

**МЕЛОВЫЕ ОСАДОЧНО-ВУЛКАНОГЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ КАМЧАТСКОГО  
ПЕРЕШЕЙКА: СТРОЕНИЕ, СОСТАВ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ  
ФОРМИРОВАНИЯ**

**Н.В. Цуканов<sup>1</sup>, Т.Н. Палечек<sup>2</sup>, А.В. Федорчук<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Нахимовский пр-т 36, г. Москва, 117997;  
e-mail: [kambear2011@yandex.ru](mailto:kambear2011@yandex.ru)

<sup>2</sup>ФГБУН Геологический институт РАН, Пыжевский пер. 7, г. Москва, 119017;  
e-mail: [tpalechek@yandex.ru](mailto:tpalechek@yandex.ru)

<sup>3</sup>Независимый исследователь

Поступила в редакцию 31 июля 2015 г.

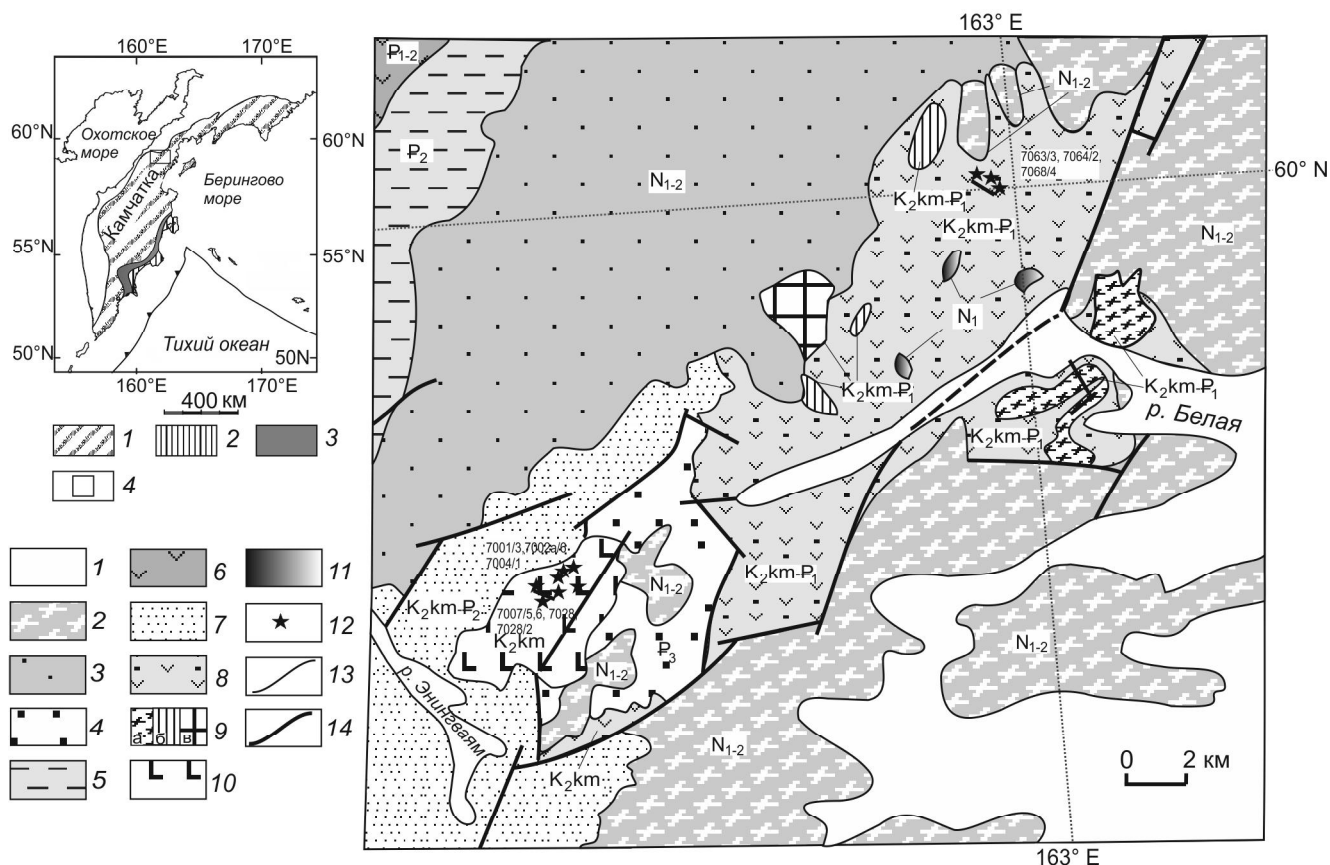
Получены новые данные по химическому и редкоэлементному составу и возрасту пород, относимых ранее к ирунейской свите Камчатского перешейка. В современной структуре они участвуют в строении структурно-вещественных комплексов, слагающих покровно-складчатое Лесновское поднятие. Данные радиоляриевого анализа свидетельствуют о формировании в кампанское время отложений энингской толщи, средней и верхней частей ирунейской свиты в едином бассейне осадконакопления. Обнаружение нового местонахождения представителей Prunobrachidae на п-ове Камчатка позволяет проводить широкие межрегиональные корреляции и судить об условиях осадконакопления. Изученные вулканиты относятся к различным магматическим сериям и формировались в разных геодинамических условиях: окраинном море и вулканической дуге. Магматические породы энингской толщи сходны с базальтами N-MOR и OI, которые формировались в пределах окраинноморского (Ирунейское окраинное море) бассейна. Верхнемеловые образования восточного склона Срединного хребта формировались в пределах вулканического поднятия с островодужным типом вулканизма. Более молодые эоценовые магматические породы неоавтохтона (граниты и гранодиориты) и вулканиты кинкильской свиты знаменуют новый орогенный этап развития Камчатской окраины.

**Ключевые слова:** толентовые базальты, островные дуги, магматизм, радиоляриевый анализ, Prunobrachidae, микрофауна, окраинные моря, структурно-вещественные комплексы, Камчатка.

**ВВЕДЕНИЕ**

В пределах покровно-складчатых областей Северо-Востока России проблема восстановления геодинамических условий формирования разрозненных структурно-вещественных комплексов стоит очень остро и обусловлена сильной тектонизацией пород, отсутствием стратиграфических контактов, данных о составе и возрасте пород. В позднемеловой–эоценовый этап происходило формирование покровно-складчатой структуры фундамента Камчатской континентальной окраины при закрытии окраинных морских бассейнов, коллизии и аккреции вулканических дуг. Изучение состава, уточнение возраста и определение формационной принадлежности магматических пород позволяет восстановить палеофациаль-

ную обстановку в переходной зоне океан-континент и проследить ее эволюцию во времени. Магматические породы участвуют в строении мел-палеогеновых осадочно-вулканогенных структурно-вещественных комплексов, которые формируют покровную структуру. Они слагают фрагменты разрезов, отдельные тектонические пластины и блоки в микститовых и меланжевых комплексах. Нами получены новые данные по химическому и редкоэлементному составу магматических пород и возрасту кремнистых пород, ранее объединяемых в ирунейскую свиту и обнажающихся в пределах Лесновского поднятия в северной части Срединного хребта на Камчатском перешейке. Анализ строения, уточнение возраста и химического и редкоэлементного состава осадочно-вулканогенных



**Рис. 1.** Геологическая схема междуречья р. Энингваям и р. Белая (Срединный хребет, Камчатский перешеек), по [2, 5, 6] с изменениями и добавлениями авторов.

1 – рыхлые четвертичные отложения; 2 – вулканические комплексы ( $N_{1-2}$ ); 3 – 5 – терригенные отложения: 3 – миоценовые, 4 – олигоценные, 5 – эоценовые; 6 – вулканогенно-осадочные образования ( $P_{1-2}$ ); 7 – терригенные отложения лесновской серии ( $K_2km - P_2$ ); 8–9 – ирунейская свита ( $K_2km - P_1$ ): 8 – туфогенно-осадочные породы; 9 – пластовые субвулканические и интрузивные тела: а – трахиандезитов, шошонитов, габбро-порфтиритов, б – габбро, габбродолеритов, долеритов, в – диоритов и гранодиоритов (Алхавитоваямский массив); 10 – энингская толща ( $K_2km - m$ ); 11 – субвулканические тела среднего-кислого состава ( $N_1$ ); 12 – места отбора образцов на микрофауну; 13 – геологические границы; 14 – разрывные нарушения. На врезке: 1–3 – тектоно-стратиграфические террейны: 1 – Ачайваям-Валагинский, 2 – Кроноцкий, 3 – Ветловский; 4 – местоположение района работ.

комплексов этих толщ является предметом настоящей статьи.

### ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

В пределах Камчатского перешейка (северный сегмент Срединного хребта) (рис. 1) обнажаются верхнемеловые–эоценовые структурно-вещественные комплексы, формирующие покровную структуру этого района [2, 3, 5, 6, 17]. Автохтоном являются терригенные отложения лесновской серии ( $K_2km - P_2$ ), а аллохтоном служат кампан-маастрихтские и верхний мел–палеоценовые кремнисто-вулканогенные и вулканогенно-туфогенные образования энингской\* толщи и ирунейской свиты. Структуры Лесновского поднятия протягиваются от р. Лево́й Лесной на юге до междуречья левых притоков р. Пустой и левобережья р. Белой на севере (рис. 1, 2). Терригенная лесновская

серия представлена флишоидным переслаиванием темно-серых аргиллитов, кремнистых аргиллитов, серых алевролитов и песчаников. Наблюдаются прослои мелкообломочных конгломератов, кремнистых алевролитов, серых кремней и отдельные тела базальтов, часто линзовидной формы. Песчаники имеют полимиктовый состав с преобладанием в обломках плагиоклаза и кварца. Породы лесновской серии интенсивно дислоцированы (рис. 3 а, б), смяты в сжатые, изоклинные складки юго-восточной вергентности [15]. Возрастной диапазон лесновской серии оценива-

\*Энингская толща выделена в работе [17] на западных склонах Срединного хребта, ранее эти образования описывались как нижняя часть ирунейской свиты [3, 20]; в работе [6] эти образования описываются в составе яшмово-базальтовой толщи.

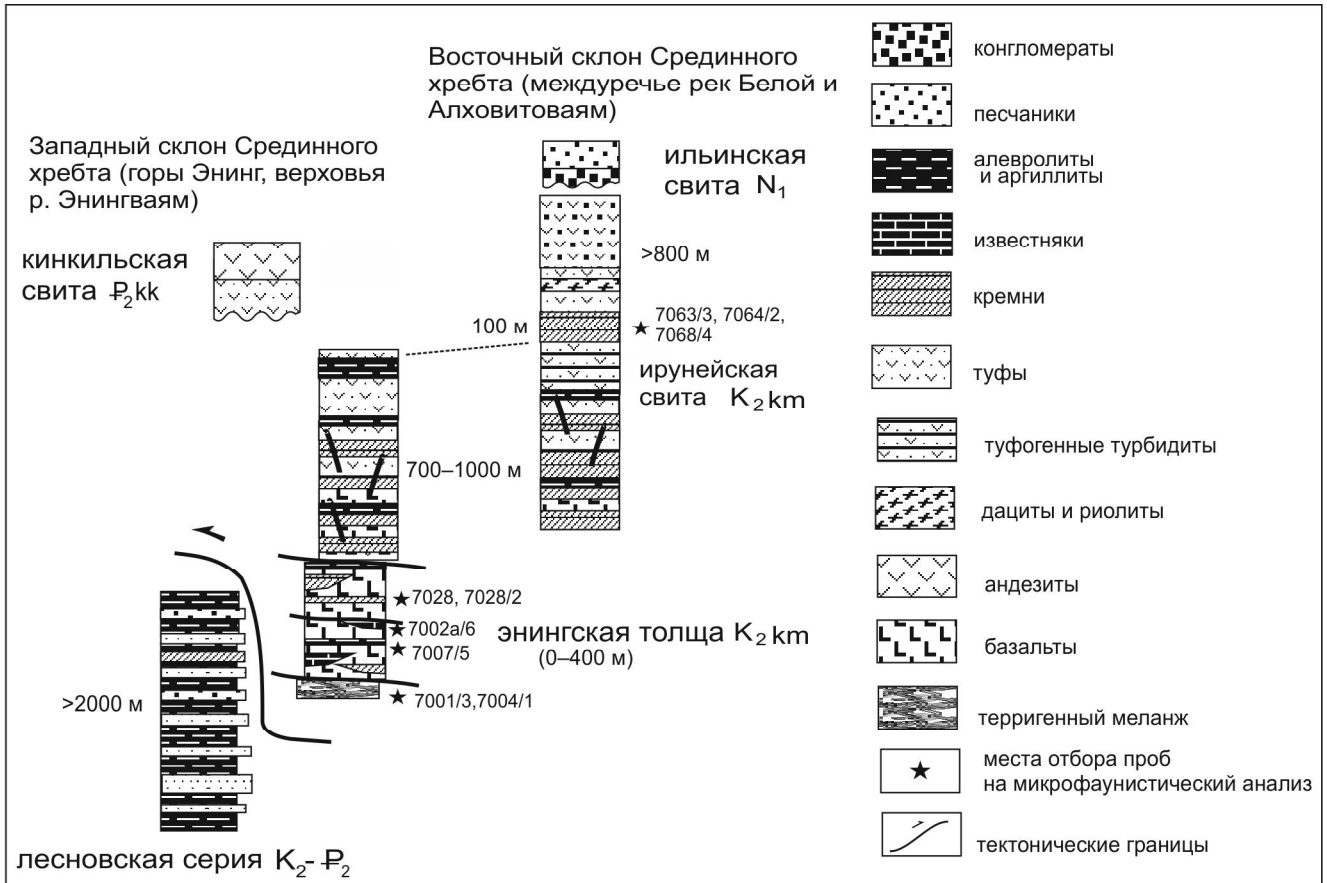


Рис. 2. Схема строения тектоно-стратиграфических комплексов р-на Камчатского перешейка.

ется как верхний мел–нижняя часть среднего эоцена [15, 17].

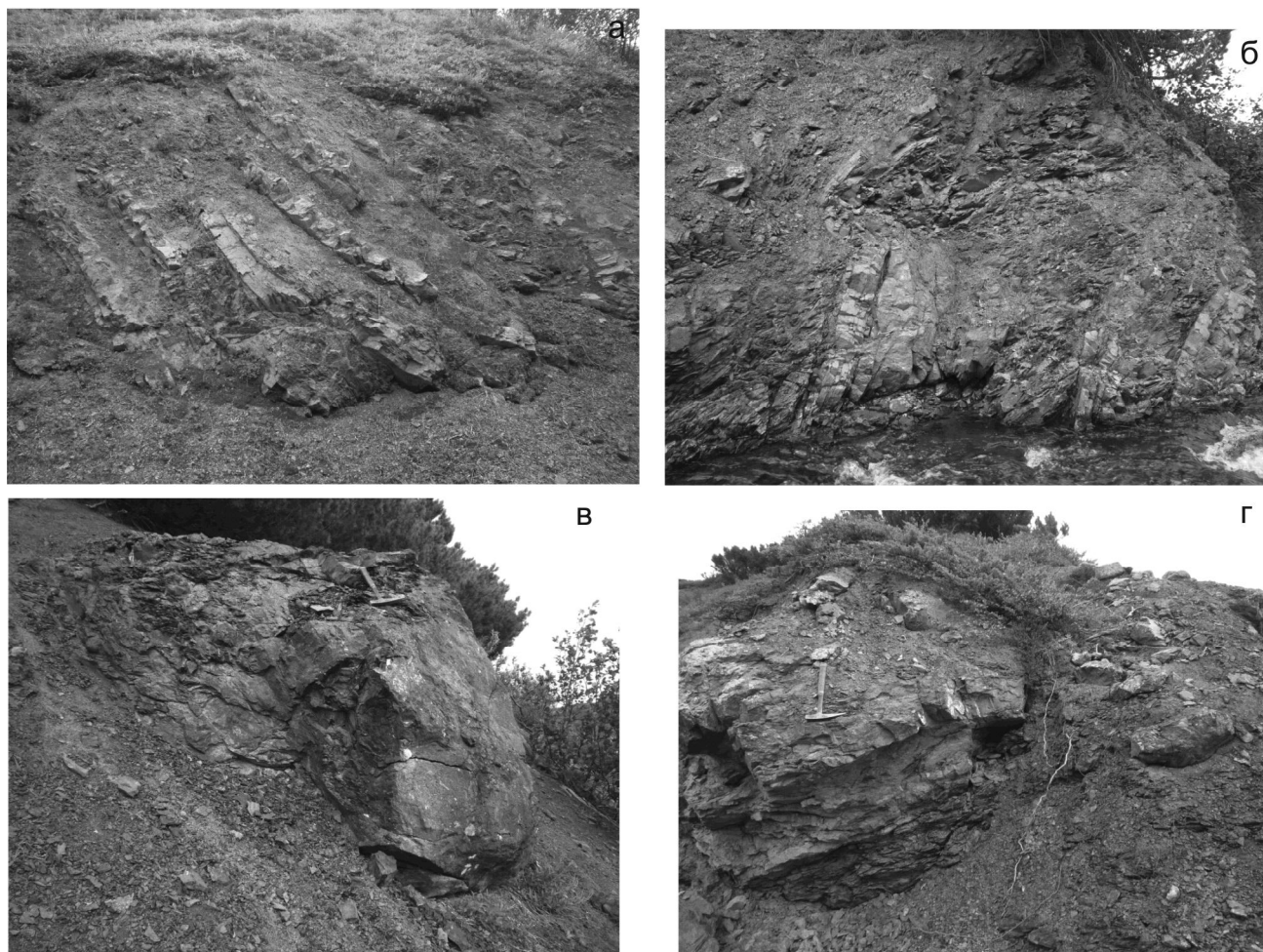
Аллохтонный комплекс отделен от автохтона зной терригенного меланжа (рис. 3 в, г), где матрикс образован породами лесновской серии, а включения сложены базальтами, кремнистыми алевролитами и кремнями.

Магматические породы участвуют в строении энинговской толщи и ирунейской свиты [3, 6, 17].

Энинговская толща ( $K_2km$ ) разбита на несколько тектонических пластин, мощностью 50–100 м, внутри которых породы будинированы и нарушены многочисленными срывами. Мощность толщи изменяется от нескольких метров до 700–800 м. В районе исследований она сложена базальтами с подушечной и мелкоглыбовой отдельностью, которые переслаиваются с кремнистыми аргиллитами, яшмами и реже пелитоморфными известняками. Межподушечное пространство чаще всего выполнено известняками, кремнями и гиалокластитам. Отмечаются отдельные горизонты кремнистых аргиллитов с прослоями (до 0.5–0.8 м мощности), насыщенными обломками раковин иноцерармов.

Ирунейская свита ( $K_2km-P_1$ ) имеет тектонические соотношения с образованиями энинговской толщи. Она представлена преимущественно туфогенными породами с прослоями серых полосчатых кремней и кремнистых аргиллитов, содержащих также прослой с обломками раковин иноцерармов и тела долеритов. На восточных склонах Срединного хребта (бассейны рек Белая, Тымлат, Кичига и Карага) ирунейская толща имеет двучленное строение [3, 6, 17]. В нижней части преобладают окремненные туфы, туфосилициты, с телами долеритов. Вверх по разрезу они сменяются переслаиванием пачек кремней, туфосилицитов, туфов и эффузивов среднего и кислого состава, реже шошонитов. В толще присутствуют пластовые субвулканические и интрузивные тела пироксенитов, габбро-порфиритов и диоритов [5, 6]. В разрезе также встречаются прослой, содержащие обломки раковин иноцерармов. Разрезы ирунейской свиты западного склона и нижней части восточного склона Срединного хребта сходны. Мощность свиты составляет около 1500–1800 м.

Соотношения между этими разрезами тектонические. Особенности состава и строения ирунейской



**Рис. 3.** Фотографии обнажений лесновской серии (а, б) и терригенного меланжа (в, г).

а – фрагмент разреза, переслаивание мелкозернистых песчаников и алевролитов, б – складчатые деформации; в – кремни в рассланцованном аргиллитовом матриксе, г – будинированные базальты с подушечной отдельностью.

свиты в различных районах Срединного хребта позволили [3] сопоставить разрезы ирунейской свиты западного склона Срединного хребта с ватынской серией Олюторской зоны Корякского нагорья, а восточного склона – с ачайваямской и хапицкой свитами Олюторского хребта и Восточных хребтов Камчатки. Вся покровная структура на западе и в центральной части запечатывается неоавтохтоном, представленным вулканогенно-туфогенными образованиями кинкильской свиты (средний–верхний эоцен) и прибрежно морскими терригенными отложениями ильинской свиты миоценового возраста, и прорывается гранодиоритами и гранитами эоценового возраста [2, 5]. В центральной части и на западных склонах Срединного хребта развиты олигоцен-плиоценовые вулканогенные образования Центрально-Камчатского вулканического пояса и терригенные и туфотерригенные отложения Центрально-Камчатской депрессии.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изученные породы были отобраны при полевых исследованиях в 2012 г в составе Тымлатской партии (ОАО «Камчатгеология»), проводившей работы на данной территории в рамках программы ГДП–200. Нами были изучены эффузивные и кремнистые породы энингской толщи и ирунейской свиты, а также блоки из меланжа, разделяющего лесновскую серию и энингскую толщу (рис. 1, 2; табл. 1, 2). Были также опробованы и изучены породы эоценовой кинкильской свиты и гранодиоритового массива в верховьях р. Левая Алхавитовая. Образцы осадочно-вулканогенных пород из энингской толщи отобраны в верховьях р. Ивовая в устье правых притоков и на водоразделе между реками Ивовая и Реклэвая. В данном районе мощность энингской толщи составляет не менее 300–350 м. Наблюдаются послойные срывы, будинаж и рассланцевание пород. Нижняя часть ви-

Таблица 1. Таксономический состав радиолярий в изученных ассоциациях Камчатского перешейка.

Роды и виды	№ образцов									
	7001/3	7002a/6	7004/1	7007/5	7007/6	7028	7028/2	7063/3	7064/2	7068/4
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Phaseliforma carinata</i> Pessagno		•			•	•			•	
<i>Phaseliforma meganosensis</i> Pessagno		•				•	•			
<i>Phaseliforma</i> sp.			•	•						•
<i>Prunobrachium articulatum</i> (Lipman)		•			•	•	•		•	
<i>Prunobrachium angustum</i> (Lipman)			•			•				
<i>Prunobrachium crassum</i> (Lipman)		•								
<i>Prunobrachium incisum</i> Kozlova					cf.	•				•
<i>Prunobrachium sibiricum</i> (Lipman)			•				•			
<i>Prunobrachium</i> sp.	•			•				•		
<i>Pseudobrachium mucronatum</i> (Lipman)		•								cf.
<i>Spongurus spongiosus</i> (Lipman)		•	•		•	•	•		•	•
<i>Spongurus quadratus</i> Campbell et Clark		•			•	•				
<i>Cromyosphaera vivenkensis</i> Lipman					•					
<i>Spongodiscus volgensis</i> Lipman			•			•		•		
<i>Spongodiscus</i> sp.	•	•	•	•					•	•
<i>Crucella</i> sp.							•			

Примечание. Обр. 7002a/6, 7007/5, 6, 7028, 7028/2 - энингская толща; обр. 7063/3, 7064/2, 7068/4 - ирунейская свита, обр. 7001/3, 7004/1 - блоки в терригенном меланже.

димого разреза (70–100 м) сложена потоками базальтов с шаровой и глыбовой отдельностью, которые расслаиваются кремнями, яшмами, известняками, лавобрекчиями и кремнистыми аргиллитами. Выше по разрезу наблюдается переслаивание кремней, кремнистых алевролитов, туфосилицитов, туфопелитов. Породы часто брекчированы, наблюдаются прослои туфов и туфобрекчий мощностью до 0.5 м. Эта пачка сменяется аргиллитами с прослоями кремней, пелитоморфных известняков, туфосилицитов и потоками базальтов (3–5 м мощности). Аргиллиты содержат прослои, обогащенные обломками раковин иноцерамов.

Ирунейская свита была опробована в верховьях р. Алхавитоваям. Это верхняя часть толщи, выше пачки, сложенной долеритами, кремнями и туфосилицитами. В изученном разрезе наблюдается переслаивание пачек пестрых кремней (от красных и бурых до серых) и прокварцованных яшм и туфосилицитов. Мощность пачки около 30–50 м. Выше она сменяется пачкой туфов как основного, среднего, так и кислого состава, много грубых разновидностей. В разрезе присутствуют линзовидные тела массивных порфировых базальтов, андезибазальтов и андезитов.

Возраст энингской толщи, по данным [17], датируется как кампан–ранний маастрихт, а ирунейской свиты – как сантон–кампанский или кампан–нижний палеоцен по [5].

#### СОСТАВ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

Состав магматических пород Лесновского поднятия рассматривался ранее в работах [3, 4, 6, 17]. В работах [3, 6, 17] были описаны основные разновидности магматических пород, присутствующих в ирунейской свите, и дано их петрографическое описание. Нами были получены новые геохимические данные по составу пород энингской толщи и ирунейской свиты. Базальты энингской толщи и блоков терригенного меланжа представлены преимущественно афировыми миндалекаменными разновидностями с вариолитовой и гиалопилитовой структурой. Они сложены пироксеном, альбитизированным и сосюритизированным плагиоклазом и хлоритизированным стеклом. Миндалины, размером 0.2–0.5 мм выполнены хлоритом и кальцитом и составляют 3–5 % объема породы. Базальты, андезибазальты и андезиты ирунейской свиты – порфиновые и крупнопорфиновые. Порфиновые выделения (до 50–75 % объема породы) представлены как гломеропорфиновыми сростками, так и фенокритами плагиоклаза, размером от 0.5 до 3 мм. Плагиоклаз основного, среднего состава содержит многочисленные расплавные включения и часто альбитизирован. Реже порфиновые выделения представлены кристаллами клинопироксена, размером до 1 мм. Встречаются отдельные вытянутые кристаллы амфибола. Основная масса имеет интерсертальную структуру и содержит примерно 15–20 % хлоритизированного вулканического стекла, располагающегося

Таблица 2. Валовый состав (в %) и содержание элементов-примесей (в г/т) изученных магматических пород Лесновского поднятия.

№ п.п.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№ обр.	КР109	КР110	7002/3	7002/5	7015/10	7025	КР132	КР127d	КР135	КР136	КР115a	КР115
SiO <sub>2</sub>	48.8	47.72	47.1	46.41	45.62	53.77	47.37	40.51	46.34	46.58	45.86	45.44
TiO <sub>2</sub>	1.74	2.24	1.81	1.96	1.79	1.5	1.2	0.96	0.98	1.12	1.08	0.79
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.89	15.64	16.47	16	15.8	18.01	14.62	16.41	14.45	17.52	16.81	16.98
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	10.3	10.67	10.71	10.77	10.05	8.22	12.93	8.29	13.75	11.29	11.29	8.89
MnO	0.21	0.24	0.12	0.17	0.17	0.16	0.21	0.13	0.16	0.17	0.08	0.17
MgO	6.64	6.77	2.69	4.39	4.19	3.24	5.43	12.53	8.25	5.34	6.85	8.37
CaO	6.47	6.35	7.2	7.3	9.85	5.1	10.96	12.7	2.26	11.76	11.06	12.33
Na <sub>2</sub> O	5.18	4.97	4.47	4.25	3.5	2.04	2.34	1.08	6.6	2.16	2.89	1.95
K <sub>2</sub> O	0.29	0.21	2.31	1.17	1.51	3.52	0.79	0.51	1.57	0.68	0.43	0.46
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.22	0.25	0.15	0.16	0.17	0.16	0.24	0.04	0.21	0.2	0.1	0.05
п.п.п.	3.31	4.57	6.98	7.43	7.35	4.29	3.47	7.11	5.81	3.24	3.79	4.03
сумма	100.05	99.63	100.01	100.01	100	100.01	99.56	100.27	100.38	100.06	100.24	99.46
Cs			1.73	1.37	1.65	0.73						
Rb			32.5	21	24	36						
Ba			280	351	280	1300						
Th			0.30	0.35	0.43	2						
U			0.18	0.14	0.16	0.40						
Nb			5.0	7.5	8.2	23.9						
Ta			0.29	0.46	0.47	1.55						
La			5.7	6.9	7.5	14						
Ce			17	19	19	30						
Pr			2.9	3.1	3.0	4						
Sr			330	370	240	430						
Nd			16	15	15	17						
Zr			150	130	120	112						
Sm			4.6	4.2	4.0	4.20						
Hf			4.1	3.3	3.0	3.3						
Eu			1.7	1.6	1.5	1.74						
Gd			5.3	4.7	4.6	4.59						
Tb			0.98	0.83	0.82	0.82						
Dy			6.2	5.2	5.1	3.2						
Y			38	30	31	27.6						
Ho			1.3	1.02	1.03	1.03						
Er			3.7	2.9	3.0	3.00						
Tm			0.52	0.40	0.41	0.43						
Yb			3.7	2.9	3.0	2.80						
Lu			0.50	0.39	0.41	0.43						

между микролитовыми выделениями плагиоклаза и пироксена. Вкрапленники рудного минерала представлены идиоморфными полигональными кристаллами. Все изученные породы подвержены в той или иной степени вторичным изменениям.

По петрохимическому составу (табл. 2) эффузивы энингской толщи относятся к щелочным, высокотитанистым базальтам (SiO<sub>2</sub> колеблется в пределах 49–50.6 %, TiO<sub>2</sub> = 1.9–2.1 %, K<sub>2</sub>O до 2.5 %; содержания оксидов здесь и далее приводятся по пересчитанному на сухой остаток данным). Эффузивы, которые в виде глыб присутствуют в терригенном меланже, представлены андезибазальтами с SiO<sub>2</sub> – 56 %, сред-

ними содержаниями титана (1.5 %) и повышенными содержаниями калия (более 3 %). По петрохимическим особенностям все рассматриваемые породы соответствуют базальтам, андезибазальтам и трахибазальтам (рис. 4 а–з). Породы энингской толщи и ирунейской свиты западного склона Срединного хребта относятся к толеитовой серии, но различаются между собой по содержанию титана. Для энингской толщи характерно высокое содержание оксида титана (от 1.5–1.7 до 2.2 %), а для ирунейской – низкие и средние содержания (TiO<sub>2</sub> колеблется от 1 до 1.4 %).

Базальты энингской толщи (табл. 2, рис. 4 в) характеризуются широким диапазоном вариаций ве-

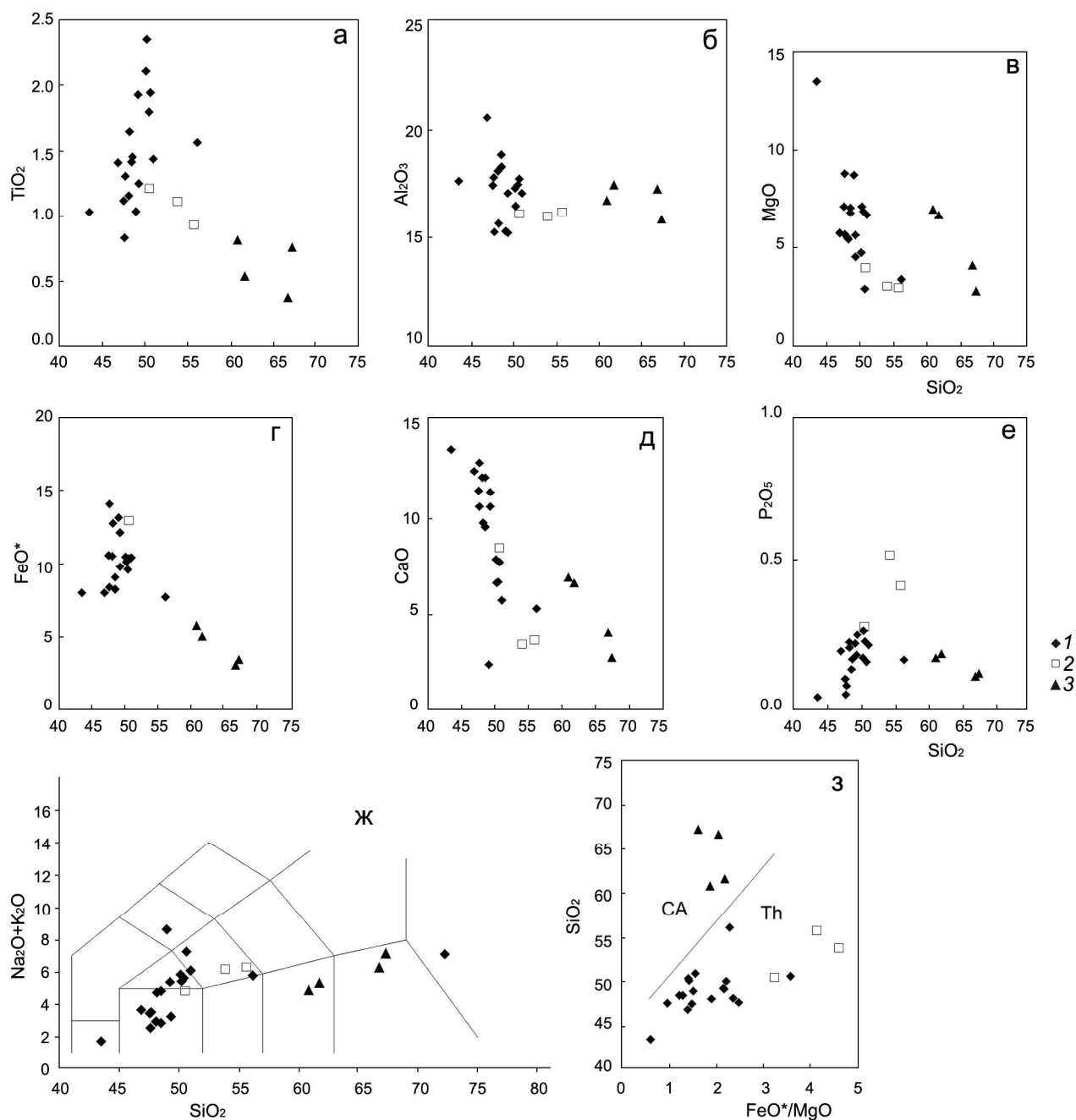
Таблица 2. (Продолжение).

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
КР137	КР125а	КР126а	КР123b	КР122	КР122b	7068/11	7064/3	7064/4	7051/1	7048/1	7006/2	7074/2
46.7	46.71	49.23	46.08	46.32	45.53	48.93	52.41	53.88	64.83	59.65	59.85	66.56
1.28	1.6	1.39	1.38	1.35	1.37	1.17	1.08	0.9	0.36	0.52	0.8	0.75
14.93	15.15	16.46	17.35	18.01	19.97	15.57	15.5	15.62	16.75	16.87	16.43	15.65
15.27	13.73	11.15	9.56	8.76	8.66	13.88	15.07	13.11	3.35	5.44	6.3	3.81
0.24	0.24	0.27	0.12	0.13	0.16	0.2	0.26	0.23	0.11	0.14	0.1	0.05
5.55	5.25	6.45	6.67	6.49	5.6	3.85	2.94	2.85	1.47	2.24	3.03	2.12
10.42	9.51	5.54	9.08	11.61	12.14	8.24	3.41	3.6	3.97	6.44	6.84	2.75
2.45	3.98	4.13	4.27	2.4	3.06	4.13	4.24	4.1	3.53	3.12	2.88	4.55
1	0.59	1.76	0.31	0.33	0.48	0.48	1.71	1.97	2.6	2.05	1.92	2.52
0.08	0.22	0.21	0.16	0.13	0.19	0.27	0.5	0.4	0.11	0.18	0.17	0.12
2.58	3.21	3.17	5.37	4.25	3.15	3.29	2.89	3.36	2.92	3.36	1.69	1.15
100.5	100.19	99.76	100.35	99.78	100.31	100.01	100.01	100.02	100	100.01	100.03	100.01
						0.36	0.05	0.08	1.33	3.12	2.47	4.31
						3.1	16	22	59	43	47	90
						87	380	490	2100	1700	510	460
						0.78	1.4	1.7	10	7	7.5	8.6
						0.32	0.57	0.66	2.86	2.11	2.0	2.0
						2.3	3.6	4.1	5.5	4.1	6.2	11.6
						0.15	0.21	0.24	0.20	0.20	0.35	0.83
						9.8	16.3	17.4	31	22	52	31
						23	39	40	64	47	113	63
						3.5	5.8	6.2	7	6	13.8	7.5
						65	170	210	730	850	1270	190
						17	29	30	27	22	54	30
						67	120	140	119	92	160	63
						4.2	6.8	7.2	4.86	4.34	8.9	5.9
						2.1	3.2	3.9	3.8	2.8	4.1	2.0
						1.3	1.9	2.1	1.70	1.59	2.3	0.96
						4.4	6.9	7.4	4.53	4.00	8.2	5.9
						0.70	1.08	1.18	0.62	0.57	0.96	0.91
						4.1	6.3	6.8	5.0	3.4	4.8	5.2
						23	35	42	19.6	17.5	25	29
						0.79	1.2	1.4	0.68	0.63	0.80	0.97
						2.3	3.6	4.0	2.11	1.91	2.4	2.8
						0.32	0.50	0.55	0.32	0.28	0.32	0.37
						2.3	3.7	4.1	2.25	1.99	2.3	2.7
						0.32	0.51	0.56	0.36	0.31	0.33	0.34

*Примечание.* Образцы: 1–18 – р-она Энинских гор: 1–6 – энинская толща. 7–18 – средняя часть ирунейской свиты; 19–25 – р-он р. Алхавитовая: 19–21 – верхняя часть ирунейской свиты; 22–24 – субвулканические тела кинкильской свиты; 25 – гранодиорит массива р. Алхавитовая. Химический состав пород 3–6 и 19–25 был изучен методом РФА на рентгенофлуоресцентном спектрометре в лаборатории ФГБУН ГИН РАН (Москва), аналитик Ермолаев Б.В.; 1, 2, 7–18 – методом «мокрой химии» в ВИМС (Москва). Потери при прокаливании (п.п.п.) определялись весовым методом. Микроэлементный состав изучался методом ICP MS в ФГУП ИМГРЭ (Москва), аналитик Кабирова Р.У. и в ФГБУН ГИН РАН (Москва), аналитик Окина О.И. \* – все железо в форме Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

личины MgO от 2.9 до 7.1 мас % и по величине Mg<sup>#</sup> разделяются на три группы (значение Mg<sup>#</sup> – 33, 45 и 55–56, соответственно). Характерна прямая корреляция содержаний TiO<sub>2</sub> и Mg<sup>#</sup>. При этом магнезиальные разновидности характеризуются более низкими содержаниями K<sub>2</sub>O (0.2–0.3 %), а среднемагнезиальные – высокими содержаниями K<sub>2</sub>O (1.2–2.5 %). Концентрации CaO составляют 6.7–10.4 %, Na<sub>2</sub>O – 3.7–

5.3 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 16.5–17.5 %. На дискриминационных диаграммах Ba/Yb – Nb/Yb и Ba/Nb – Th/Yb [22] они попадают в поле вулканитов южной и северной частей Марианского трога и Тихоокеанского поднятия. Фигуративные точки наиболее магнезиальных разновидностей располагаются в поле пород южной части Марианского трога и базальтов MOR, а менее магнезиальные – в поле северной части Марианского



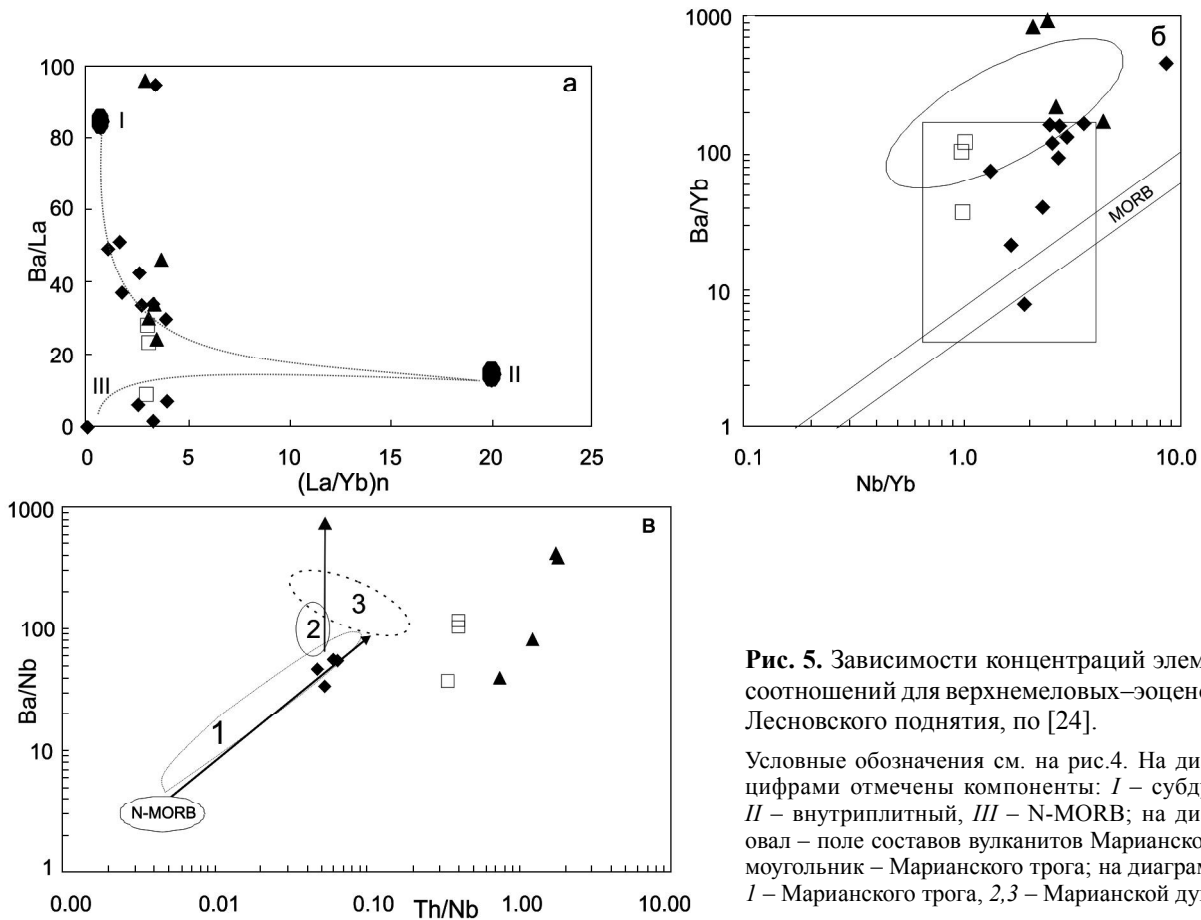
**Рис. 4.** Вариационные диаграммы оксидов петрогенных элементов в магматических породах Лесновского поднятия.

1 – магматические породы энингской толщи; 2 – магматические породы ирунейской свиты; 3 – магматические породы кинкильской свиты. На диаграмме (Ж) классификационные линии показаны по [13]. Th – толлитовая, СА – известково-щелочная серии.

трога (рис. 5 б, в). Породы энингской толщи по геохимическим параметрам характеризуются некоторым обогащением легких и средних РЗЭ по отношению к базальтам N-MOR. Распределение элементов-примесей на мультиэлементной диаграмме сходно с распределением в обогащенных базальтах E-типа MOR (рис. 6 а, б). Отличие в составе наблюдается в образце 7025. На мультиэлементной диаграмме (рис. 6 а)

по характеру распределения элементов-примесей он ближе всего к базальтам океанических островов (OIB). Он также характеризуется пониженным содержанием  $TiO_2$  и более низкой  $Mg^{\#}$  по сравнению с базальтами энингской толщи, более высоким содержанием  $Al_2O_3$  (более 18 %) и высоким содержанием калия (выше, чем содержание натрия). Содержания Ni и Cr в базальтах энингской тощи в пределах 90–120





**Рис. 5.** Зависимости концентраций элементов и их соотношений для верхнемеловых–эоценовых пород Лесновского поднятия, по [24].

Условные обозначения см. на рис.4. На диаграмме 5 а цифрами отмечены компоненты: I – субдукционный, II – внутриплитный, III – N-MORB; на диаграмме 5б: овал – поле составов вулканитов Марианской дуги, прямоугольник – Марианского трога; на диаграмме 5в поля: I – Марианского трога, 2,3 – Марианской дуги.

и 180–240 г/т, соответственно, что близко к таковым примитивных расплавов.

Изученные нами базальты и андезибазальты ирунейской свиты восточного склона Срединного хребта представлены как породами толеитовой, так и известково-щелочной серий (рис. 4). Они характеризуются средними содержаниями  $TiO_2$  (0.9–1.2 %, реже до 1.3 %). Породы верхней части свиты имеют более высокие содержания  $SiO_2$ , низкую магнезиальность ( $Mg^\# = 20-35$ ), высокое содержание калия ( $K_2O$  – до 1.97 %) и среднее глинозема ( $Al_2O_3$  – 15–16 %). На петрохимических диаграммах они попадают в поле островных дуг, а породы нижней части ирунейской толщи – в поле составов пород Марианской дуги и, частично, Марианского трога (рис. 5 б). На мультиэлементной диаграмме наблюдаются минимумы Nb и Ta, а также минимумы Zr, Th, Hf, что характерно для пород надсубдукционного вулканизма (рис. 6 а).

Нами были проанализированы субвулканические андезиты, дациты, трахидациты, прорывающие как энингскую толщу, так и лесновскую серию (обр. 7048, 7051, 7006) в горах Энинг, а также гранодиориты (обр. 7074/2) массива р. Лев. Алхавитоваям.

Они характеризуются низкими содержаниями  $TiO_2$  (0.4–0.8 %), низким содержанием железа и магния при высоких содержаниях  $K_2O$  (1.9–2.6 %). На петрохимических диаграммах наблюдаются четкая корреляция между содержанием петрогенных элементов и кремнезема. Они попадают в поле известково-щелочных вулканитов (рис. 4). На мультиэлементной диаграмме распределения элементов-примесей они также демонстрируют дефицит Nb и Ta и резкий рост концентраций от тяжелых к легким РЗЭ, что также характерно для пород известково-щелочных серий (рис. 5, 6).

Нами были получены изотопные характеристики базальтов энингской толщи и ирунейской свиты. Они характеризуются деплетированным содержанием изотопов неодима ( $\epsilon Nd(T) = 12.37$  и  $10.9$  – для энингской толщи,  $8.7$  – для базальта из меланжа (обр. 7025) и  $9.82$  – для ирунейской свиты). Для энингской толщи отношения изотопов  $^{87}Sr/^{86}Sr$  (0.7049, 0.7056) являются завышенными. Такие соотношения могут быть связаны или с контаминацией магмы радиогенным  $^{87}Sr$  из сиалических пород, или с взаимодействием пород с морской водой. Учитывая деплетированные содержания изотопов неодима, более вероятен второй

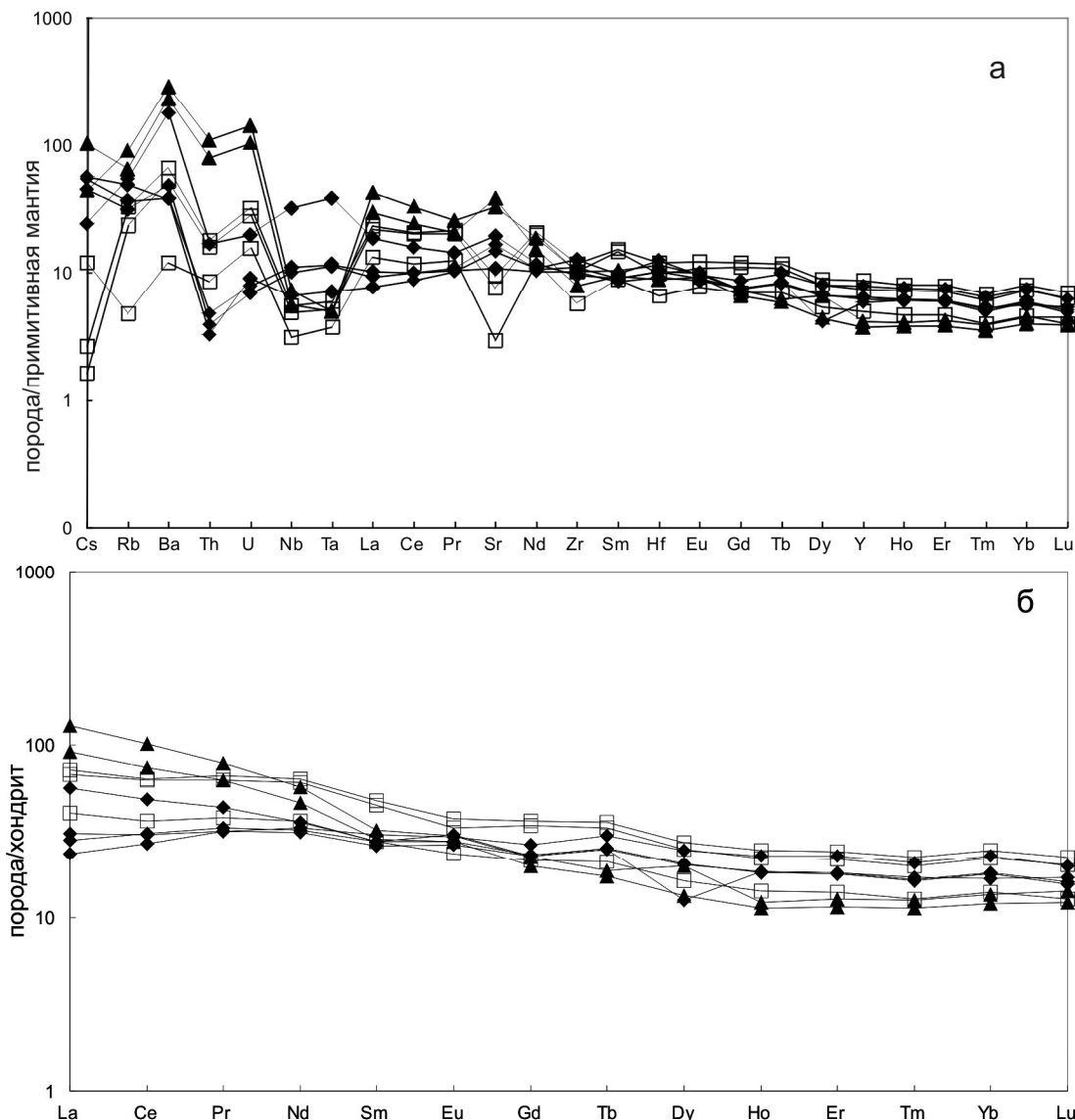


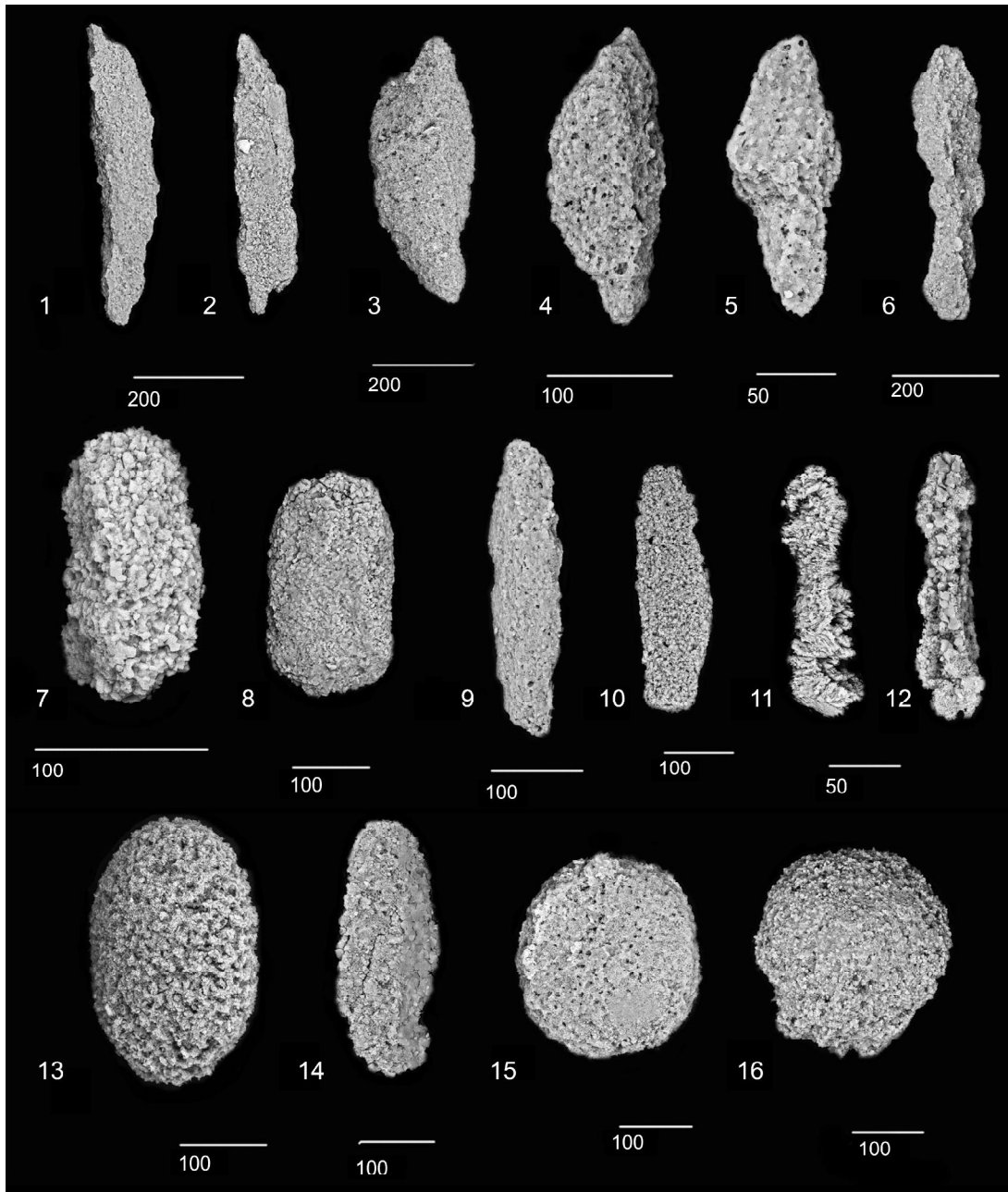
Рис. 6. Распределение элементов примесей (а), нормированных к составу примитивной мантии, по [26], и редкоземельных элементов (б), нормированных к составу хондрита [21, 23]. Условные обозначения см. рис. 4.

вариант, но для окончательного решения нужны дополнительные исследования. Отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  для ирунейской свиты (0.7041) и для базальта из меланжа обр. 7025–(0.7039) укладываются в отношения изотопов стронция вулканических дуг (обр. 7064/3) и океанических островов (обр. 7025). Данные по изотопии неодима хорошо коррелируются с данными, полученными ранее для магматических пород Восточной и Северной Камчатки [6, 19].

#### РАДИОЛЯРИЕВЫЙ АНАЛИЗ

Из образцов кремнистых пород, отобранных из энингской толщи и ирунейской свиты, были выделены и изучены комплексы радиолярий (рис. 2,

табл. 1, фототабл.). Изучение радиолярий проводилось как в шлифах (рассмотрены различные сечения прунобрахид в проходящем свете), так и объемных выделенных форм, впоследствии сфотографированных под СЭМ, что позволило получить полную характеристику таксономического состава выделенной ассоциации. Данные радиоляриевого анализа свидетельствуют о кампанском возрасте вмещающих отложений. Во всех образцах встречены представители прунобрахид, что свидетельствует о холодноводных условиях осадконакопления. В большинстве образцов присутствуют: *Prunobrachium articulatum* (Lipman), *Spongurus spongiosus* (Lipman), *Phaseliforma carinata* Pessagno, *P. meganosensis* Pess., кроме этого встречены



**Фототаблица.** Кампанские радиолярии Камчатского перешейка.

1, 2, 4 – обр.7064/2; 3, 7, 12–15 – обр. 7028; 4, 5, 9, 10, 16 – обр.7004/1; 6 – обр. 7068/4; 8 – обр. 7002a/6; 11 – обр. 7068/1. Увеличение в (мк).

1, 2 – *Prunobrachium articulatum* (Lipman); 3 – *Prunobrachium angustum* (Lipman); 4 – *Prunobrachium* cf. *angustum* (Lipman); 5 – *Prunobrachium* cf. *sibiricum* (Lipman); 6 – *Pseudobrachium* cf. *mucronatum* (Lipman); 7, 8 – *Spongurus* cf. *quadratus* Campbell et Clark; 9 – *Spongurus* cf. *spongiosus* (Lipman); 10 – *Spongurus spongiosus* (Lipman); 11, 12 – *Prunobrachium* cf. *incisum* Kozlova; 13 – *Phaseliforma carinata* Pessagno; 14 – *Phaseliforma* cf. *meganosensis* Pessagno; 15, 16 – *Spongodiscus volgensis* Lipman.

ны *Prunobrachium angustum*, *P. crassum*, *P.* cf. *incisum*, *P.* cf. *sibiricum* (табл. 1, фототабл.). *Prunobrachium articulatum* (Lipman), *P. sibiricum* (Lipman), *P. incisum* Kozlova, *Spongurus spongiosus* (Lipman) впервые описаны из кампанских отложений Западной Сибири и Тургайского прогиба [7, 9]. Уровень с *Prunobrachium*

*articulatum* хорошо прослеживается в разрезах Русской плиты, Западной Сибири и Приполярного Урала, являясь прекрасным биостратиграфическим маркером терминальной части верхнего кампана [14]. *Phaseliforma carinata* Pessagno является индекс-видом подзоны низов позднего кампана Северной Калифорнии [25].

Проведенный анализ показал, что изученные кремнистые породы из энингской толщи и ирунейской свиты, распространенные в р-не Камчатского перешейка, одновозрастны и характеризуются повсеместным присутствием представителей Prunobrachidae, что отличает их от описанных ранее ассоциаций [17]. Сходная по таксономическому составу кампанская ассоциация радиолярий изучена на Шипунском полуострове и в Леховских горах (Восточная Камчатка) [12]. В последнее время представители прунобрахид обнаружены на п-ове Камчатский мыс [18], на Шипунском п-ове и Леховских горах [12], а также на о. Шикотан (Курильские о-ва) [11]. Подобные находки очень важны, так как позволяют уверенно говорить о возрасте вмещающих толщ, а также проводить межрегиональные корреляции и судить об условиях осадконакопления.

Ранее из кремнистых пород р-на г. Энинг И.Н. Извековым были выделены сантон-кампанские, кампанские и позднекампан-раннемаастрихтские радиолярии [17]. По таксономическому составу выделенные ассоциации, описанные И.Н. Извековым, хорошо коррелируются с одновозрастными ассоциациями Олюторской зоны Корякского нагорья [1, 10].

#### ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ВУЛКАНИЗМА И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

У базальтов энингской толщи, которые по химическому и редкоэлементному составу близки к базальтам N-типа MOR, наблюдается обогащение  $TiO_2$  (1.8–2.2 %), Y ( $Zr/Y$  3.9–4.5), а распределение PЗЭ имеет субхондритовый характер ( $La_n/Sm_n = 0.8–1.2$ ). При этом сохраняется достаточно высокое отношение  $Zr/Nb$  (15–33) и в наиболее обогащенных составах  $TiO_2 (>2.2 \%)$ . Образец 7002/3 отличается от других изученных пород энингской толщи. Он имеет деплетированные содержания Nb и Ta по сравнению с другими базальтами энингской толщи, и у него наблюдается дефицит Nb относительно легких PЗЭ (рис. 6 а). В отличие от базальтов энингской толщи базальты из включений меланжа характеризуются средними значениями  $TiO_2$  (до 1.5 %), сходными значениями  $Zr$  ( $Zr/Y \sim 4$ ), обогащением легкими PЗЭ ( $La_n/Sm_n \sim 2$ ) и высокой величиной отношения  $Zr/Nb (> 47)$ , что сближает их с магматическими породами океанических островов. Ранее в работе [6] были описаны базальты района р. Лево́й Лесной (энингская толща), сходные с базальтами N и E-типа MOR.

Изученные нами базальты и андезибазальты верхней части ирунейской свиты характеризуются средними величинами содержания  $TiO_2$  (до 1.1 %) и на петрохимических диаграммах попадают в поле

известково-щелочной серии. Они характеризуются высоким содержанием Zr ( $Zr/Y$  до 3.4) и фракционированным распределением PЗЭ ( $La_n/Sm_n \sim 1.5$ ), что позволяет относить их к обогащенному островодужному типу. Ранее в этой толще были описаны высокощелочные породы [6].

Расплавы субдукционных областей формируются при участии нескольких компонентов: субдукционной, внутриплитной и компоненты N-MORB. На диаграмме  $(Ba/La)–(La/Yb)_n$  [22] видно, что практически все изученные образцы пород формировались в результате взаимодействия субдукционной и N-MORB компонент и, возможно, в незначительной степени внутриплитной для молодых эоценовых пород и вулканитов верхней части ирунейской свиты (рис. 5 а). На диаграмме  $Nb/Yb–Ba/Yb$  [24] составы изученных пород демонстрируют широкий разброс фигуративных точек, при этом только одна точка попадает в поле N-типа MORB, а магматические породы энингской толщи и ирунейской свиты попадают в поле Марианского трога и Марианской дуги (рис. 5 б). На диаграмме  $Th/Nb–Ba/Nb$  [24], где Th является маркером глубинных флюидов, а Ba привносится как из глубинных, так и из поверхностных уровней плавления, соотношение этих элементов будет постоянно и близко к единице, что видно на наклонном тренде (рис. 5 в). Поверхностный компонент будет выражен увеличением концентраций Ba в расплаве, который к этому моменту должен быть обогащен мантийным компонентом. Базальты энингской толщи попадают на этот тренд, а составы других пород отражают последовательное увеличение концентраций Ba. Они попадают в поле составов пород Марианской дуги, что свидетельствует об островодужном генезисе этих пород.

Анализ составов высокомагнезиальных пород энингской толщи, выполненный в работе [6], позволил предположить, что магмы этого района выплавились из надсубдукционных мантийных источников, и, возможно, в задуговом бассейне. Для объяснения присутствия в ирунейской свите шошонитов и высококалиевых пород было предложено два варианта. По одному сценарию образования верхней части ирунейской свиты могли формироваться в тыловой части вулканической дуги позднемелового–раннепалеоценового возраста. По другому сценарию [8, 16] все вещественные комплексы, распространенные в пределах Лесновского поднятия (щелочные, высокотитанистые базальты энингской толщи и высококалиевые породы ирунейской свиты), маркируют этап перехода континентальной окраины от «синсубдукционного сжатия к этапу обширного раздвигания окраин континента» [8, 16].

Полученные нами данные о химическом и редкоэлементном составе пород, относимых ранее к ирунейской свите, позволяют разделить эти толщи как формировавшиеся в разных геодинамических условиях. Данные химического и редкоэлементного состава пород хорошо укладываются в фациальные обстановки накопления осадочных пород рассматриваемых толщ. Осадочные образования энингской толщи отлагались в морском бассейне, преимущественно в пелагической его части, а ирунейской свиты – в пределах вулканического архипелага с эксплозивным вулканизмом. При этом в нижних горизонтах ирунейской свиты преобладают эффузивы толеитовой серии, а в верхних частях – известково-щелочной серии островных дуг. Контакты между энингской толщей и ирунейской свитой тектонические или перекрыты молодыми отложениями. В то же время, полученные новые данные по возрасту осадочных пород, указывающие на одинаковый возраст пород, близкие составы комплексов микрофауны, присутствие в разрезах слоев иноцератов и наличие фациальных переходов от турбидитов лесновской серии к образованиям энингской толщи позволяют предполагать, что это был единый бассейн.

Состав магматических пород и палеотектоническая обстановка в кампанское время позволяют считать, что это был окраинноморский бассейн (Ирунейское окраинное море). В этом бассейне с северо-запада и запада на юго-восток происходила смена фациальных обстановок от склона и подножья склона материка (лесновская серия) до пелагических условий открытого бассейна (энингская толща) и вулканической цепи с островодужным типом вулканизма (ирунейская свита). Магматизм окраинного моря характеризуется наличием базальтов N-MOR и OI.

В современной структуре эти комплексы слагают тектоническое поднятие с покровно-складчатой структурой. Более молодые интрузивные породы неоавтохтона (граниты и гранодиориты) и вулканы кинкильской свиты знаменуют новый орогенный этап развития Камчатской окраины.

#### ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования показывают, что осадочно-вулканогенные образования энингской толщи и ирунейской свиты формировались в различных геодинамических условиях и имеют одинаковый кампанский возраст.

2. Базальты энингской толщи по составу близки к базальтам N-MOR и OI и изливались, вероятно, в пределах окраинноморского бассейна. Образования ирунейской свиты формировались в пределах вулканического поднятия с островодужным типом вулканизма.

3. Данные радиоляриевых анализов свидетельствуют о том, что накопление осадочно-вулканогенных пород энингской толщи и ирунейской свиты происходило в умеренно-высоких широтах, а повсеместное присутствие прунOIDных форм в обеих толщах позволяет говорить об едином бассейне осадконакопления.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 15-05-01892 (Цуканов Н.В.) и по теме ГИН РАН № 116032510034 (тема ФАНО № 0135-2014-0034) (Палечек Т.Н.).

Авторы выражают благодарность начальнику Тымлатской партии ОАО «Камчатгеологии» Т. Еремину за предоставленную возможность принять участие в полевых работах и В.С. Вишневской и А.В. Колоскову за рецензирование статьи и замечания, которые помогли существенно улучшить статью.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вишневская В.С. Радиоляриевая биостратиграфия юры и мела России. М.: ГЕОС, 2001. 376 с.
2. Геологическая карта и карта полезных ископаемых Камчатской области и Корякского автономного округа. 1:1500 000 / Гл. ред. А.Ф. Литвинов, Б.А. Марковский, В.П. Зайцев. СПб.: ВСЕГЕИ, 2005.
3. Григорьев В.Н., Шапиро М.Н. Верхнемеловые вулканы перешейка Камчатки // Тихоокеан. геология. 1986. № 4. С. 58–66.
4. Казимиров А.Д., Крылов К.А., Федоров П.И. Тектоническая эволюция окраинных морей на примере юга Корякского нагорья // Очерки по геологии Северо-Западного сектора Тихоокеанского тектонического пояса. М.: Наука, 1987. С. 200–225.
5. Карта полезных ископаемых Камчатской области. 1:500 000 / Под ред. А.Ф. Литвинова, М.Г. Патоки, Б.А. Марковского. СПб.: ВСЕГЕИ, 1999.
6. Коваленко Д.В., Колосков А.В., Цуканов Н.В., Федоров П.И. Геодинамические условия формирования и магматические источники позднемеловых-раннепалеогеновых комплексов Северной Камчатки // Геохимия, 2009. № 4. С. 348–377.
7. Козлова Г.Э., Горбовец А.Н. Радиолярии верхнемеловых и верхнеэоценовых отложений Западно-Сибирской низменности. Л.: Недра, 1966. 158 с.
8. Колосков А.В., Флеров Г.Б., Селиверстов В.А., Ф. Дорендорф, Т.Г. Чурикова. Калиевые вулканы центральной Камчатки в составе верхнемеловой-палеогеновой Курило-Камчатской щелочной провинции // Петрология. 1999. Т. 7, № 5. С. 559–576.
9. Липман Р.Х. Позднемеловые радиолярии Западно-Сибирской низменности и Тургайского прогиба: Материалы по стратиграфии мезо-кайнозоя Тургайского прогиба, Северного Приаралья и Западно-Сибирской низменности. Л.: Тр. ВСЕГЕИ, 1962. Нов. сер. Т. 77. С. 271–323.
10. Палечек Т.Н. Строение и условия формирования верхнемеловых вулканогенно-кремнистых отложений Олюторского района (на основе радиоляриевых анализов): Автореф.

- дис... канд. геол.-минер. наук. М.: Ин-т литосферы РАН, 1997. 25 с.
11. Палечек Т.Н., Терехов Е.П., Можеровский А.В. Кампан-маастрихтские радиоларии из малокурильской свиты острова Шикотан // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2008. Т. 16, № 5. С. 76–89.
  12. Палечек Т.Н. Меловые радиоларии Шипунского п-ова (Восточная Камчатка) // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии (Сб. науч. трудов) / Под ред. Е.Ю. Барабошкина, В.С. Маркевич, Е.В. Бугдаевой, М.А. Афолина, М.В. Черепановой. Владивосток: Дальнаука, 2014, 354 с.: ил., с. 232–234.
  13. Петрографический кодекс России. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 198 с.
  14. Практическое руководство по микрофауне. Радиоларии мезозоя // Тр. ВСЕГЕИ. 1999. Т. 6. 272 с.
  15. Соловьев А.В. Изучение тектонических процессов в областях конвергенции литосферных плит методами трекового датирования и структурного анализа. М.: Наука, 2008. 319 с. (Тр. ГИН, вып. 577).
  16. Федоров П.И. Кайнозойский вулканизм в зонах растяжения на восточной окраине Азии. М.: ГЕОС, 2006. 321 с.
  17. Федорчук А.В., Извеков И.Н. Новые данные о строении Северной части Срединного хребта Камчатки // Изв. РАН. Сер. Геол. 1992. С. 247–151.
  18. Цуканов Н.В., Сколотнев С.Г., Палечек Т.Н. Новые данные о составе и строении аккреционной призмы п-ова Камчатский Мыс (Восточная Камчатка) // Вестн. Краунц. 2008. № 12. С. 42–50.
  19. Цуканов Н.В., Сколотнев С.Г. Новые данные по изотопному составу магматических комплексов палеодуг Восточной Камчатки // Докл. АН. 2010. Т. 434, № 5. С. 656–660.
  20. Шанцер А.Е., Шапиро М.Н., Колосков А.В., Челебаева А.И., Синельникова В.Н. Эволюция структуры Лесновского поднятия и прилегающих территорий в кайнозой (Северная Камчатка) // Тихоокеан. геология. 1985. № 4. С. 66–74.
  21. Evensen N.M., Hamilton P.J., O' Nions R.K. Rare earth abundances in chondritic meteorites // Geochim. et Cosmochim. Acta. 1978. V. 42. P. 1199–1212.
  22. Lin P.-N., Stern R.J., Bloomer S.H. Shohonitic volcanism in the northern Mariana arc. Large-ion lithophile and rare earth elements abundances: evidence for the source of incompatible element enrichments in intraoceanic arcs // J. Geophys. Res. 1989. V. 94. P. 4497–4514.
  23. Pearce J.A. Role of the subcontinental lithosphere in magma genesis at active continental margins / C.J. Hawkesworth, M.J. Norry (eds.) // Continental basalts and mantle xenoliths. Natwich: Shiva Press, 1983. P. 230–249.
  24. Pearce J.A., Stern R.J. Origin of back-arc basin magmas: Trace elements and isotope perspectives // Back-Arc spreading systems: Geological, biological, chemical, and physical interactions / Geophys. Monogr. Ser. 166. 2006. Amer. Geol. Union. P. 63–86.
  25. Pessagno E. Radiolarian zonation and stratigraphy of the Upper Cretaceous portion of the Great Valley Sequence, California Coast Ranges // Micropaleontology. Spec. Publ. 1976. V. 2. P. 1–95.
  26. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes // Geol. Soc. Amer. Spec. Publ. 1989. V. 42. P. 313–345.

*Рекомендована к печати А.В. Колосковым*

***N.V. Tsukanov, T.N. Palechek, A.V. Fedorchuk***

### **Cretaceous sedimentary-volcanogenic complexes of the Kamchatka Isthmus: Structure, composition and geodynamic formation conditions**

New data on chemical and rare element composition and age of rocks earlier related to the Irunev suite of the Kamchatka Isthmus were obtained. In the recent structure they compose structural-matter complexes of the blanket and folded Lesnovsky Rise. Radiolarian analysis data justify that deposits belonging to Ening series and middle and upper parts of the Irunev suite were formed in a single sedimentation basin in Campanian time. A new occurrence of Prunobrachidae which we identified on the Kamchatka Isthmus, give possibility to make wide interregional correlations and reconstruct sedimentation conditions. The studied volcanites relate to different igneous series and were formed in the geodynamic conditions of a marginal sea and volcanic arc. Volcanic rocks of the Ening series are similar to N–MOR and OI basalts that were formed in the frames of marginal-sea basin (Irunev marginal sea). The Upper Cretaceous formations of the Sredinny Range's eastern slope were formed within a volcanic rise with volcanic activity of an island-arc type. Younger Eocene igneous rocks of neo-autochthon (granites and granodiorites) and volcanites of the Kinkil suite mark a new orogenic stage of the Kamchatka margin development.

***Key words:* tholeiitic basalts, island arcs, magmatism, radiolarian analysis, Prunobrachidae, microfauna, marginal seas, structural-matter complexes, Kamchatka.**