

УДК 552.332.6

О СКОРОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЛИЗИОННЫХ НАДВИГОВ (ЛЕСНОВСКИЙ НАДВИГ, СЕВЕРНАЯ КАМЧАТКА)

А.В. Соловьев, М.Н. Шапиро, Дж.И. Гарвер

Надвиговые структуры со значительной амплитудой (до 100 км и более), образованные в результате коллизионных процессов на конвергентных границах литосферных плит, широко развиты в различных складчатых поясах мира. Формирование Лесновского надвига, разделяющего комплексы внутриокеанической островодужной системы и отложения Евразийского континентального склона, произошло в среднем эоцене за короткий промежуток времени, возможно, менее 1 млн лет. На примере эволюции Лесновского надвига показано, что образование швов в зонах коллизии может происходить с высокими скоростями шарьирования (более 5 см/год) и эти скорости могут превышать скорости конвергенции литосферных плит.

Надвиговые структуры со значительной амплитудой (до 100 км и более), сформированные в результате коллизионных процессов на конвергентных границах литосферных плит, широко развиты в различных складчатых поясах мира. Одним из ярких примеров коллизионных структур надвигового типа служит Лесновский покров, обнажающийся в пределах Северной Камчатки и являющийся частью Ватыно-Лесновского шва, возникшего в результате коллизии верхнемеловой внутриокеанической островодужной системы с окраиной Северо-Восточной Азии (рисунок) [1, 7, 4]. Амплитуда надвига превышает 50 км и, возможно, достигает 100 км. Новые датировки, полученные из пород автохтона и неоавтохтона надвига, а также из "сшивающих" интрузий, позволили не только уточнить время коллизии дуги с континентальной окраиной, но и получить оценку скорости формирования надвига.

Геологическое строение зоны Лесновского надвига

Строение этой зоны изучено в районе Лесновского поднятия на перешейке Камчатки (рисунок).

Автохтон Лесновского надвига сложен флишевыми породами лесновской серии, возраст которой считается меловым [2], хотя стратиграфия серии разработана слабо. Отложения лесновской серии смяты в изоклинальные складки западной вергентности и рассечены зонами автокластического меланжа [8]. Непосредственно под сместителем Лесновского надвига развита зона меланжа с многочисленными глыбами туфов, песчаников, кремней и базальтов. Из кремней этих глыб известны иноцерамы и радиолярии верхнемелового возраста. Последовательность разреза серии и ее общая стратиграфическая мощность неизвестны.

Аллохтон сложен главным образом ирунейской свитой, в которую здесь объединяются кремнисто-вулканогенные образования верхнего мела (сантон—маастрихт) [2, 6]. Кроме того, в аллохтоне присутствуют тела монзонитов, габбро и, реже, гипербазитов, а также пластины зеленых сланцев неясного возраста. Протолитом сланцев, по-видимому, служили

кремнисто-вулканогенные породы ирунейской свиты [8]. Аллохтон Лесновского надвига образует тонкую пластину (рисунок, профиль), незначительно осложненную крутыми более поздними разрывами. Аллохтонная пластина нарушена разрывами, падающими на восток. На границе пластин, сложенных габброидами и зелеными сланцами, наблюдаются субгоризонтальные зоны смятия с мелкими асимметричными складками, позволяющими определить направление смещения аллохтонных пластин относительно друг друга на запад [8]. По своим геометрическим характеристикам Лесновский надвиг (рисунок, профиль) близок к Ватыно-Вывенскому [1].

Амплитуда надвига в направлении, перпендикулярном к преобладающему простиранию кайнозойских структур, оценивается в 50 км. Но если верхнемеловые кремнисто-вулканогенные толщи района Паланы и одновозрастные отложения на восточных склонах Срединного хребта относить к той же структурной единице, то эти оценки возрастают до 120—130 км. В обнаженной части надвига современная мощность аллохтонной пластины близка к размаху рельефа и не превышает 2 км (рисунок, профиль).

Сместитель надвига дискордантен относительно структур автохтона и аллохтона. Он трассируется зоной милонитов с флазерной текстурой мощностью от первых до первых десятков метров. Структуры Риделя на одном из участков этой зоны указывают на северо-северо-восточное смещение по надвику (западное крыло Ватапвайамского купола), на другом — на северо-западное (центральная часть Шаманкинского купола) [8].

В основании *неоавтохтона* залегают субазральные эффузивы кинкильской свиты [2] и развитые локально отложения шаманкинской свиты [6]. Кинкильская свита перекрывает как аллохтонные комплексы, так и автохтонную лесновскую серию. Кинкильская свита относится к эоцену [3]. Зона Лесновского надвига прорывается Шаманкинским массивом биотит-роговообманковых гранодиоритов, окруженным широкой зоной роговиков по породам автохтона и аллохтона. Алофизы массива переходят в субвулканические тела кинкильской свиты [6]. Базаль-

ные горизонты шаманкинской свиты насыщены галькой гранодиоритов и роговиков. Возраст этих горизонтов на основании определений флоры считается верхнеэоценовым (37–34 млн лет) [6].

Новые данные о возрасте автохтона, неавтохтона и “сшивающих” интрузий

Детритовые цирконы из 9 образцов песчаников лесновской свиты, отобранных в районе Ватапваймского купола, датированы трековым методом [5]. Из каждого образца было датировано от 45 до 90 зерен циркона (таблица). Для вычисления возраста зерен циркона использована программа М.Т. Брэндона (Йельский университет, США) — Zetaage 4.7. Программа доступна для любого анонимного пользователя по <http://love.geology.yale.edu/~brandon>. Для разделения разновозрастных популяций использована программа Vinomfit 1.8, созданная М.Т. Брэндоном (Йельский университет, США). Программа доступна для любого анонимного пользователя по <http://love.geology.yale.edu/~brandon>.

Трековые возраста детритовых цирконов из отложений лесновской серии (Северная Камчатка)

Номер образца	Количество датированных зерен	Возраст популяций		
		P1	P2	P3
L1	45	46,0±2,7 Nf = 22,1 W = 22%		107,3±7,0 Nf = 22,9 W = 25%
L2	90	48,1±5,0 Nf = 6,1 W = 19%	78,1±5,8 Nf = 47,4 W = 22%	116,0±8,6 Nf = 36,6 W = 23%
L4	90	58,1±4,2 Nf = 32,6 W = 23%	83,3±6,3 Nf = 46,1 W = 24%	130,5±14,9 Nf = 11,4 W = 24%
L9	90	47,0±3,8 Nf = 16,9 W = 19%	70,8±5,7 Nf = 50,4 W = 21%	104,0±11,9 Nf = 22,7 W = 25%
L10	90	53,9±3,4 Nf = 35,7 W = 21%	87,5±6,2 Nf = 45,3 W = 22%	176,5±23,8 Nf = 9,0 W = 29%
L11	90	50,4±5,6 Nf = 17,9 W = 22%	70,6±6,6 Nf = 58,7 W = 24%	109,7±25,0 Nf = 13,4 W = 26%
L12	67	43,7±3,4 Nf = 11,3 W = 19%	70,6±4,4 Nf = 44,6 W = 22%	107,0±12,2 Nf = 11,1 W = 23%
L13	89	55,5±3,5 Nf = 30,4 W = 21%	93,0±4,8 Nf = 58,6 W = 23%	
L17	90	54,5±10,4 Nf = 4,0 W = 20%	84,6±6,5 Nf = 58,9 W = 20%	134,6±18,9 Nf = 27,0 W = 24%

Примечание: Nf — количество зерен, статистическое отклонение пика, выраженное в процентах. Ошибка определения возраста соответствует $\pm 1\sigma$. Цирконы датированы с использованием метода внешнего детектора. Зерна циркона были впрессованы в пластинки FEP Teflon^{MT} размером 2 × 2 см². Для каждого образца готовилось две пластинки. Пластинки обдирались на абразивном круге и затем полировались с использованием алмаз-

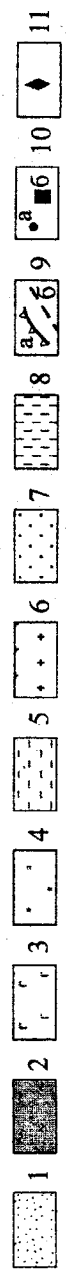
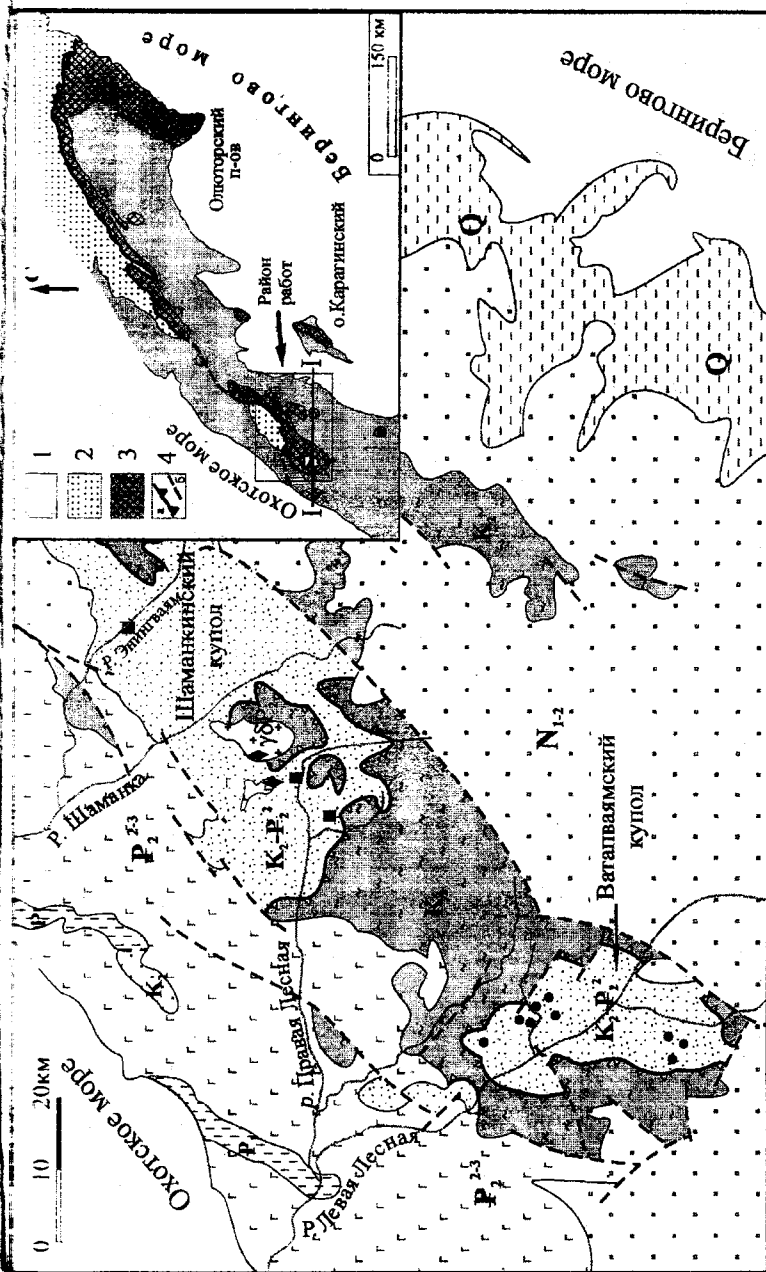
ных паст (9 μm и 1 μm) и пасты Al₂O₃ 0,3 μm на конечной стадии. Химическое травление пластинок производилось составом NaOH—KOH при температуре 228°С в течение 15 ч (первая пластинка) и 30 ч (вторая пластинка). После травления пластинок были накрыты детектором (слюда с низким содержанием урана) и облучены в потоке тепловых нейтронов порядка 2×10^{15} нейтрон/см² (реактор Университета штата Орегон). Одновременно с образцами облучались возрастные стандарты для циркона (Фиш Каньон Туф (Fish Canyon Tuff — FCT) и Булак Туф (Bulak Tuff — BL)) и стекло-дозиметр с известным содержанием урана (CN-5). При подсчете треков использовался микроскоп Olympus BH-P с автоматизированной системой и цифровой планшеткой, максимальное увеличение $\times 1256$, сухой метод. Z-фактор, вычисленный по 10 возрастным стандартам (6 образцов — FCT, 4 образца — BL), равнялся 305,01±6,91.

Песчаники содержат цирконы трех разновозрастных популяций (P1) — 44–58 млн лет, (P2) — 71–93 млн лет и (P3) — 104–176 млн лет (таблица). После осадконакопления породы не нагревались выше блокирующей температуры для циркона (~215–240°С) [9], так как треки в кристаллах детритового апатита из тех же образцов не отожджены или отожджены лишь частично (неопубликованные данные, Соловьев, Гарвер), а треки в апатитах устойчивы до температуры ~120°С. Наиболее молодая популяция цирконов (P1) распределена в разных образцах в интервале от 43,7±3,4 до 58,1±4,2 млн лет, т. е. цирконы этой популяции испытали последнее охлаждение в интервале от конца палеоцена до середины эоцена. Поскольку отложения всегда моложе содержащихся в них обломков, опробованная часть лесновской серии не может быть древнее верхнего палеоцена [5]. Данные трекового датирования подтверждаются находками в аргиллитах лесновской серии (Шаманкинский купол) палеоцен-эоценового нанопланктона (определения Е.А. Шербининой).

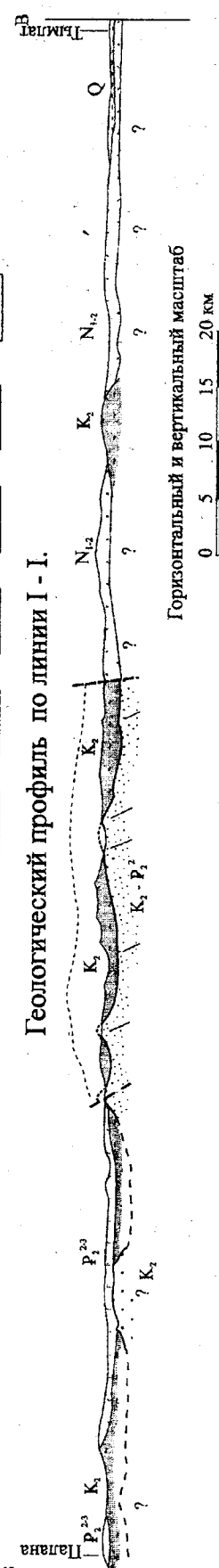
Возраст биотита из риолитов в основании кинкильской свиты (Шаманкинский купол) — 46,0±1,3 млн лет (K/Ar, определения М.М. Аракелянц). Биотит гранитоидов Шаманкинского массива имеет возраст 47,0±1,3 млн лет, а роговая обманка — 44,0±2,5 млн лет (K/Ar, определения М.М. Аракелянц).

Обсуждение

Полученные датировки показывают, что накопление лесновской серии, слагающей автохтон Лесновского надвига, продолжалось, как минимум, до середины среднего эоцена и, учитывая ошибки определений трековых возрастов, закончилось не ранее 47 млн лет назад. Формирование неавтохтона и внедрение интрузий произошло также в среднем эоцене (не позднее 46 млн лет назад, учитывая ошибки K/Ar определений). Отсюда следует, что формирование Лесновского надвига произошло менее чем за 1 млн лет, причем за это время были деформированы, по крайней мере, верхи отложений автохтона, шарьированы и частично размыты аллохтонные пластины. Достоверно известная амплитуда Лесновского надвига (50 км) позволяет оценить скорость его формирования — более 5 см/год, а если амплитуда надвига более 100 км будет доказана, то



Геологический профиль по линии I-I.



Горизонтальный и вертикальный масштаб

Схема строения перешейка Камчатки

На врезке — положение Ватыно-Лесновского надвига в структуре севера Олиторско-Камчатской складчатой области: 1 — кайнозойские отложения, 2 — мел-палеогеновые отложения Укэляйтско-Лесновского прогиба, 3 — меловые кремнисто-вулканогенные комплексы, 4 — Ватыно-Лесновский надвиг: а — установленный, б — предполагаемый; 1 — авхотонный комплекс — лесновская серия (верхний мел); 2 — аллохтонный комплекс — ирунейская свита (верхний мел); 3—6 — неавхотонный комплекс: 3 — эффузивы средне-верхнеэоценовой кинкильской свиты (Западно-Камчатский вулканический пояс), 4 — верхнеэоцен-нижнемиоценовые осадочные толщи и миоценовые вулканы Центрально-Камчатского пояса, 5 — рыхлые четвертичные образования, 6 — Шаманский массив гранитоидов; 7—8 — доэоценовые терригенные комплексы неясного структурного положения в основании Западно-Камчатского пояса: 7 — тальничевская свита (верхний мел), 8 — геткилинская свита (палеоцен); 9 — Лесновский надвиг (а) и прочие разрывы (б); 10 — точки отбора песчаников лесновской серии для изучения цирконов трековым методом (а), участки отбора проб на нанофоссилии из лесновской серии (б); 11 — места отбора проб для определения возраста K/Ar методом

оценка скорости возрастет — более 10 см/год. Отметим, что максимальные оценки скорости формирования Лесновского надвига значительно превышают скорость встречного движения Тихоокеанской плиты и Евразии для первой половины среднего эоцена, которая составляла 5,5 см/год [10]. Если это так, то формирование надвига не является прямым отражением конвергенции плит, но, вероятно, осложнено еще каким-то процессом. Возможно, надвиг имеет гравитационную природу, поскольку процесс коллизии сопровождался быстрым подъемом палеодуги и сопряженной с ней аккреционной призм, сформированной в ходе мел-палеоэоценового дрейфа. Это поднятие потеряло гравитационную устойчивость, и с него в сторону бассейна сползла серия тонких чешуй, перекрывшая деформированные осадки лесновской серии.

Выводы

1. Формирование Лесновского надвига, разделяющего комплексы внутриокеанической островодужной системы и отложения Евразийского континентального склона, произошло в среднем эоцене за короткий промежуток времени, возможно, менее 1 млн лет.

2. На примере эволюции Лесновского надвига показано, что формирование швов в зонах коллизии может происходить с высокими скоростями шарьирования (более 5 см/год), и эти скорости могут превышать скорости конвергенции литосферных плит.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 98—05—64525) и Национального Научного Фонда США (NSF EAR 94—18989 — Дж.И. Гарвер).

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов Н.А., Вишневецкая В.С., Кебезинская П.К. и др. Геология юга Корякского нагорья. М., 1987. 167 с.

2. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист О-57, (58) — Палана. Объяснит. записка. Л., 1989. 105 с.

3. Гладенков Ю.Б., Синельникова В.Н., Шанцер А.Е. и др. Эоцен Западной Камчатки. М., 1991. 181 с.

4. Соловьев А.В., Брэндон М.Т., Гарвер Дж.И. и др. Коллизия Олюторской островной дуги с Евразийской континентальной окраиной: кинематические и возрастные аспекты // ДАН. 1998. Т. 360. № 5. С. 666—668.

5. Соловьев А.В., Гарвер Дж.И., Шапиро М.Н. Возраст детритовых цирконов в песчаниках Лесновской серии (Северная Камчатка) по данным трекового датирования // Стратиграфия. Геол. корреляция (в печати).

6. Шанцер А.Е., Шапиро М.Н., Колосков А.В. и др. Эволюция структуры Лесновского поднятия и прилегающих территорий в кайнозое (Северная Камчатка) // Тихоокеанская геология. 1985. № 4. С. 66—74.

7. Шапиро М.Н. Позднемиоценовая Ачайваем-Валагинская вулканическая дуга (Камчатка) и кинематика плит Северной Пацифики // Геотектоника. 1995. № 1. С. 58—70.

8. Шапиро М.Н., Соловьев А.В. Структура и эволюция Лесновского надвига (Северная Камчатка) // Тихоокеанская геология. 1999. Т. 18, № 6. С. 71—82.

9. Brandon, M. T., Vance, J.A. A symmetry-based method for kinematic analysis of large-slip brittle fault zones // Am. J. Sci. 1992. Vol. 292. P. 565—636.

10. Engebretson D.C., Cox A., Gordon R. Relative motions between oceanic and continental plates in the Pacific Basin // Geol. Soc. Am. Spec. Pap. 206. 1985. 59 p.

Ин-т литосферы РАН, Объединенный ин-т физики Земли РАН, Москва
Юнион колледж, Скенектади, США

Поступила в редакцию
14.04.2000

VELOCITY OF COLLISIONAL THRUSTING (LESNAYA THRUST, NORTHERN KAMCHATKA)

A.V. Soloviev, M.N. Shapiro, J.I. Garver

Major collision-related thrust systems with overthrusting of 100 km and more are known in the several fold belts of the world. The Lesnaya Thrust is divided far-traveled intraoceanic and island-arc complexes and formations deposited at the Eurasian continental margin during middle Eocene in a short period of time (about 1 Ma). The study of the Lesnaya Thrust indicates on a very high velocity (higher than 5 cm/y) of overthrusting exceeding the rate of plate convergence.