

Общая тема:

АКТИВНЫЕ ОКРАИНЫ КОНТИНЕНТОВ

Лекция № 24 (продолжение)

КАМЧАТКА:

**тектоническая эволюция, особенности
магматизма и субдукционной
геодинамики**

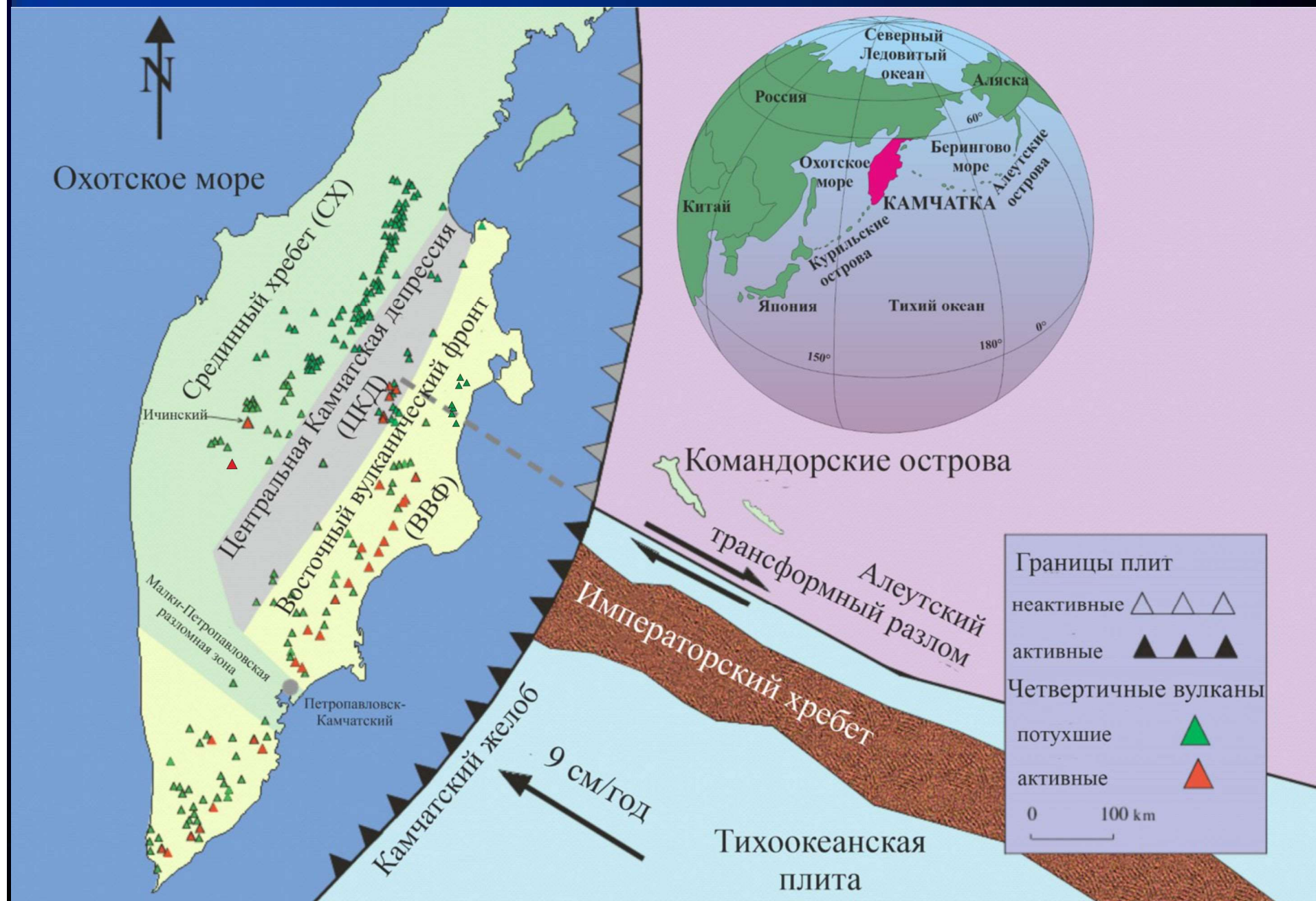
Основы геологической истории Камчатки



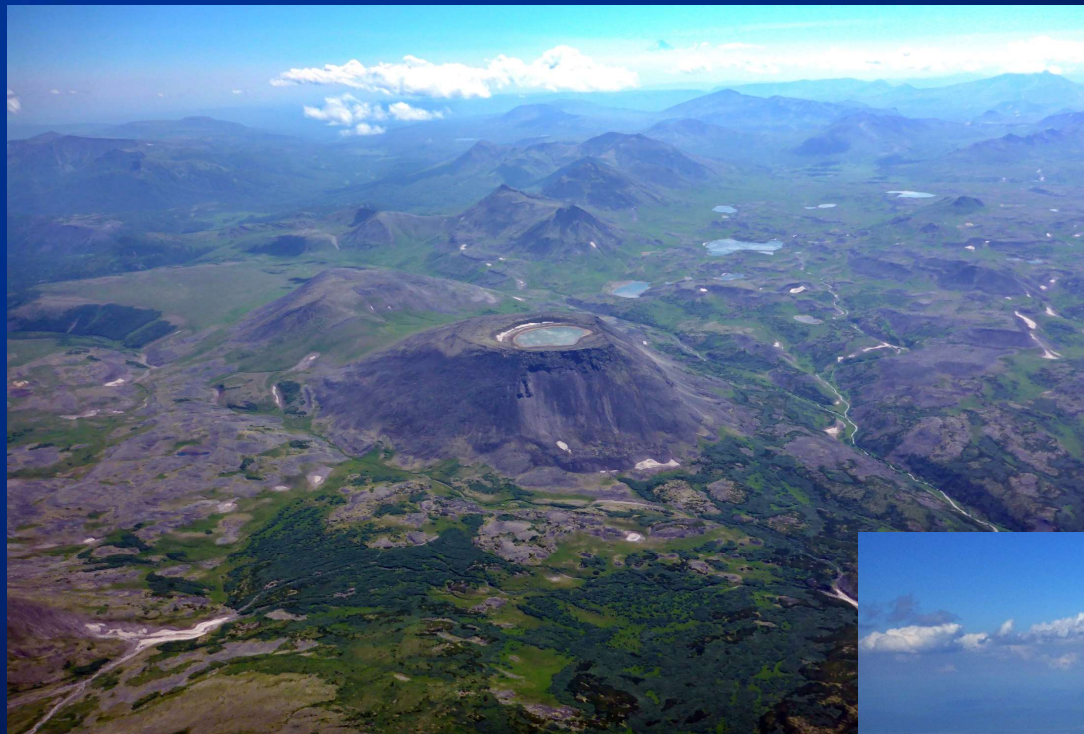
Геологическое развитие Камчатки представляет собой неоднократную смену геодинамических обстановок, проявлением не только субдукционных и аккреционно-коллизионных процессов, но также рифтогенных процессов

(например, Леглер, 1977; Соловьев и др., 1998; Богданов, Чехович, 2002, 2004; Константиновская, 2003).

Тектоническое положение Камчатки



Зоны шлаковых конусов Срединного хребта



Из доклада Т. Чуриковой (2022)

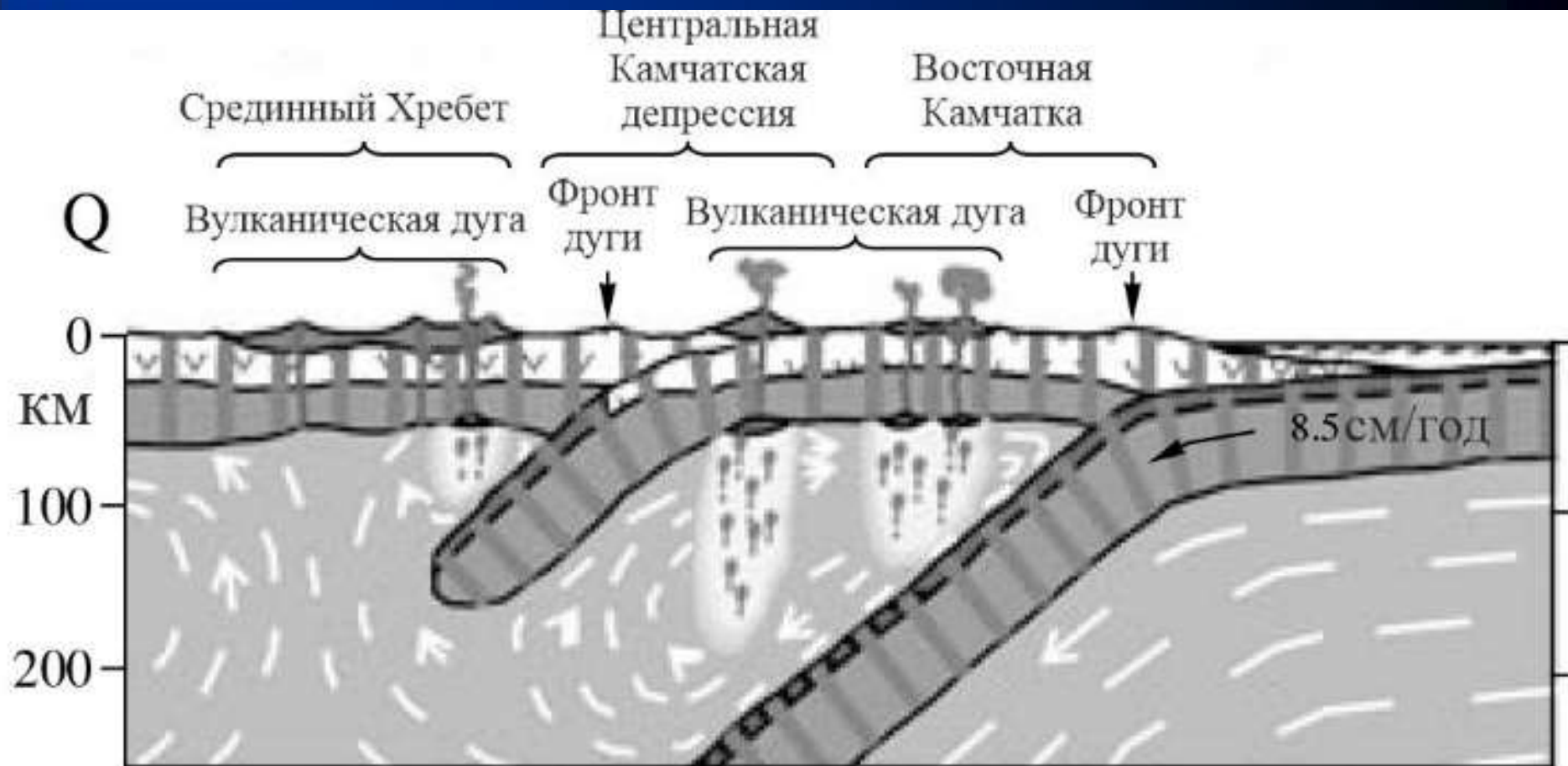


Толбачинская зона шлаковых конусов (Восточная Камчатка)



Из доклада Т. Чуриковой (2022)

Последовательность формирования островных дуг



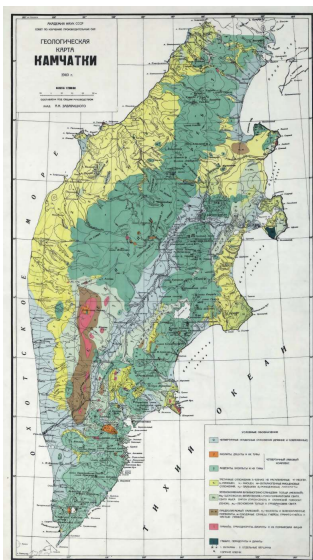
Авдейко и др. (2006)

История геологического развития Камчатки

Более или менее точные данные о геологических событиях, происходивших на площади Камчатского полуострова, имеются, начиная с конца мела **~60 млн. лет назад**.

Более древние, чем верхнемеловые, образования имеют здесь ограниченное распространение и плохо изучены. Полуостровное положение Камчатки затрудняет сопоставление камчатских "немых" толщ с разрезами других областей.

Поэтому о геологических условиях допозднемелового времени можно высказать лишь самые общие соображения.



1940

Древнейшие породы Камчатки

Древнейшие породы, слагающие
Срединный Камчатский массив,
отнесены к допалеозойским и
палеозойским образованиям.

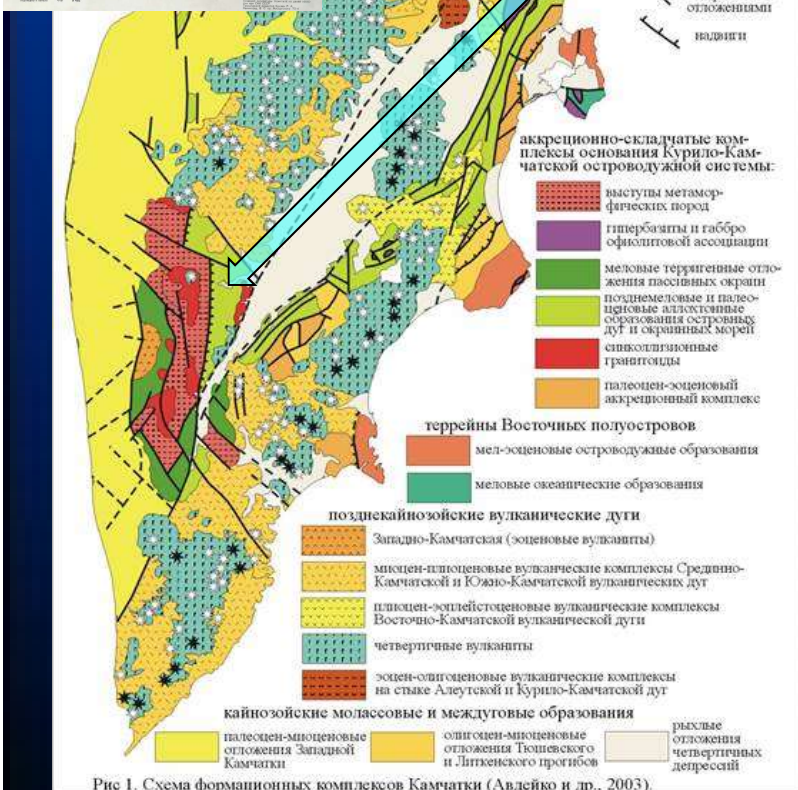
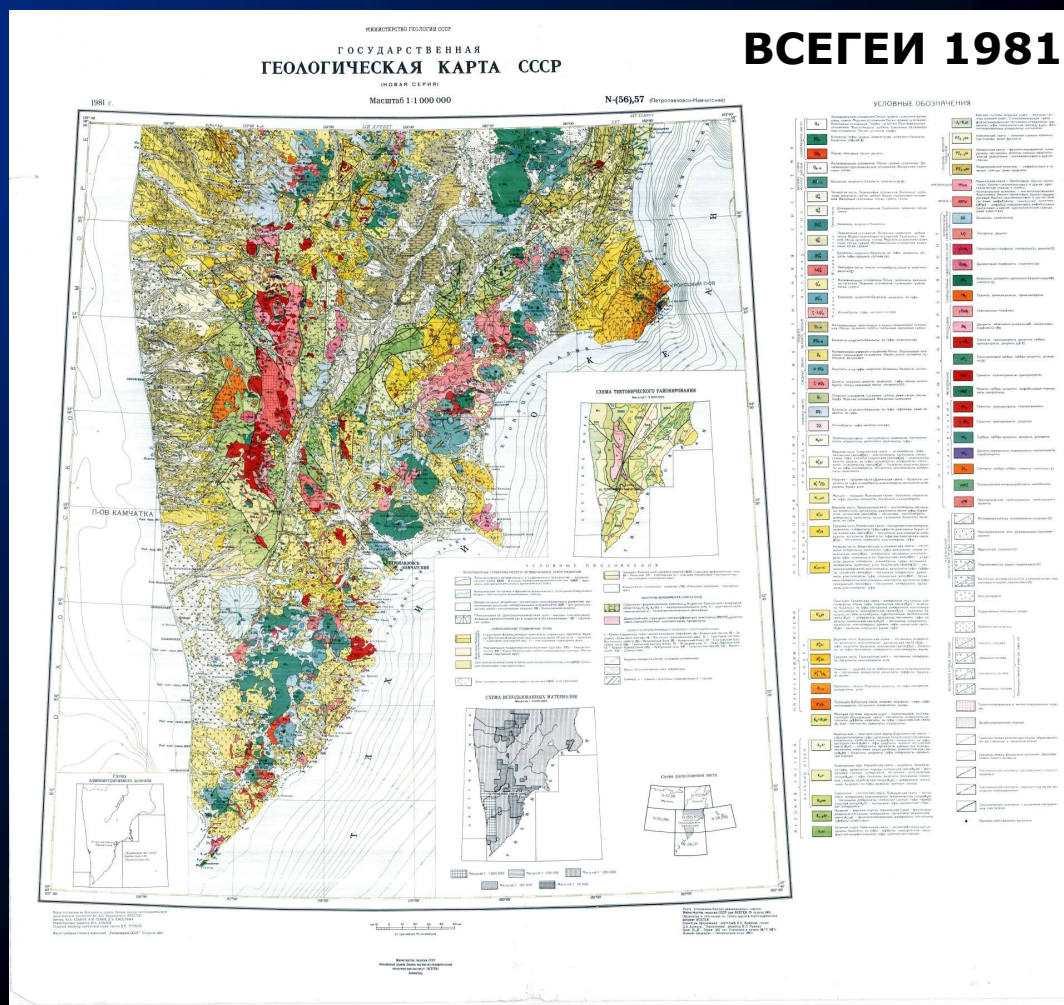


Рис. 1. Схема формационных комплексов Камчатки (Авдейко и др., 2003).

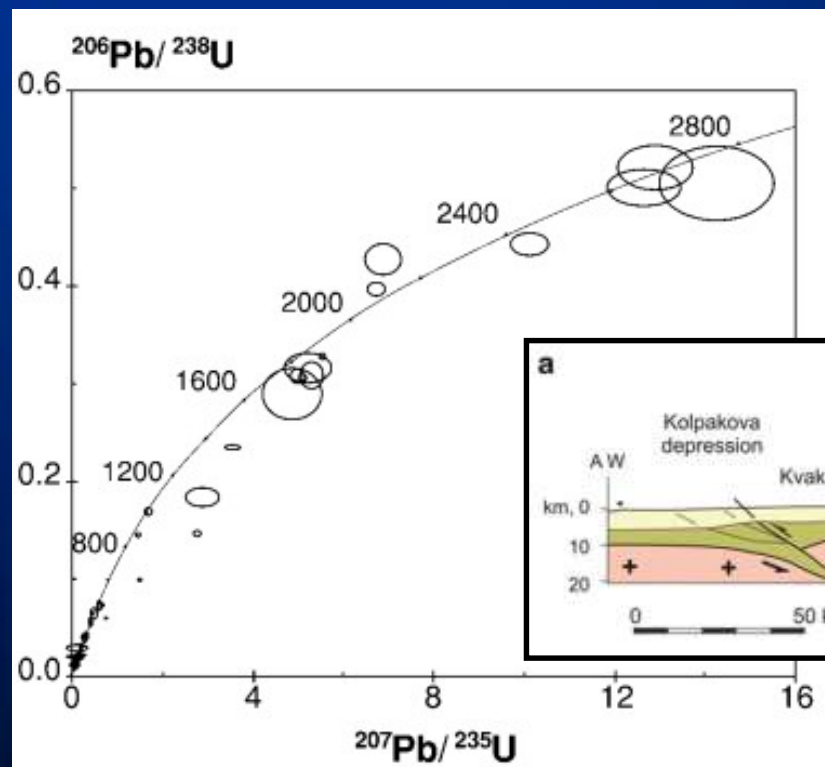
ВСЕГЕИ 1981



Древнейшие породы Камчатки

Archean Protolith and Accretion of Crust in Kamchatka: SHRIMP Dating of Zircons from Sredinny and Ganal Massifs

I. N. Bindeman, V. I. Vinogradov,¹ J. W. Valley, J. L. Wooden,² and B. A. Natal'in³



D. Brown and P.D. Ryan (eds.), *Arc-Continent Collision*, Frontiers in Earth Sciences, DOI 10.1007/978-3-540-88558-0_9, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011

Chapter 9 Early Eocene Arc–Continent Collision in Kamchatka, Russia: Structural Evolution and Geodynamic Model

E. Konstantinovskaya

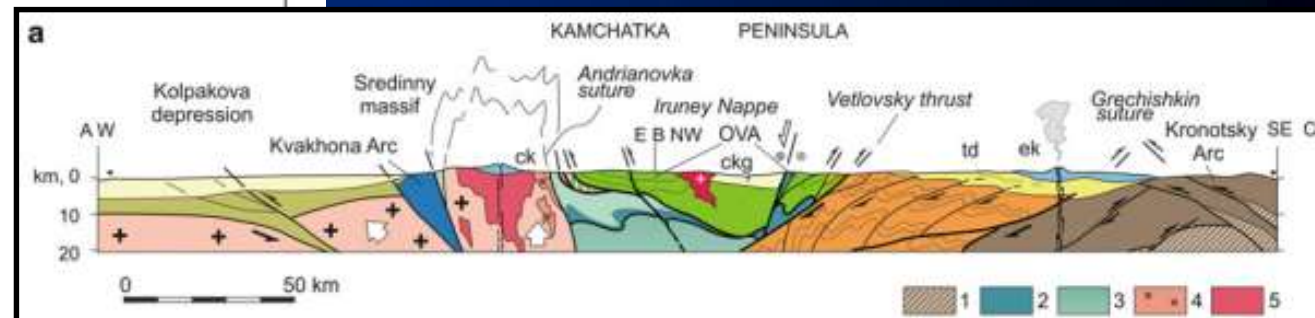


Fig. 9.5 (a) Interpretative profile along line A–B–C, modified after Konstantinovskaya (2002). Legend: (1) Paleogene and (2) Cretaceous oceanic crust; (3) mantle lithosphere of subducted fore-arc block; (4) syncollisional equigranular granites (52 ± 2 Ma); (5) Krutogorov gneissic granites (80–78 Ma). Other symbols as in Fig. 9.4. (b) Seismic time section across the south-

Древнейшая история Камчатки

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА ЗЕМЛИ			
Эра	Период	Начало	Продолж.
		млн, лет	млн. лет
Кайнозойская KZ	Четвертичный Q	2,58	2,58
	Неогеновый N	23	20
	Палеогеновый Pg	66	43
Мезозойская MZ	Меловой K	145	79
	Юрский J	201	56
	Триасовый T	252	51
Палеозойская PZ	Пермский P	299	47
	Каменноугольный C	359	60
	Девонский D	419	60
	Силурийский S	444	25
	Ордовикский O	485	41
	Кембрийский Є	541	56
ДОКЕМБРИЙ (Протерозой)			
Неопротерозойская	Эдиакарий	635	94

Предполагают, что **в среднем палеозое** на месте Камчатки существовал **континентальный массив – “Берингия”**.

Этот континент существовал в течение почти всего **мезозоя**, будучи сушей.

В середине мела большая часть площади Камчатки была вовлечена в погружение и покрыта водами моря, трансгрессировавшего с севера.

Конец мелового периода

После тектонических движений в конце мелового времени море ушло с территории Камчатки и на ее площади возник горный рельеф. Наиболее крупные возвышенности располагались на месте современных Срединного Камчатского массива древних пород, восточных хребтов, а также хребтов Медвежьего, Ирунейского, Пенсантайн.

В это время на месте центральной и северной частей Срединного хребта **возник свод (антиклинальное поднятие)**, морфологически выраженное также в виде хребта.

Эта водораздельная горная гряда в дальнейшем обусловила **различные условия осадконакопления на Западной и Восточной Камчатке.**

Обратимся к геодинамическим моделям...



Фундамент Охотоморской плиты:

Южно-Курильская котловина – кора океанического типа, а к северу о нее (Южно-охотский рифт) нет определенности...

Неопределенность истории Западной Камчатки

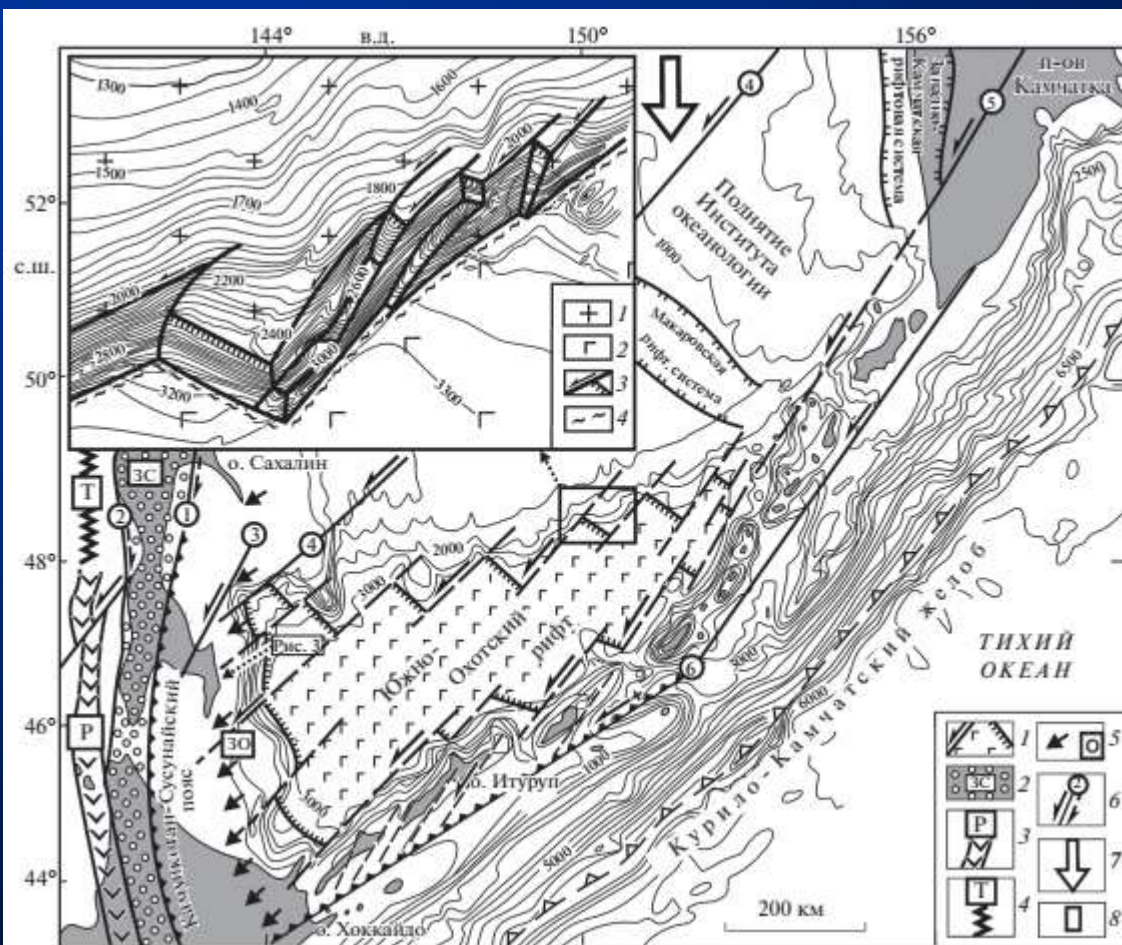


Рис. 2. Морфология и кинематика структурообразующего течения коровых масс Охотоморского региона. 1 – сдвиго-раздвиговые границы Южно-Охотского рифта с корой океанического типа; 2–4 – Хоккайдо-Сахалинская система рифтов: ЗС – Западно-Сахалинский (2), Р – Ребун-Манеронский (3), Т – Татарский (4); 5 – Западно-Охотский пояс фронтального сжатия, динамоморфизма и чешуйчато-надвигового скупивания коровых масс; 6 – сдвиги: Поронайский (1), Западно-Сахалинский (2), Мерейский (3), Пенжинский (4), Восточно-Камчатский (5), Срединно-Курильский с взбросовой составляющей на южном фланге (6); 7 – направление ротационных сил; 8 – положение рис. 3.

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК, 2017, том 472, № 5, с. 566–571

ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.24:551.7+551.462:551.24(5)

СТРУКТУРООБРАЗУЮЩЕЕ ТЕЧЕНИЕ КОРОВЫХ МАСС
(НА ПРИМЕРЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЯПОНСКОГО И ОХОТСКОГО МОРЕЙ)

© 2017 г. В. П. Уткин

Ряд исследователей считают, что Охотоморская плита является континентальным или субконтинентальным блоком, столкнувшимся с Евразией [Парфенов, Натальин, 1977; Ханчук, 1985 и др.]. Скорости сейсмических волн в фундаменте Охотоморской плиты как в коре переходного типа. Поэтому высказана идея о том, что она представляет аккрецированное к краю Азиатского континента океаническое плато [Watson, Fujita, 1985; Богданов, Чехович, 2002]. Фундамент Зап. Камчатки одни рассматривают как часть Охотоморской плиты; другие выделяют самостоятельную Западно-Камчатскую микроплиту

ТЕКТОНИКА ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ ПО ДАННЫМ
ТРЕКОВОГО ДАТИРОВАНИЯ И СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

А.В.Соловьев

Геологическая история Восточной Камчатки

Мы акцентируем внимание на
Срединной и Восточной части
Камчатки



Вулканические зоны Камчатки

Что касается более поздней истории Камчатки, последнее геодинамическое событие, датируемое поздним **миоцен - плиоценом (~6 млн.лет)**, связано со смещением к востоку вулканического фронта и формированием современной тектонической конфигурации, включающую **Восточный вулканический пояс (ВВП)** и тыловую зону, включающую **Центральную Камчатскую депрессию (ЦКД)** и **Срединный хребет (СХ)**.

Геологическая история Восточной Камчатки

Это тектоническое событие рассматривается

большинством исследователей (Авдейко и др., 2006;

Константиновская, 1999; Леглер, 1977; Шапиро, Ландер, 2003; Seliverstov, 1998;

Alexeiev et al., 2006; Lander and Shapiro, 2007 и др.) **как результат:**

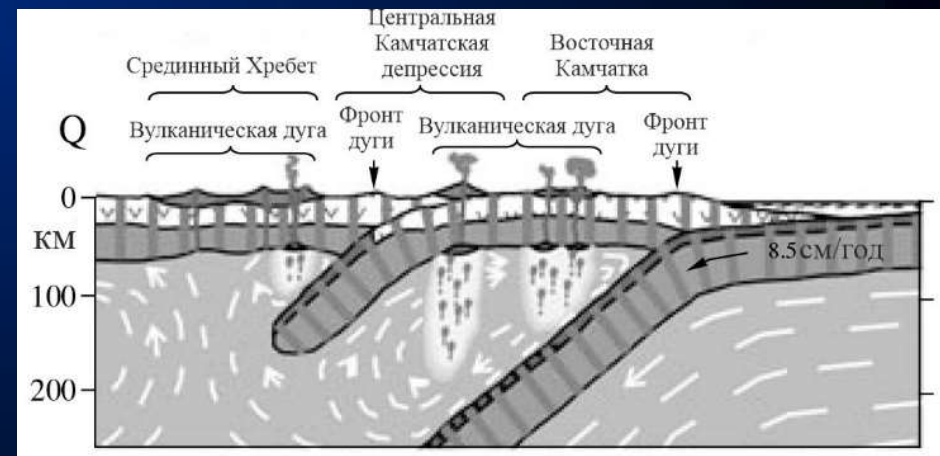
(1) ступенчатой аккреции Кроноцкой неовулканической дуги,

(2) блокировки олигоцен-миоценовой зоны субдукции и формирования нового слэба.

В некоторых работах структурную перестройку полуострова связывают с увеличением угла наклона погружающейся

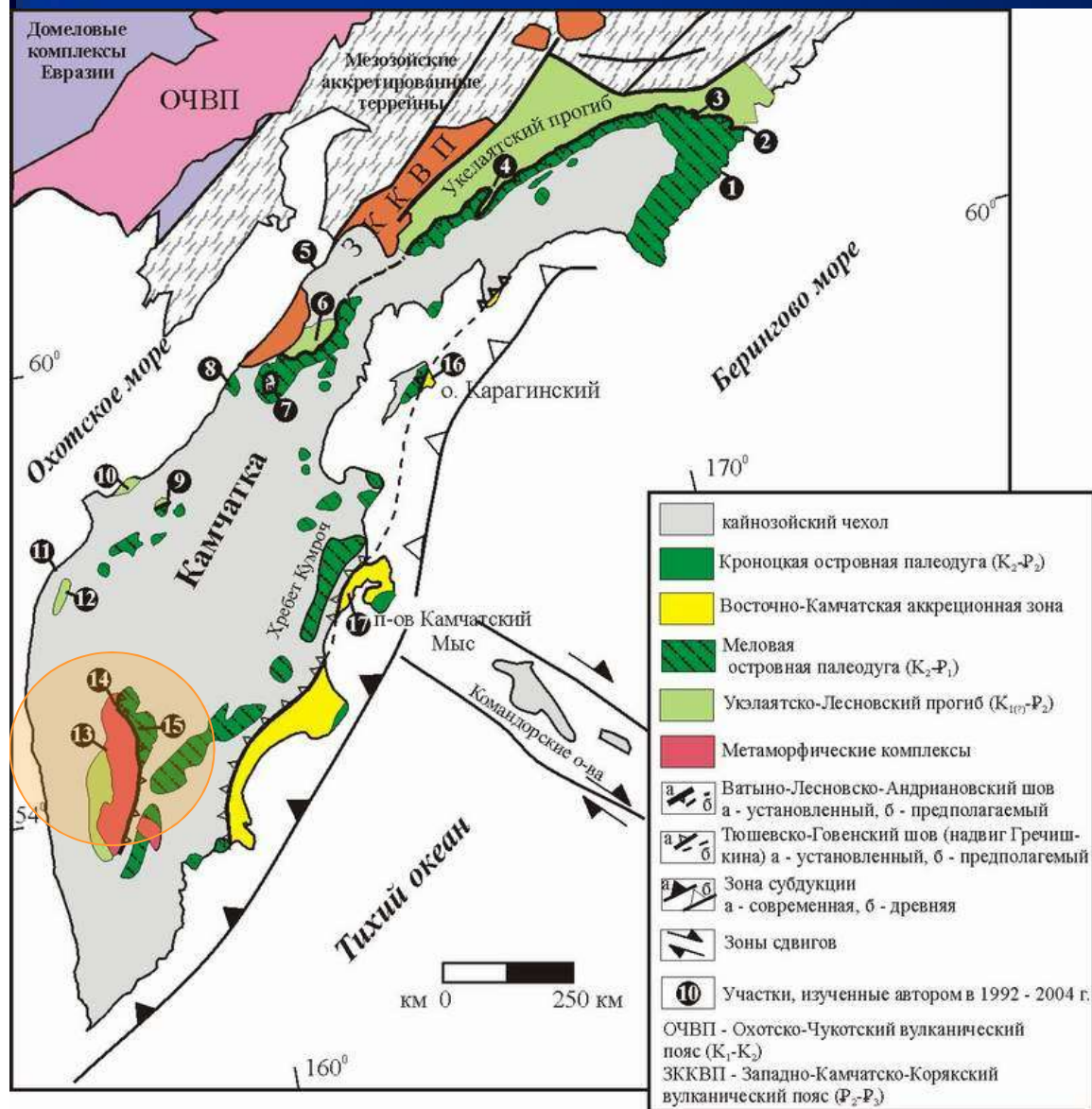
океанической плиты

(Селиверстов 2009; Volynets et al. 2010)



или с рифтогенезом, не связанным с субдукцией (Перепелов и др., 2006; Колосков и др., 2013, и др.).

Схема тектонического строения Камчатки и юга Корякии (по Тильман, Богданов, 1992; Шапиро, 1995; Объяснительная записка..., 2000; с изменениями А.В. Соловьева)

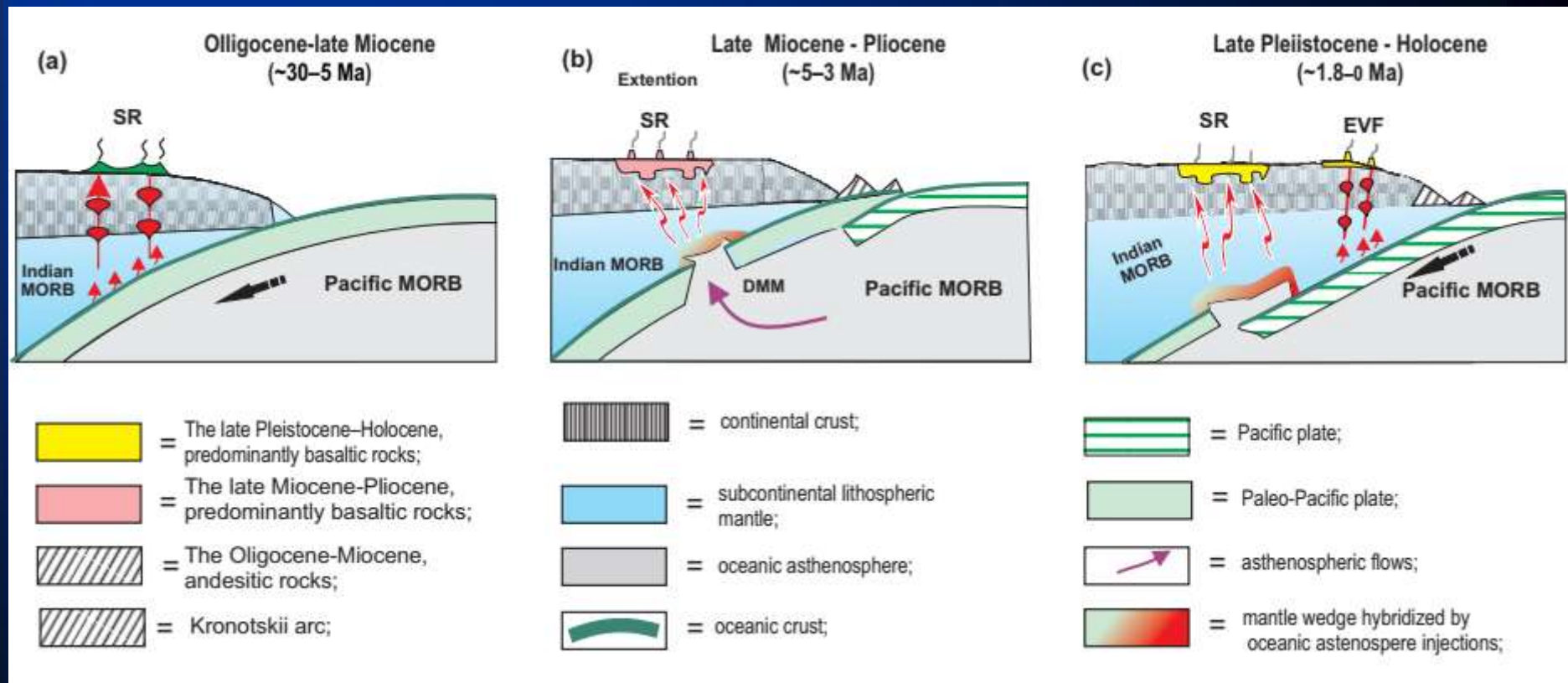


Цифрами в черных кружках показаны участки, изученные А.В. Соловьевым:

- 1 - мыс Витгенштейна,
- 2 - бухта Анастасия,
- 3 - реки Ильпи и Матыскен,
- 4 - река Тапельваям,
- 5 - мыс Теви,
- 6 - Шаманкинский купол,
- 7 - Ватапваямский купол,
- 8 - устье реки Палана,
- 9 - река Рассошина,
- 10 - хребет Омгон,
- 11 - мыс Хайрюзова,
- 12 - хребет Морошечный,
- 13 - река Крутогорова,
- 14 - река Облуковина,
- 15 - река Левая Андриановка,**
- 16 - остров Карагинский,
- 17 - хребет Кумроц.

Модель тектонической эволюции Восточной Камчатки

(по А.В. Давыдовой и Мартынову)



Третичный период

(мел-66 – начало ледникового периода-1.8 млн. лет)

При слабой изученности третичных отложений северной половины Восточной Камчатки нельзя уверенно говорить об отсутствии там эоценовых отложений.

При направлении палеогеновых трансгрессий с севера, нижние морские слои на севере области могут иметь более древний возраст, чем в южных районах.

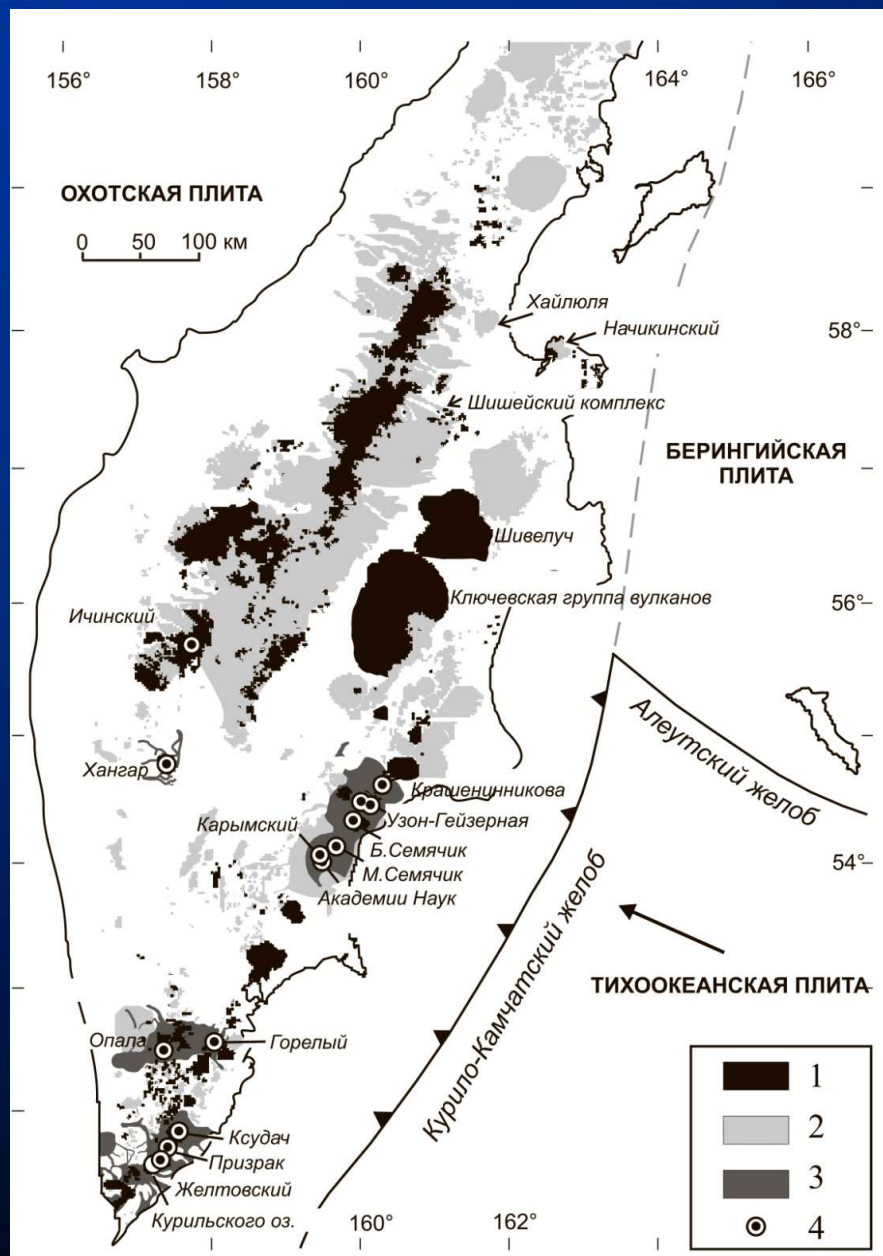
В олигоцене происходило расширение границ морских бассейнов и в них отлагались песчаные, а местами более мелкие осадки. Теплые условия эоцена сменились более умеренными, что, возможно, находилось в связи с открытием палео-Берингова пролива и вторжением в Тихий океан вод Арктического бассейна [1].

ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ПОРОДЫ КАМЧАТКИ

(схема позднеплиоцен-
голоценовых полей)

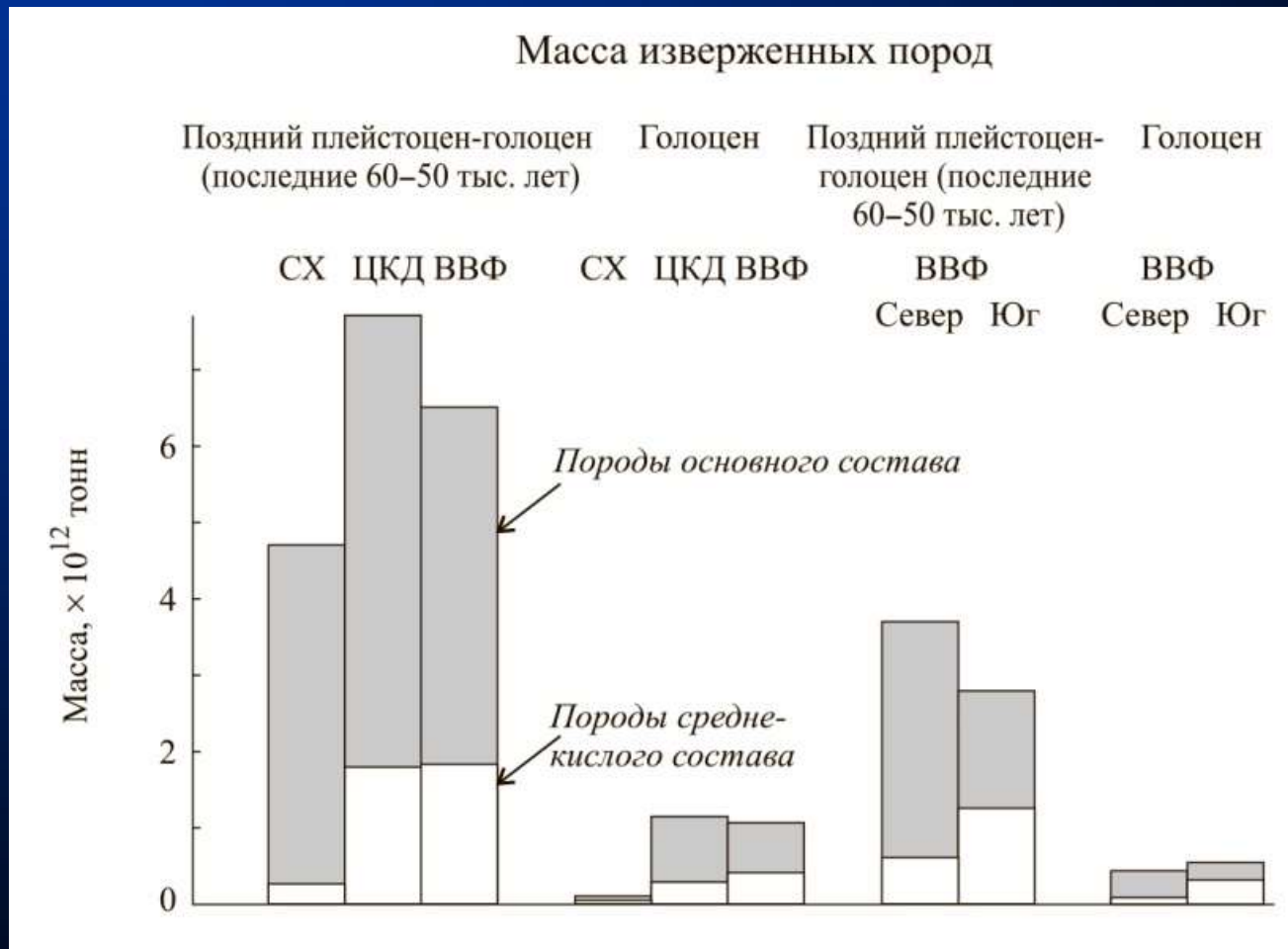
1, 3, 4 –
позднеплейстоцен-
голоценовые проявления
(0.1 млн. лет назад –
настоящее время)

2 – позднеплиоцен-
среднеплейстоценовые
поля
(3.6–0.1 млн. лет назад)



Пономарева и др. (2008)

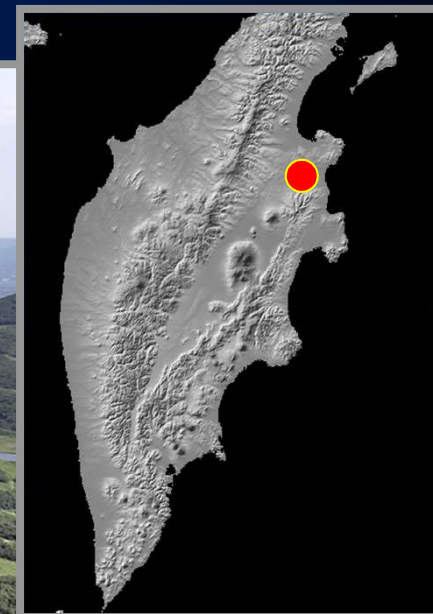
Масса изверженных продуктов по вулканическим поясам



Пономарева и др. (2008)

ПРО ПРОДОЛЬНУЮ И ПОПЕРЕЧНУЮ ЗОНАЛЬНОСТЬ КАМЧАТКИ

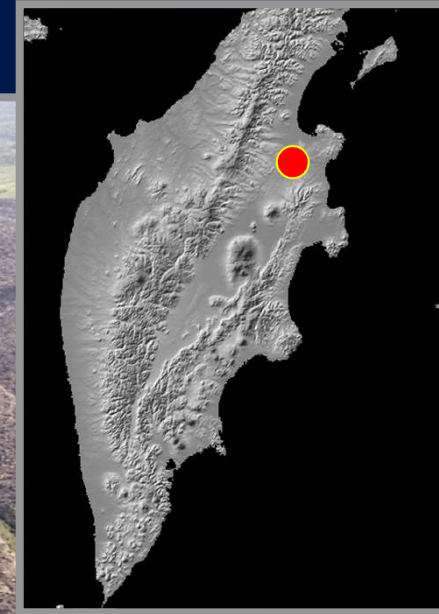
ЗОНА АРЕАЛЬНОГО ВУЛКАНИЗМА В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-КАМЧАТСКОЙ ДЕПРЕССИИ



**Шишейский
комплекс**

Фото
М.В.Портнягина

ЛАВОВЫЕ ПОТОКИ ШИШЕЙСКОГО КОМПЛЕКСА



Фотография
М.В.Портнягина

ОБЩИЙ ВИД ЗОНЫ АРЕАЛЬНОГО ВУЛКАНИЗМА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ СРЕДИННОГО ХРЕБТА



Фотография
П.Ю.Плечова

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ БАЗАЛЬТОВ ГОРЫ ТЕРТУК (Бычков, 2005)



Окислы	ТК-02/27	ТК-02/32
SiO_2	49.60	52.10
TiO_2	1.38	1.32
Al_2O_3	17.28	17.59
FeO	9.59	9.64
MnO	0.17	0.17
MgO	9.05	6.26
CaO	9.31	8.38
Na_2O	2.41	2.73
K_2O	0.83	1.19
P_2O_5	0.32	0.60

Оливин: 78-86% Fo

Плагиоклаз: 65-75% An

Температура: ~ 1200°C

Давление: ~ 1.5 кбар

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОРОД СРЕДИННОГО ХРЕБТА (Некрылов и др, 2018)

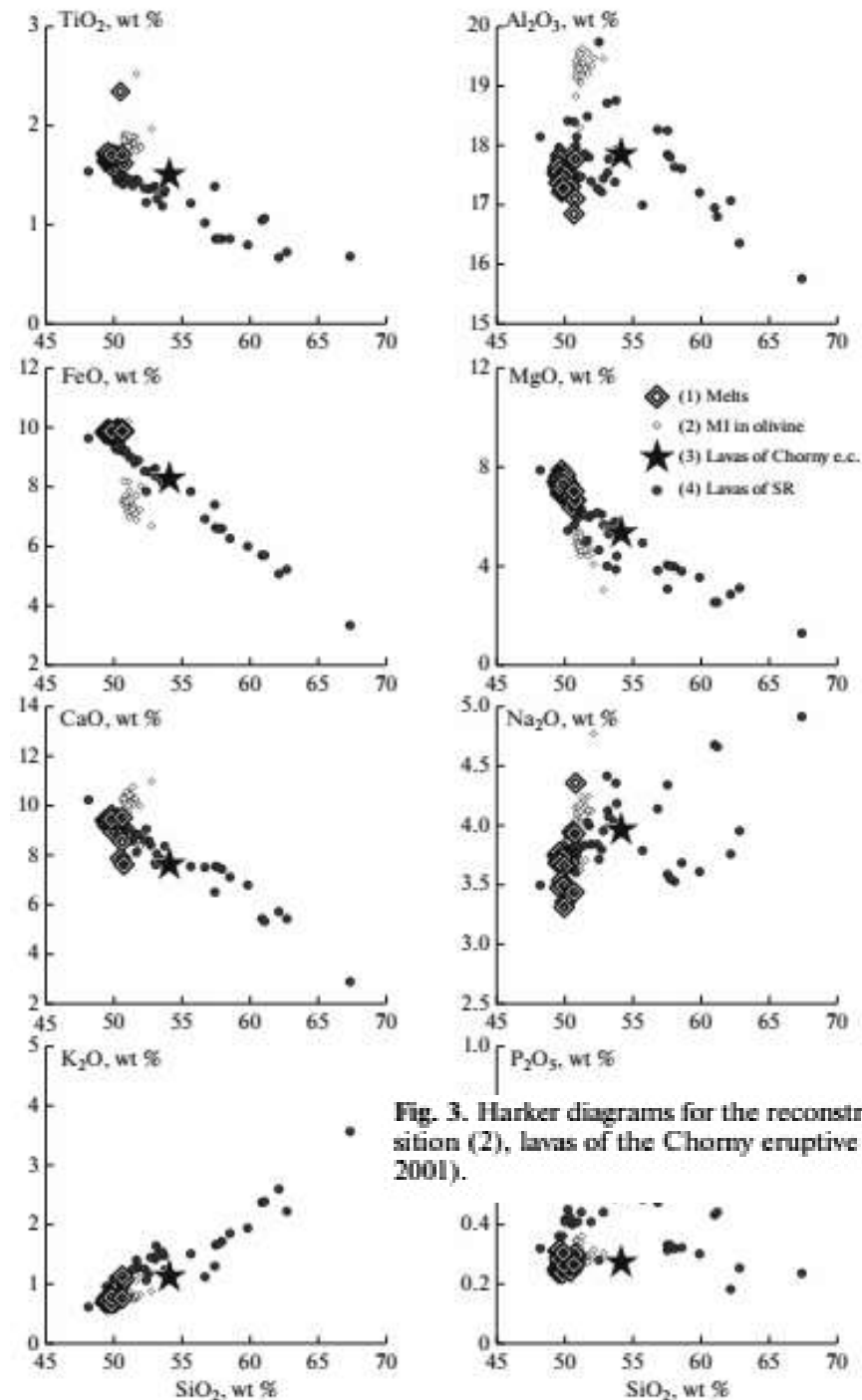
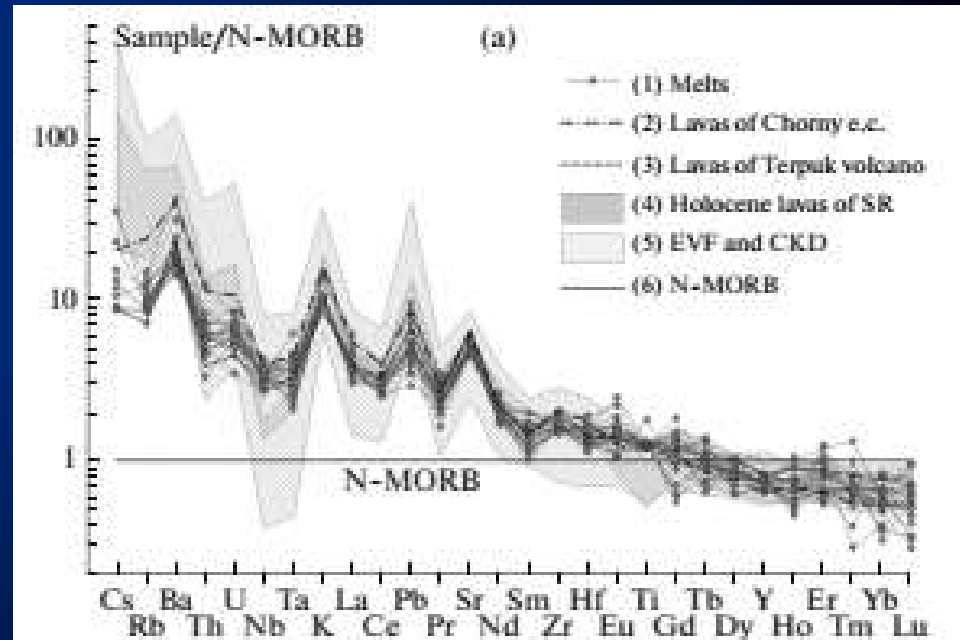


Fig. 3. Harker diagrams for the reconstructed melts (1), melt inclusions in olivine, which were used to reconstruct melt composition (2), lavas of the Chorny eruptive center (3), and other Holocene lavas of SR (4) (Volynets et al., 2010; Churikova et al., 2001).



ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОРОД СРЕДИННОГО ХРЕБТА

(Перепелов, 2014)

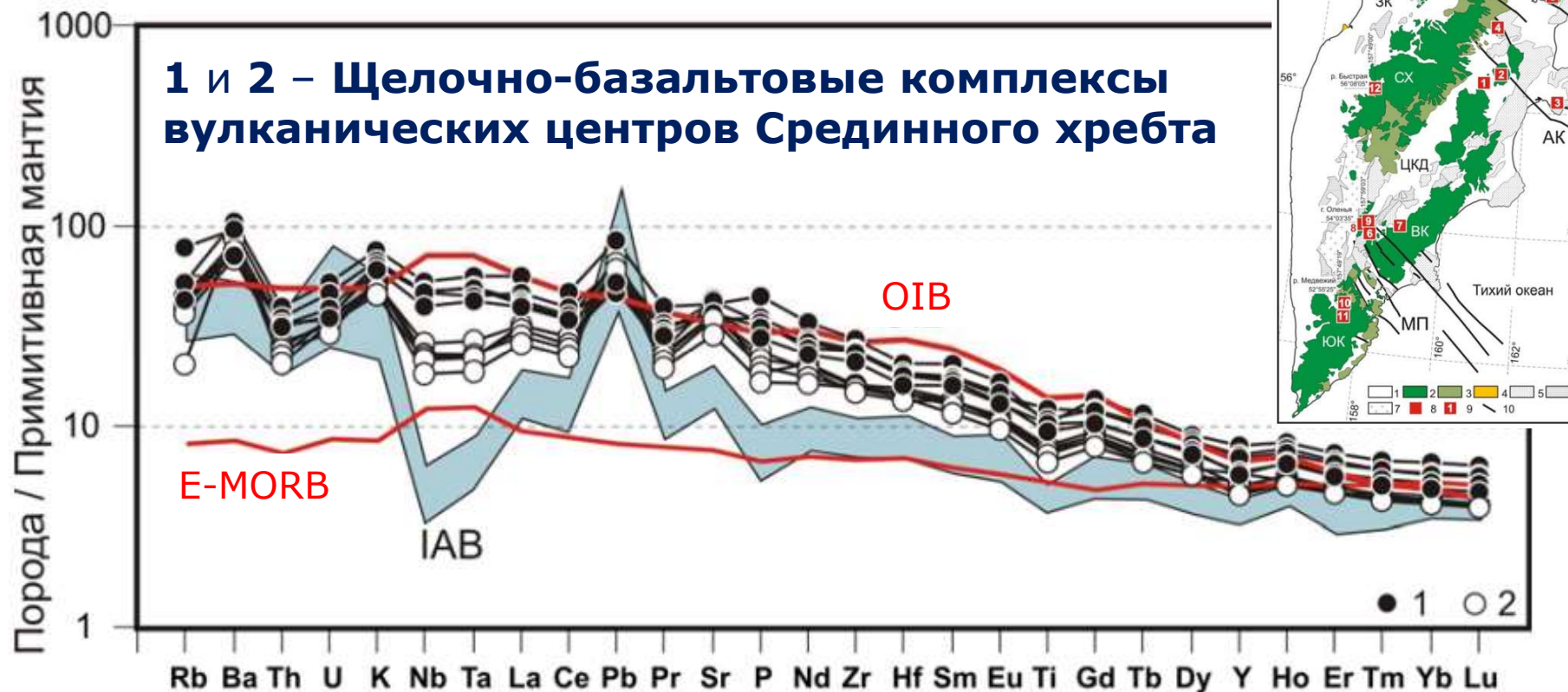


Рис. 11. Диаграмма распределения магматофильных элементов для пород позднеплиоцен-четвертичных К-На щелочно-базальтовых комплексов вулканического пояса Срединного хребта.

Точки составов: 1 – гавайиты и 2 – щелочные базальты позднеплиоцен-четвертичных вулканических центров Срединного хребта.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОРОД ЮЖНОГО СЕГМЕНТА ЦКД (Перепелов, 2014)

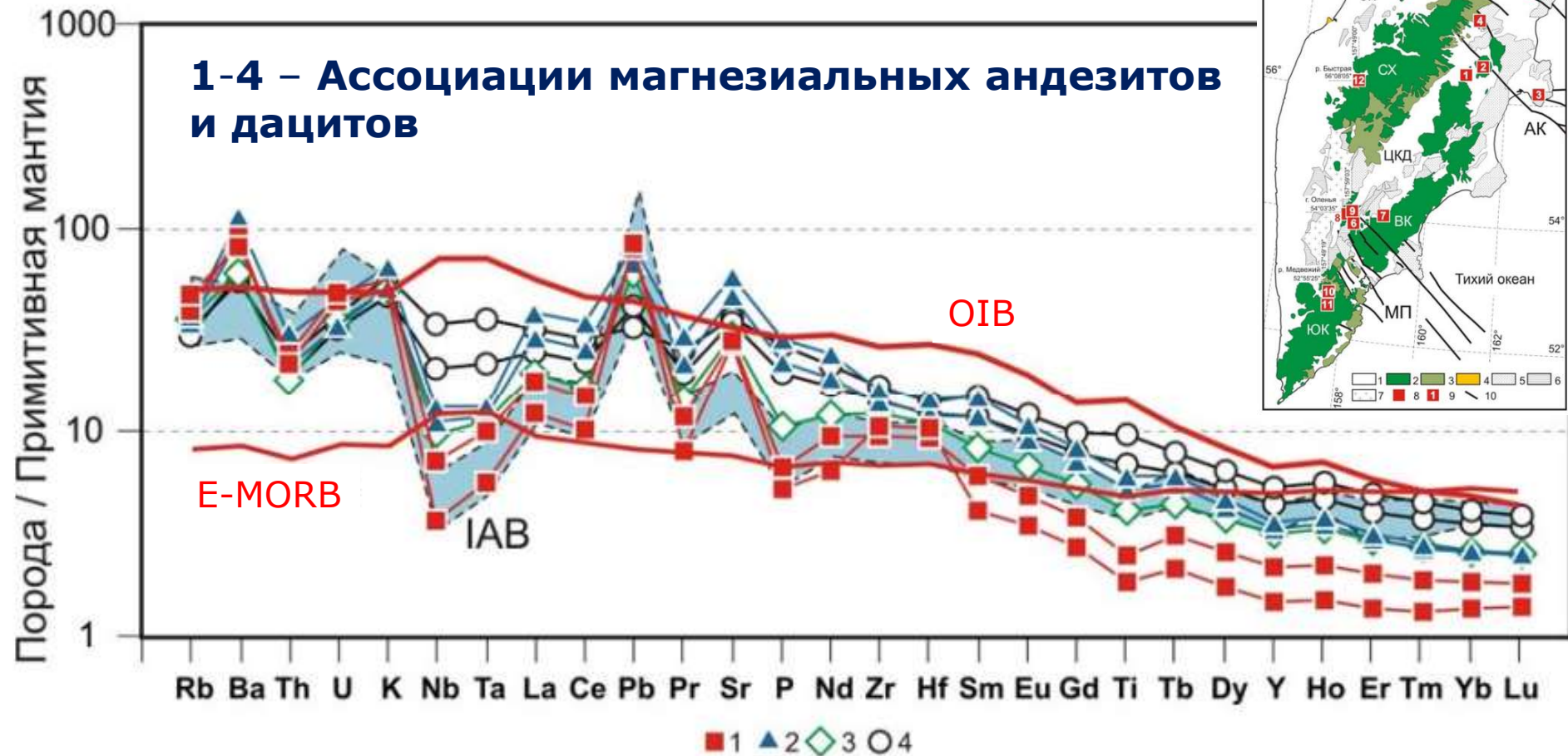
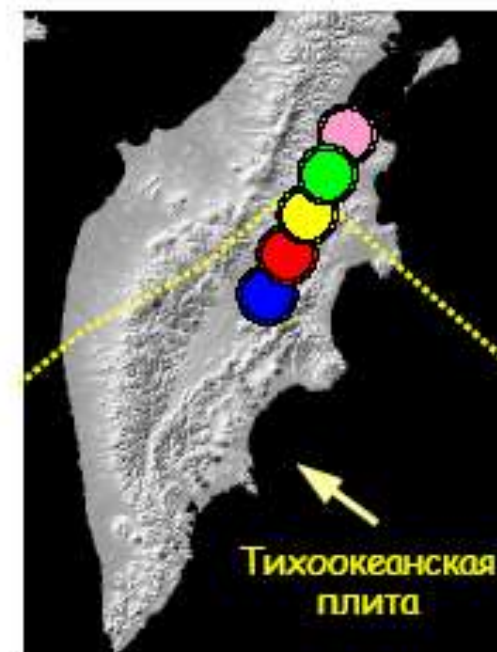
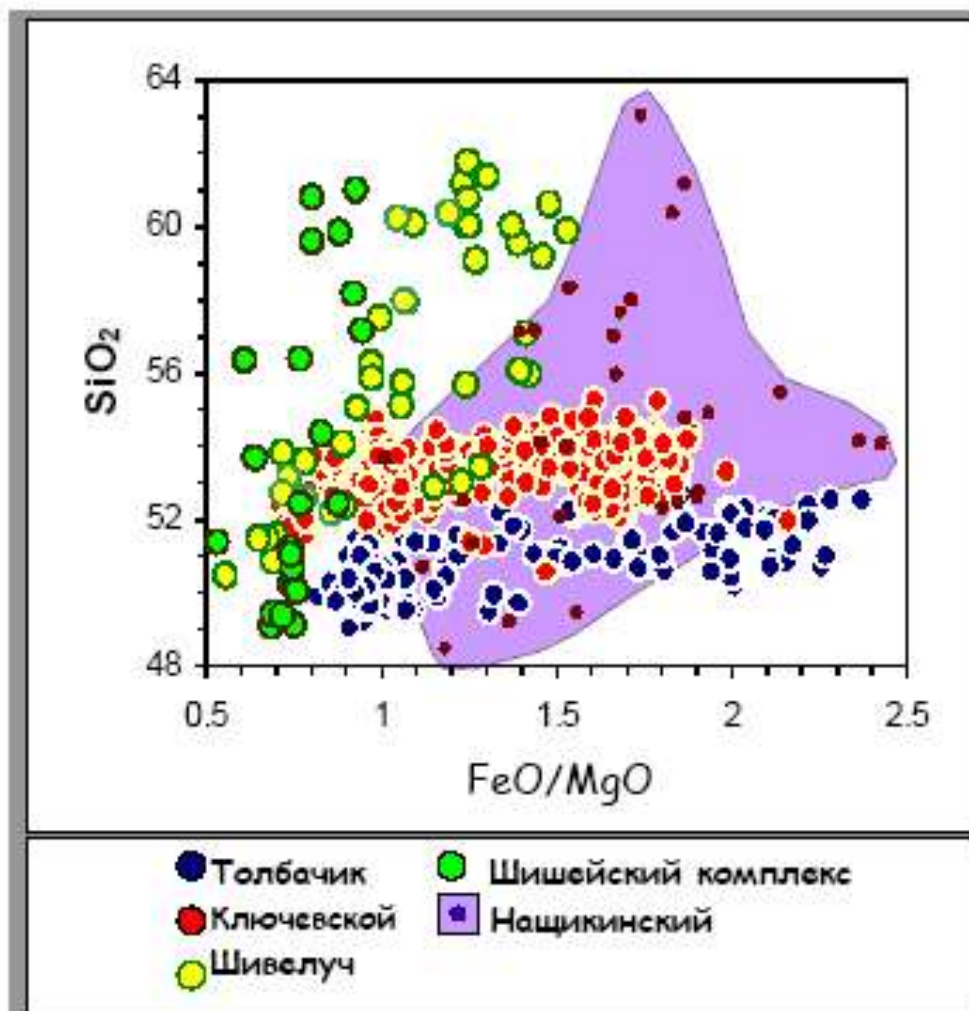


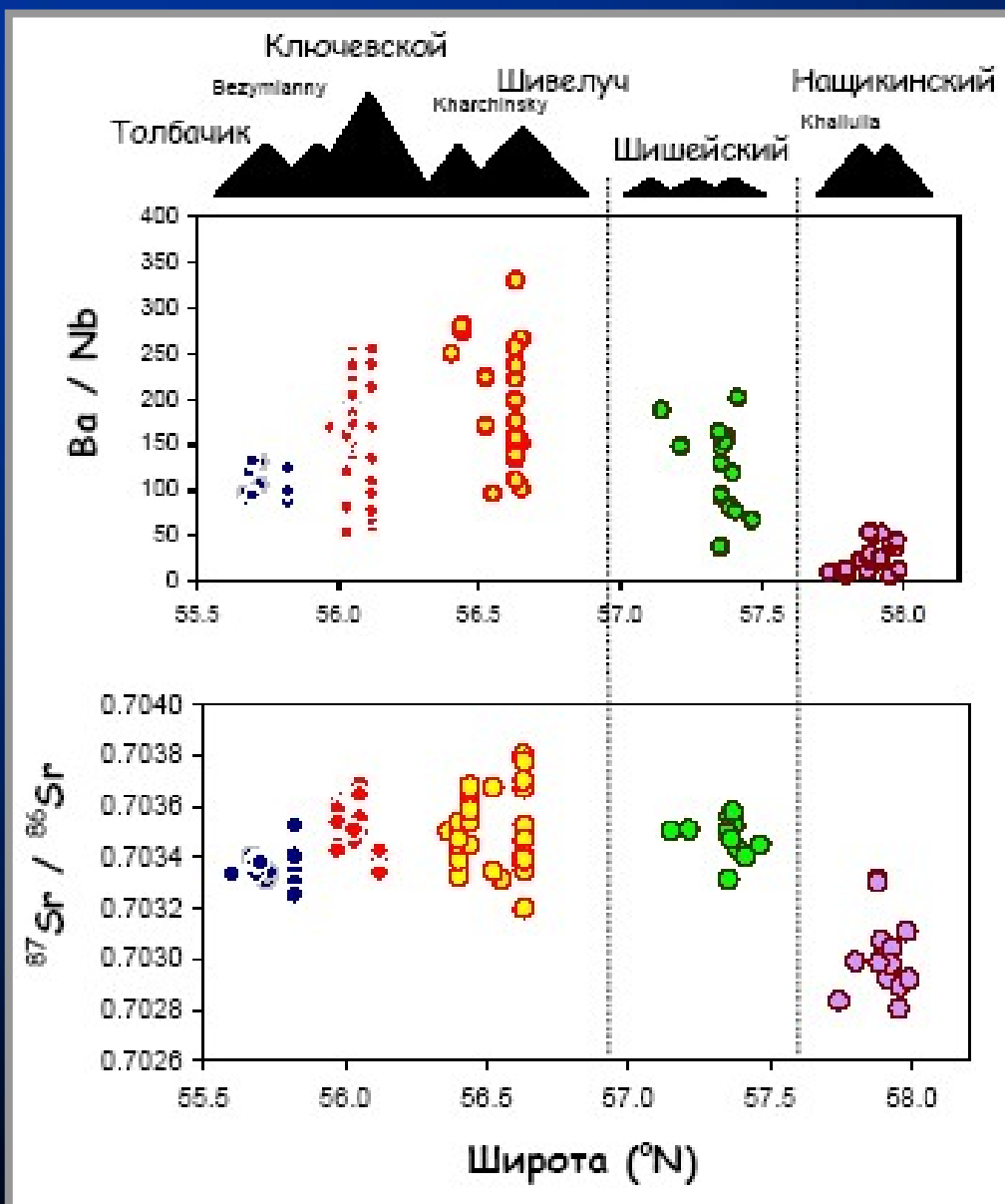
Рис. 17. Распределение магматофильных элементов для пород Mg# андезит-NEB-адакитовой ассоциации южного сегмента Центральной Камчатской депрессии.

ВАРИАЦИИ SiO_2 И ОТНОШЕНИЯ FeO/MgO В ВУЛКАНИТАХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-КАМЧАТСКОЙ ДЕПРЕССИИ (по данным М.В. Портнягина)



Врезка демонстрирует современное положение Тихоокеанской плиты в зоне погружения под Камчаткой

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ВАРИАЦИИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВУЛКАНИТОВ ИЗ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЦКД



По данным
М.В.Портнягина

Three Dimensional Images of the Kamchatka-Pacific Plate Cusp

Jonathan M. Lees¹, John VanDecar², Evgenii Gordeev³, Alexei Ozerov³,
Mark Brandon⁴, Jeff Park⁴, Vadim Levin⁵

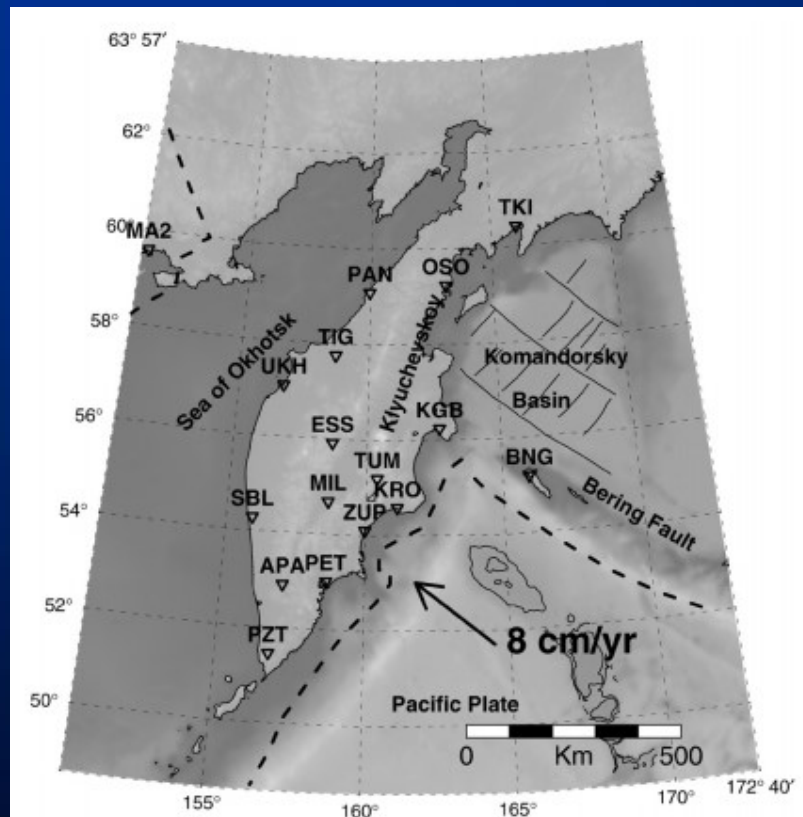


Figure 1. Map of the Kamchatka-Aleutian region. Showing station locations of the SEKS (Side Edge of Kamchatka Slab) array (red) and permanent GSN stations (MA2, PET) in the region. Stations KGB, KRO, ZUP, PET and PZT are located along the volcanic arc. Station BNG was located on Bering Island. The central Kamchatka

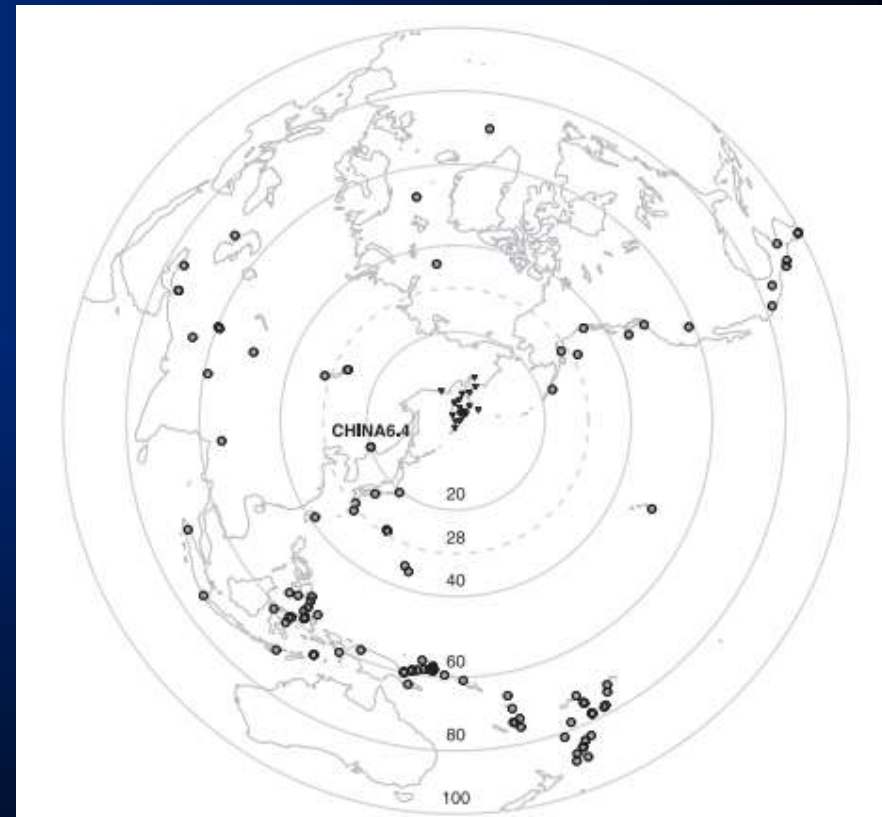


Figure 2. Equal-area projection of the world with Kamchatka at the center. SEKS array is represented as small triangles on the Kamchatka Peninsula. Small circles are earthquake hypocenters for events recorded in 1998–1999 by the SEKS array in Kamchatka. Of 107 events identified, 102 were used in the tomographic inversion. Events with distance less than 30° were excluded except for the notable event marked CHINA64 which occurred on April 8, 1999 at 1:10 GMT. This event was located at 565 km depth.

Three Dimensional Images of the Kamchatka-Pacific Plate Cusp

Jonathan M. Lees¹, John VanDecar², Evgenii Gordeev³, Alexei Ozerov³,
Mark Brandon⁴, Jeff Park⁴, Vadim Levin⁵

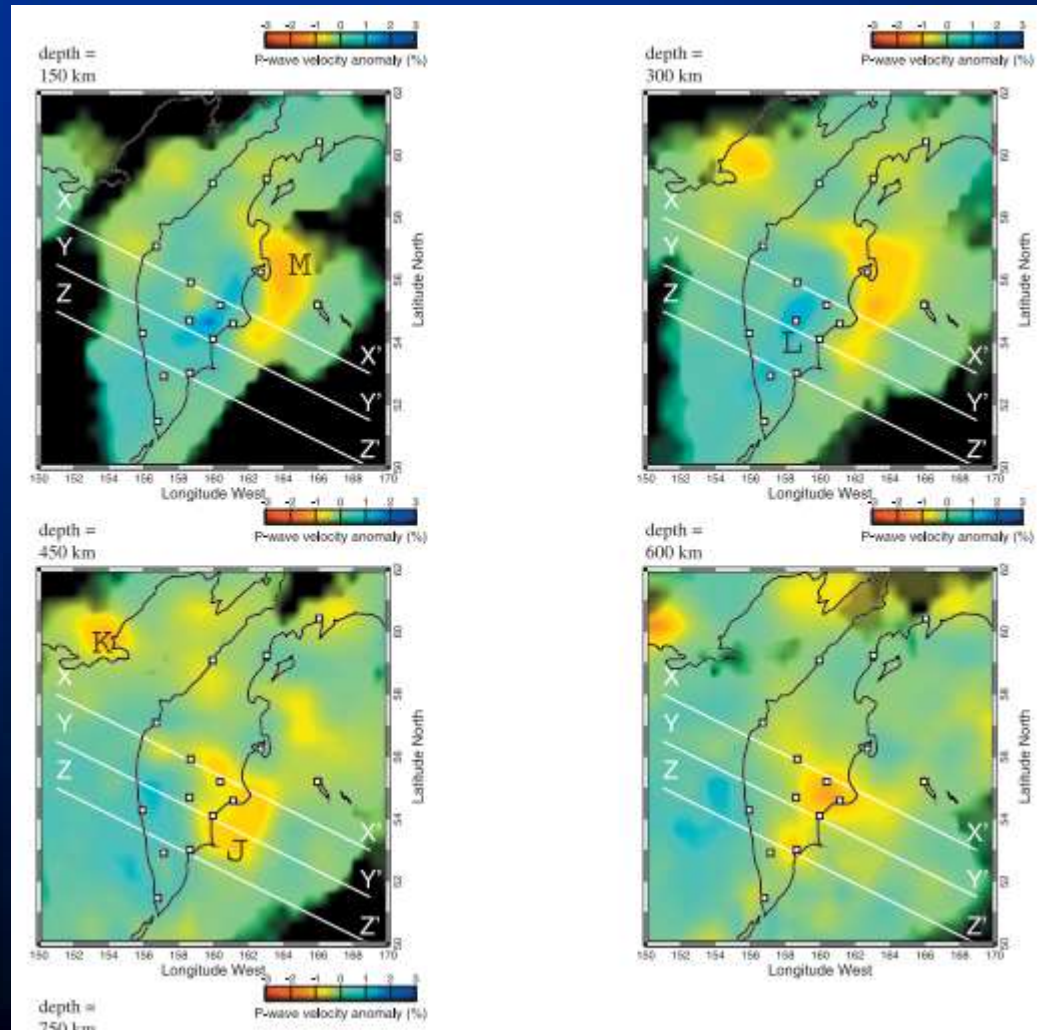
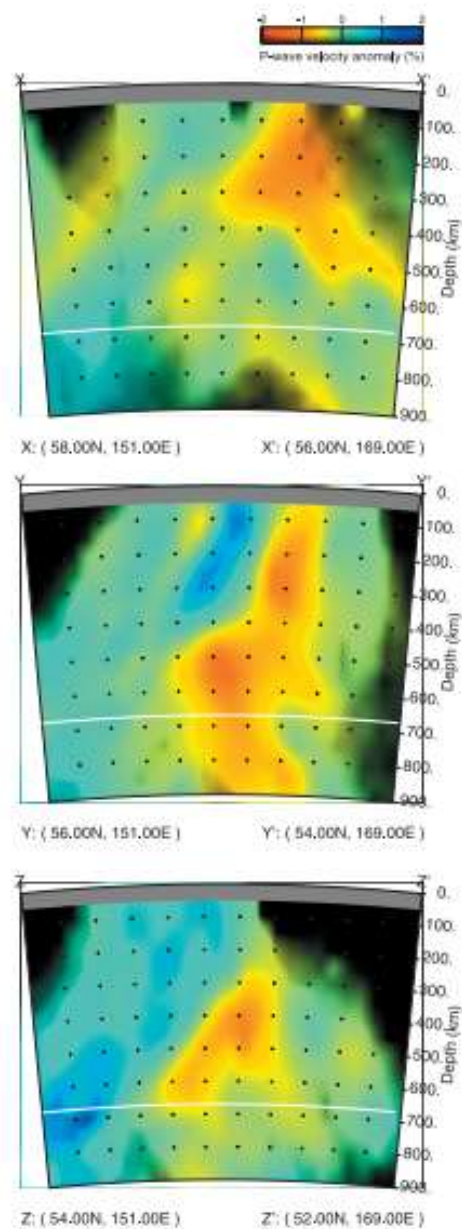


Plate 1. Horizontal slices through the tomographic model. Slices are taken at depths 150–750 showing perturbations of the velocity to the background, one-dimensional velocity model. Color scales range from blue (fast) to red (slow) marking perturbations in the velocity inversion. All colored regions are darkened to black where ray coverage get sparse. Loci for vertical cross sections presented in Plate 2 (X,Y,Z) are shown for reference. Points of interest discussed in the text are marked with letters (I-M).



L2 P-wave inversion

Plate 2. Vertical cross sectional slices through the tomographic model. Map orientation of the cross sections is shown in Plate 1.

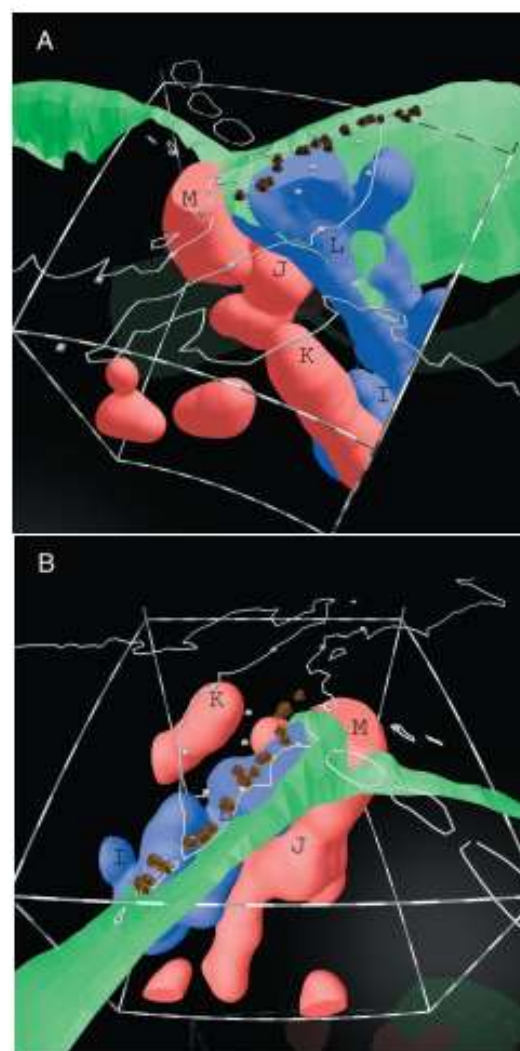


Plate 3. Tomographic image of the Kamchatka Subduction zone rendered in three-dimensions. The cut-off perturbation level is 3% with blue regions being high velocity and red lower velocity perturbations. The slab is a clear high velocity zone approximately 100 km thick plunging into the upper mantle at an angle of $\sim 50^\circ$. The green plane represents the top of the subduction zone seismicity, contoured and rendered along with the tomographic images. Gold cones are active volcanoes along the Kamchatka arc and white squares are stations included for reference to the map in Figure 1. The bars represent length scales of 100 km. Points of interest discussed in the text are marked with letters (I-M).

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ТОМОГРАФИЯ КАМЧАТКИ

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ

Отсутствует консенсус в понимании и глубинных процессов в ходе масштабных структурных преобразований.

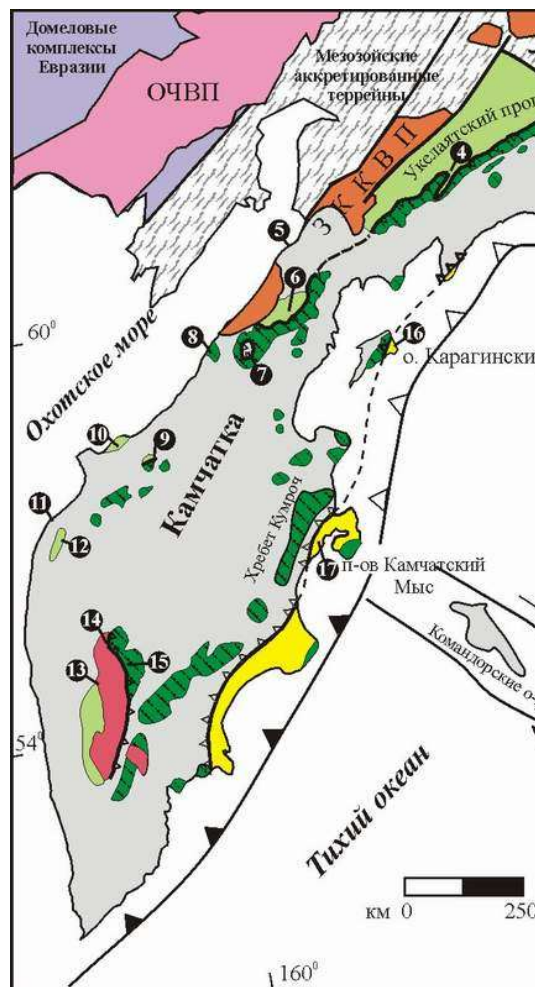
Формирование вулканических серий, не типичных для зон холодной субдукции - шошонит-латитовой и **платобазальтовой в СХ** (Волынец и др, 1983; Антипин и др., 1987; Churikova et al., 2001), **магнезиальных андезитов и высокониобиевых базальтов в ЦКД** (Перепелов, 2013) рассматривается как следствие:

- (1) **поднятия плюмов из глубинных частей мантии** (Volynets, 1994),
- (2) **аномально высоких температур мантийного клина** вблизи бокового края погружающейся океанической плиты (Tatsumi et al., 1995),
- (3) **наличия под СХ высоко нагретой (600-700°C) пластичной асейсмичной плиты** (Чурикова и др., 2009), ...

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ

- (4) горизонтальных мантийных течений, огибающих погруженную часть Тихоокеанской плиты северо-западнее Командорских островов** (*Park et al., 2001*),
- (5) притока обогащенной тихоокеанской мантии вместе с потоком флюида в мантийный клин** (*Portnyagin et al., 2005*),
- (6) разрыва океанической плиты и формирование субдукционных окон** (*Yogodzinski et al., 2001*),
- (7) отрыва фрагментов океанической плиты** (*Levin et al., 2002*) **или ее плавление** (*Portnyagin et al., 2007*).

ТОЛЕИТ-БАЗАЛЬТОВЫЕ СЕРИИ ВОСТОЧНОЙ СЕРИИ КАМЧАТКИ



КОЛЛИЗИОННАЯ И ПОСТКОЛЛИЗИОННАЯ СТРУКТУРНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ АНДРИАНОВСКОГО ШВА (СРЕДИННЫЙ ХРЕБЕТ, КАМЧАТКА)

© 2004 г. А. Б. Кирмасов¹, А. В. Соловьев², Дж. К. Хоуриган³

Формирование основных структур Камчатки (рис. 1) произошло в позднем мезозое - кайнозое в результате аккреционно-коллизии процессов [1, 10, 13, 20, 21, 25, 27, 33, 50, 61 и др.]. Одним из главных событий в истории региона была коллизия Озерновско-Валагинской островной дуги с континентом, когда меловые отложения окраинного моря и островной дуги были надвинуты на гетерогенные комплексы Евразийской континентальной окраины. Северный сегмент дуги по Лесновскому надвигу шарьирован на отложения окраины в среднем эоцене [27], южный - контактирует с метаморфическими комплексами по Андриановской шовной зоне [13, 23] на восточном склоне Срединного хребта.

Модель тектонической эволюции Восточной Камчатки

(по А.В. Соловьеву)

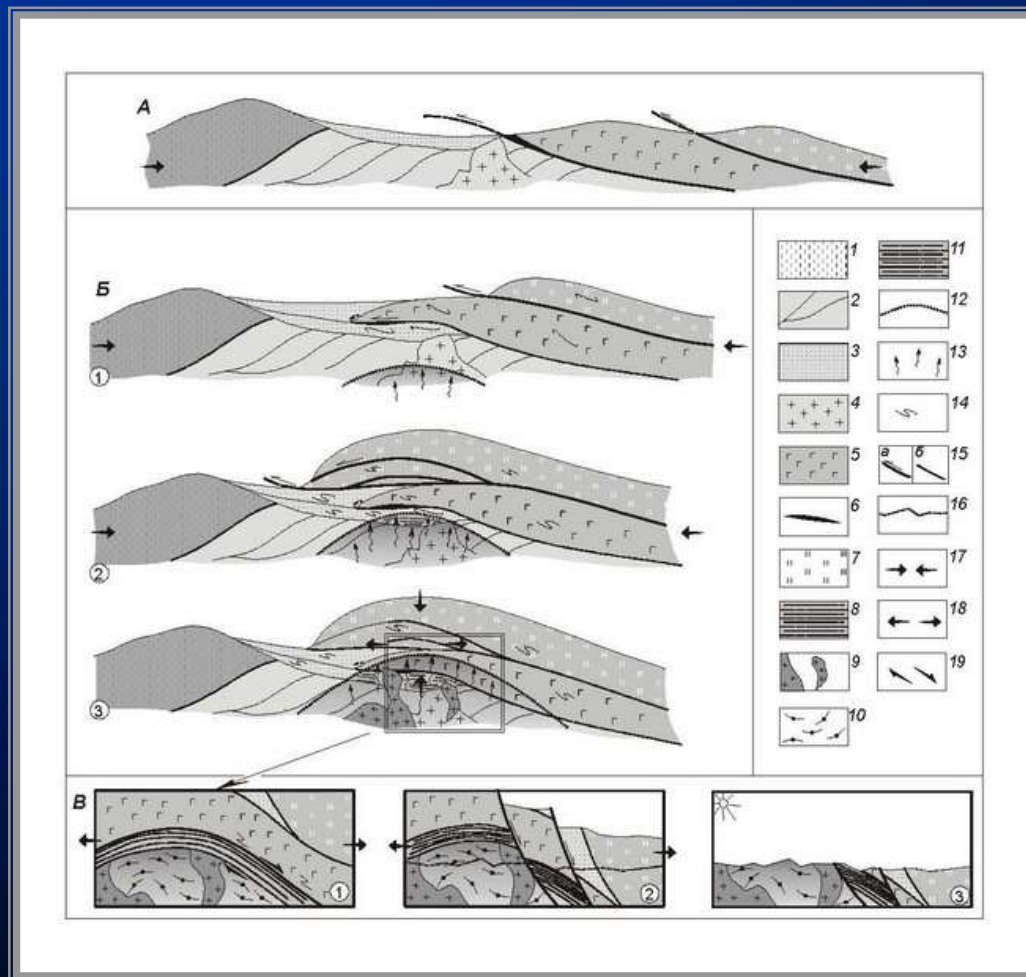


Рис. 5. Схема тектонической эволюции Андриановского шва (вне масштаба, пояснения в тексте) (Кирмасов и др., 2004): А - предколлизия стадия (60 млн. лет назад); Б - коллизия стадия (55 - 52 млн. лет назад); В - постколлизия стадия (после 52 млн. лет назад).

1 - гетерогенные комплексы северо-восточной окраины Евразии; 2 - терригенные комплексы аккреционной призмы; 3 - осадочный чехол аккреционной призмы; 4 - граниты крутогоровского комплекса; 5 - образования андриановской свиты; 6 - базиты и гипербазиты; 7 - отложения ирунейской свиты; 8 - сланцы камчатской серии; 9 - синкинематические граниты; 10 - гнейсы колпаковской серии (только для схемы В), 11 - милониты по породам камчатской серии в зоне пластичного сброса (только для схемы В); 12 - метаморфический фронт; 13 - мигматизация, гранитизация; 14 - складки; 15 - разрывы (а - активные, б - неактивные); 16 - уровень современного эрозионного среза (для схеме В, 2); 17-19 -