образцы 4, 5 и 6, все остальные пробы прошли хиквадрат тест (χ^2 -тест), который указывает присутствие одной возрастной популяции апатита [2, 15].

Трековый возраст, полученный по апатитам, значительно моложе, чем возраст осадочных комплексов, из которых они были отобраны. Можно предположить, что эти образцы находились в зоне полного отжига.

Многие из изученных образцов содержали небольшое количество зерен апатита с треками, при этом в апатитах отмечалась низкая плотность треков спонтанного деления, что связано с низким содержанием урана в породе. Поэтому была вычислена только средняя скорость эксгумации. Оценивалась средняя скорость вертикальных движений от изотермы в 110°C к поверхности без учета ускорения или замедления процесса во время эксгумации изученных осадочных комплексов. В расчетах использовался температурный интервал от изотермы в 110°C и температуры на поверхности 5°C для закрытия апатитовой системы [16].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ДАННЫХ ТРЕКОВОГО АНАЛИЗА И ВЫВОДЫ

Полученные нами данные по трековому датированию зерен апатита из терригенных осадочных пород Кроноцкого п-ова и Тюшевского прогиба позволяют выделить три возрастные группы (см. табл. 1): 31 ± 5 (обр. 1); 11–15 (обр. 7, 8, 11 и 12); 6–9 млн лет (обр. 2, 3, 9, 10 и 13).

Образцы первой группы с наиболее древним возрастом (31 ± 5 млн лет) были отобраны из среднеэоценовых пород козловской свиты кроноцкой серии, в районе слияния рек Тюшевка и Левая Тюшевка. Породы представлены туфами основного-среднего состава и туфогенно-осадочными породами, которые с несогласием и размытом перекрываются отложениями ракутинской свиты олигоцен-миоценового возраста.

Образцы второй группы с возрастом 11–15 млн лет были отобраны из эоценовых и олигоцен-

Таблица 1. Аналитические результаты трекового датирования апатита

Номер на рис.	Стратиграфическое положение и возраст по [7]	Номер обр.	К-во зерен апатита	Плотность треков в стандарте [$\times 10^6 \text{ см}^{-2}$] (количество треков)	Плотность треков спонтанного деления [$\times 10^5 \text{ см}^{-2}$] (количество треков)	Плотность треков индуцированного деления [$\times 10^6 \text{ см}^{-2}$] (количество треков)	χ^2 -тест [%]	Трековый возраст (млн лет)
1	P_2 kr	99-FT15 (UP6-13)	3	1.074 (2672)	3.140 (38)	1.967 (238)	89.0	31.6 ± 5.6
2	P_3-N_1 bg	99-FT13 (UP6-11)	30	1.071 (2672)	4.215 (51)	10.01 (1211)	99.5	7.3 ± 1.1
3	P_3-N_1 ts	99-FT12 (UP6-10)	55	1.069 (2672)	6.364 (77)	15.78 (1909)	100.0	7.5 ± 0.9
4	P_3-N_1 ts	99-FT11 (UP6-9)	37	1.067 (2672)	9.339 (113)	23.17 (2803)	1.6	$8.0 \pm 0.8^*$
			27		6.446 (78)	20.66 (2499)	96.6	5.1 ± 0.6^1
			10		2.893 (35)	2.513 (304)	99.8	21.5 ± 4.0^2
5	P_3-N_1 ts	99-FT10 (UP6-8)	19	1.066 (2672)	3.058 (37)	5.074 (614)	44.1	$11.9 \pm 2.1^*$
			14		2.149 (26)	4.487 (543)	84.1	4.6 ± 1.3^1
			5		0.909 (11)	0.587 (71)	96.7	29.0 ± 9.7^2
6	P_3-N_1 ts	99-FT5 (UP6-5)	27	1.061 (2672)	15.12 (183)	15.40 (1864)	0.00	$19.3 \pm 1.1^*$
			25		6.031 (73)	11.56 (1399)	92.5	8.0 ± 1.1^1
			2		9.089 (110)	3.842 (465)	60.2	45.8 ± 5.0^2
7	P_3 cz	99-FT1 (UP6-1)	23	1.054 (2672)	7.107 (86)	7.091 (858)	65.0	15.1 ± 1.9
8	P_3 cz	99-FT7 (UP6-7)	38	1.064 (2672)	5.124 (62)	7.529 (911)	100.0	11.8 ± 1.7
9	P_3 cz	99-FT6 (UP6-6)	51	1.062 (2672)	5.455 (66)	14.71 (1780)	100.0	7.2 ± 1.0
10	P_2 tn	99-FT2 (UP6-2)	55	1.056 (2672)	6.198 (75)	12.10 (1464)	95.4	8.6 ± 1.2
11	P_2 tn	99-FT3 (UP6-3)	37	1.057 (2672)	4.711 (57)	7.537 (912)	100.0	11.4 ± 1.7
12	P_2 tn	99-FT4 (UP6-4)	6	1.059 (2672)	0.992 (14)	1.314 (159)	96.4	15.4 ± 4.6
13	P_3 cz	99-FT9 (UP8-24)	32	1.172 (4655)	4.545 (55)	11.87 (1436)	46.1	6.2 ± 1.0

Примечание. Ошибка определения возраста $\pm 1\sigma$. Трековый возраст вычислен с использованием $\zeta = 372 \pm 9$ для CN5 (аналитик Ralf Freitag). Для образцов 4–6 приведены данные с разными возрастными популяциями апатита: *смешанный возраст, ^(1–2) – разновозрастные популяции апатита.

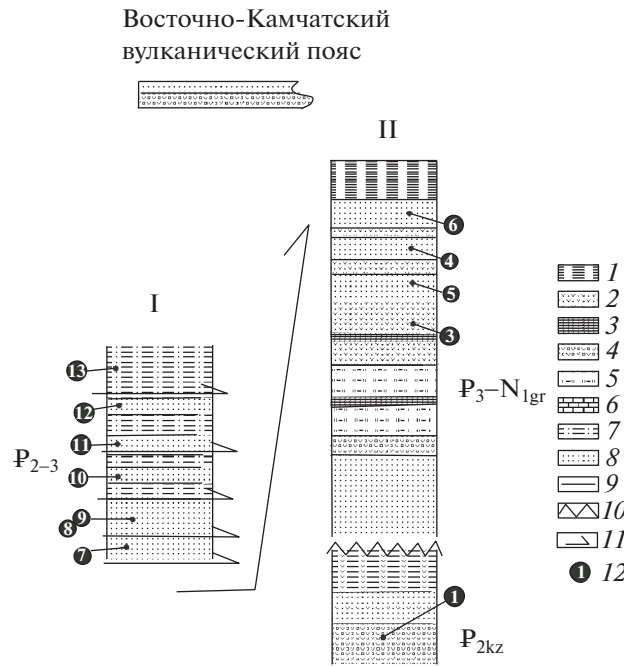


Рис. 2. Схематические тектоно-стратиграфические колонки кайнозойских образований Кроноцкого п-ова (вне масштаба) с использованием [8]: I – чажминская площадь, II – конусная и ракитинская площади. 1 – турбидиты; 2 – туфы; 3 – диатомиты; 4 – туфоконгломераты; 5 – туфосилициты; 6 – мергелистые известняки; 7 – алевролиты; 8 – песчаники; 9–11 – геологические границы: 9 – стратиграфические согласные, 10 – несогласные; 11 – тектонические; 12 – место отбора образцов и номер в таблице.

миоценовых терригенных отложений северо-западного борта Тюшевского прогиба на Кроноцком перешейке – тундровской, чажминская, богачевской свит [8] или песчаниковой толщи по [9]. Эти породы интенсивно деформированы и образуют чешуйчатую структуру, состоящую из системы перемежающихся тектонических пластов мощностью 50–150 м.

Третья возрастная группа апатитов, имеющая возраст 6–9 млн лет, характеризует разновозрастные формации, обнажающиеся в различных частях Кроноцкого п-ова (см. рис. 1, 2). Образцы были отобраны из терригенных отложений горбушинской (P_3-N_1 gr) толщи, чажминской (P_3-N_1 cz) и тундровской (P_2 tn) свит.

В образцах 4–6 выделяется несколько популяций апатита различного возраста (см. табл. 1). Популяция апатитов с возрастом 8.0 ± 1.1 , 19.3 ± 1.1 и 45.8 ± 5.0 млн лет (обр. 6) была выделена из олигоцен-миоценовой ракитинской толщи в районе слияния рек Малая Чажма и Ракитинская. Структурно толща является автохтоном, на который надвинут пакет чешуй, сложенных интенсивно деформированными образованиями эоцена-миоцена (тундровская, богачевская, чажминская свиты по [8] или песчаниковая толща по [9]). Образцы 4 (возраста 5.1; 8.0; 21.5 млн лет) и 5 (возраста 4.6; 11.9; 29.0 млн лет) характеризуют практически недеформированные толщи, развитые по

р. Ольга и на побережье залива Ольга (табл. 1). Вероятно, породы, из которых были отобраны образцы, не подверглись полному “отжигу” в связи с тем, что они либо не погружались на достаточную глубину или находились на определенной глубине не достаточное для отжига время. Апатиты с наиболее молодым плиоценовым возрастом, вероятно, отражают время последнего остывания осадков этой толщи.

Возраст первой группы апатитов (31 ± 5 млн лет) может соответствовать начальной стадии коллизии Кроноцкой палеодуги с Камчатской окраиной и закрытием в позднеэоценовое–олигоценное время Ветловского бассейна. К этому времени (средний эоцен) активный вулканизм в Кроноцкой палеодуге прекратился. Это событие фиксируется также по трековому возрасту детритовых цирконов из пород Тюшевского прогиба в южной части хр. Кумроч [12].

Вторая возрастная группа апатитов (15–11 млн л.), вероятно, образовалась во время более поздней стадии коллизии Кроноцкого островодужного террейна с Камчатской окраиной и формированием крупного регионального надвига (надвиг Гречишкина) [9, 12, 13]. С этим интервалом можно связать образование современной структуры Камчатки и заложение современной субдукционной зоны [13].

Третья возрастная группа апатитов (9–6 млн л.) отвечает продолжающейся в позднем миоцене коллизии в этом регионе и характеризует, возможно, новый эпизод эксгумации Кроноцкого террейна и внешнего края Камчатской окраины. Этот процесс можно связать с началом пододвигания в Камчатскую зону субдукции возвышенности Обручева северо-западного фланга Гавайско-Императорских подводных гор.

Основываясь на геологических данных и анализе деформаций в осадочных комплексах [13], коллизия Кроноцкого террейна с Камчатской окраиной началась в позднем эоцене-олигоцене и продолжалась по ранний миоцен. В этом случае новые данные по возрасту апатитов позволяют предполагать, что коллизионные процессы продолжались в позднем миоцене, возможно, плиоцене. Основные тектонические движения фиксируются в средней части Тюшевского прогиба и проявляются в эксгумации пород аллохтона (тундровская (P₂) и богачевская свиты (P₃–N₁)) и в формировании регионального надвига Гречишкина. Тектонические события, при которых комплексы аллохтона были надвинуты на терригенные отложения олигоцене-миоцена тюшевской серии, вероятно, происходили во временной интервал 6–4.5 млн лет.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность М.В. Лучицкой, А.В. Соловьеву, А.В. Моисееву, Д.К. Ульянову за прочтение рукописи и полезные замечания.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования выполнены в рамках Государственного задания, тема № 0128-2021-0004. Полевые работы и аналитические исследования были проведены при финансовой поддержке Немецкого Министерства образования и науки в рамках Российско-Германского проекта КАЛЬМАР, грант № 03G0640С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соловьев А.В. Изучение тектонических процессов в областях конвергенции литосферных плит. Труды ГИН; Вып. 577. М.: Наука. 2008. 319 с.
2. Brandon M.T. Decomposition of Fission-track Grain Age Distribution // Amer. J. Sci. 1992. V. 292. P. 535–564.
3. Wagner G.P., Van der Haute. Fission-Track Dating. Solid Earth Sciences Library, Dordrecht. Kluwer Academic Publishers, 1992. 285 p.
4. Hurford A.J. Standardization of the Fission Track Dating Calibration: Recommendation by the Fission Track Working Group of the I.U.G.S. Subcommittee on Geochronology // Chem. Geol. 1990. V. 80. P. 171–178.
5. Hurford A.J., Green P.F. A Users' Guide to Fission Track Dating Calibration // Earth and Planetary Science Letters. 1982. V. 59. P. 343–354.
6. Селиверстов Н.И. Геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. Петропавловск-Камчатский: Издательство КамГУ им. Витуса Беринга, 2009. 191 с.
7. Freitag R., Gaedicke C., Baranov B.V., Tsukanov N.V. Collisional Processes at the Junction of the Aleutian–Kamchatka Arcs: New Evidence from Fission Track Analysis and Field Observations // Terra Nova. 2001. № 13. P. 433–442.
8. Бояринова М.Е., Вешняков Н.А., Коркин А.Г. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Восточно-Камчатская. Листы N-57-XII, N-58-VII, N-57-XVIII (г. Исток Чажма). Объяснительная записка. Санкт-Петербург. 2006. С. 258.
9. Бахтеев М.К., Морозов О.А., Тихомирова С.Р. Стрение безофиолитового коллизионного шва Восточной Камчатки–зоны надвига Гречишкина // Геотектоника. 1997. № 3. С. 74–85.
10. Ступин С.И., Серова М.Я., Щербинина Е.А. и др. Олигоценовый известковый планктон с Кроноцкого полуострова (Восточная Камчатка) // Стратиграфия и Геологическая корреляция. 1998. № 6. С. 85–95.
11. Маркевич П.В. Флишевые формации в северо-западной части Тихоокеанского складчатого пояса. М.: Наука, 1978. 144 с.
12. Соловьев А.В., Шапиро М.Н., Гарвер Дж.И., Ландер А.В. Формирование Восточно-Камчатской аккреционной призмы по данным трекового датирования цирконов из терригенных пород // Геология и геофизика. 2004. Т. 45. № 11. С. 1292–1302.
13. Alexeiev D.V., Gaedicke C., Tsukanov N.V., et al. Collision of the Kronotskiy Arc at the NE Eurasia Margin and Structural Evolution of the Kamchatka–Aleutian Junction // International Journal Earth Science. 2006. V. 95. P. 977–993.
<https://doi.org/10.1007/s00531-006-0080-z>
14. Marsaglia K.M., Mann P., Hyatt R.J., Olson H.C. Evaluating the Influence of Aseismic Ridge Subduction and Accretion on Detrital Modes of Forearc Sandstone: An Example from the Kronotskiy Peninsula in the Kamchatka Forearc // Lithos. 1999. V. 46. P. 17–42.
15. Galbraight R.F. On Statistical Models for Fission-track Counts // Journal of Mathematical Geology. 1981. V. 13. P. 471–478.
16. Chapman D.S. Thermal Gradients in the Continental Crust / In: J.B. Dawson (Eds.). The Nature of the Lower Continental Crust. Geol. Soc. Spec. Publ. 1986. V. 24. P. 63–70.

NEW DATA ON THE AGE AND TIME OF EXHUMATION OF SEDIMENTARY COMPLEXES OF THE KRONOTSKY TERRANE AND THE TYUSHEVSKY BASIN (EASTERN KAMCHATKA) BASED ON APATITE FISSION-TRACK DATING

N. V. Tsukanov^{a,#}, Ralf Freitag^b, and Christoph Gaedicke^b

^a *P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

^b *Federal Institute of Geosciences and Natural Resources, Hanover D-30655, Germany*

[#] *E-mail: kambear2011@yandex.ru*

Presented by Academician of the RAS L.I. Lobkovsky May 4, 2021

The article presents new data of the detrital apatite fission track ages from different in age Eocene-Miocene deposits of the Kronotsky Peninsula and the Tyushevsky basin of Eastern Kamchatka. The obtained data allow us to distinguish three groups of age: 31 ± 5 ; 11–15; 6–9 Ma. The exhumation ages of sedimentary complexes containing the studied apatite are compared with the main tectonic events in Eastern Kamchatka. It is concluded that the collision processes continued from the Oligocene to the Late Miocene.

Keywords: Eastern Kamchatka, fission track dating, apatite, age, tectonics, plate convergence, exhumation