

УДК 551.21

## ВУЛКАНИЧЕСКИЙ МАССИВ БОЛЬШОЙ СЕМЯЧИК, КАМЧАТКА: ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, СТРУКТУРНАЯ ПОЗИЦИЯ

© 2014 г. В. Л. Леонов, Е. Н. Гриб

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН  
683006 Петропавловск-Камчатский, бульвар Пийна, 9,  
e-mail: lvl@ksnet.ru*

Поступила в редакцию 26.02.2013 г.

Приводятся новые данные о геологическом строении, истории развития, структурной позиции вулканического массива Большой Семячик на Камчатке. Новые данные Ar-Ar датирования вулканических пород позволили существенно уточнить стратиграфию и историю развития района. Рассмотрены особенности распространения центров вулканической и гидротермальной деятельности в районе массива Большой Семячик. Они позволили сделать вывод, что со временем идет последовательное смещение вулканизма к юго-востоку. Показано, что все термопроявления – группы паровых струй, термальные источники, прогретые площадки, свидетельствующие о современной активности, также смещены в юго-восточную часть массива. Сделан вывод, что эти закономерности не случайны и определяются наклоном магмо- и флюидо-подводящих разломов, которые ограничивают с юго-востока крупный, выделенный ранее по геофизическим данным прогиб фундамента. Наклон разломов приводит к тому, что магма и флюиды, поднимаясь с глубины к поверхности, отклоняются к востоку–юго-востоку, где и расположены сегодня наиболее молодые проявления вулканической деятельности и современные термопроявления.

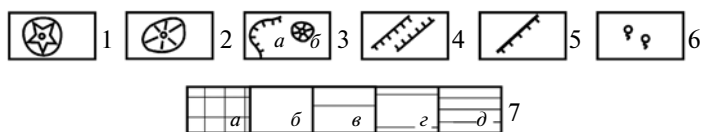
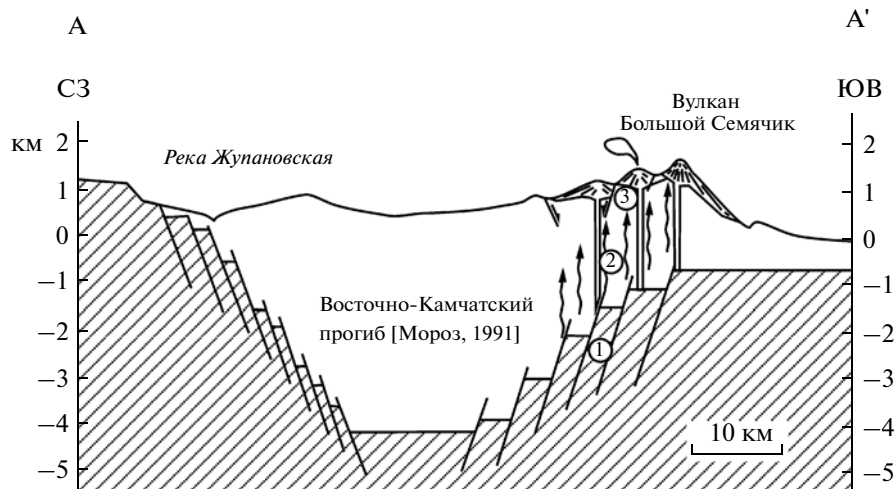
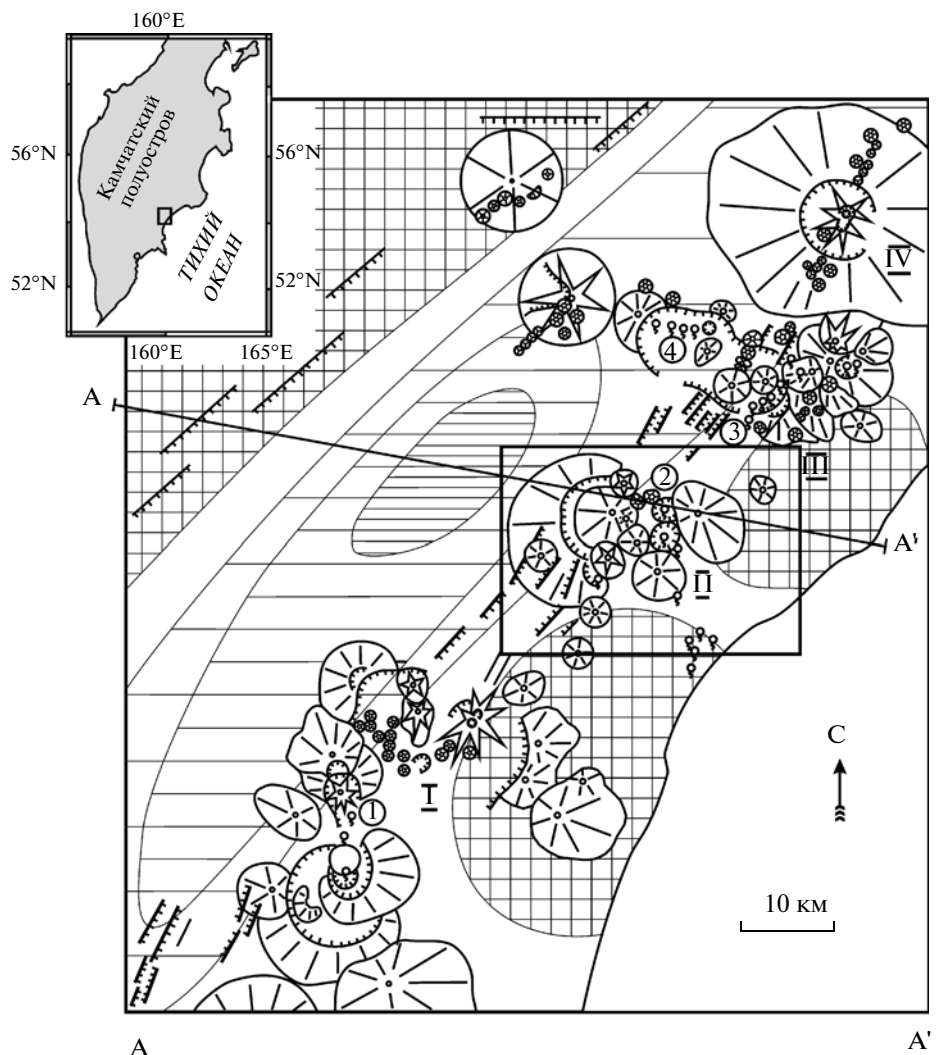
DOI: 10.7868/S0203030614010040

Вулканический массив Большой Семячик – сложное вулканическое сооружение, расположенное на центральном участке Восточной Камчатки (рис. 1). Он состоит из множества слившихся основаниями вулканов и имеет разные названия: “группа вулканов Большого Семячика”, “Больше-Семячикский вулканический центр”, “вулканический массив Большой Семячик” или просто “вулкан Большой Семячик”.

Собственно вулканом Большой Семячик издавна была названа наиболее высокая гора на этом участке – г. Зубчатая [Новограбленов, 1932; Влодавец, 1949, 1958; Ястребов, 1953; Святловский, 1959]. Многочисленные небольшие вулканы, расположенные рядом с г. Зубчатой, получили собственные названия: Бурлящий, Центральный Семячик, Проблематичный, Иванова, Попкова, Восточный Бараний, Западный Бараний, Кулакова, Плоско-Кругленький [Влодавец, 1958] (рис. 2). Кроме этих вулканов в районе выявлено также множество небольших экструзивных куполов, получивших свои названия: Полукупол, Купол “со щитом”, Купол “с пемзой”, Корона, Южно-центральный, Перемычка, Еж, Купол “с кратером”, Черный, Крутой, Скалистый, Овальные [Влодавец, 1958].

В 60-е годы XX века обширные разносторонние исследования в рассматриваемом районе были проведены сотрудниками Института вулканоло-

логии СО АН СССР. В результате этих работ было выявлено, что основной геологической структурой на участке, где расположена группа вулканов Большого Семячика, является крупная вулканотектоническая депрессия – кальдера, а ее формирование связано с мощной вспышкой кислого вулканизма в плейстоцене [Аверьев и др., 1971]. Кроме того, было показано, что в районе расположена одна из крупнейших на Камчатке высокотемпературных гидротермальных систем – Семячикская, выявлены ее особенности, определена общая тепловая мощность, сделано предположение о глубинном источнике нагрева – магматическом очаге в недрах кальдеры [Аверьев и др., 1971; Вакин, 1976]. Были выявлены общие черты строения кальдерных структур на центральном участке Восточной Камчатки – показано, что в северо-восточном направлении, в ряду от кальдеры Большого Семячика к Узон-Гейзерной депрессии и, далее, к кальдере вулкана Крашенинникова, происходит постепенное омоложение структур и закономерное изменение характера связанных с ними пирокластических отложений [Эрлих и др., 1974]. Эти работы привели к пониманию того, что именно кальдерообразующие процессы были основными в развитии вулканизма в данном регионе, а история формирования каждой структуры стала рассматриваться поэтапно, с выделением докальдерного, кальдерообразующего и посткальдерного



**Рис. 1.** Карта и разрез, показывающие расположение прогиба фундамента, вулканов и высокотемпературных гидротермальных систем на центральном участке Восточной Камчатки [Леонов, 2001].

1 – позднеплейстоцен-голоценовые вулканы; 2 – средне-верхнеплейстоценовые вулканы; 3 – кальдеры (а), мелкие вулканы и шлаковые конусы (б); 4 – крупные разломы северо-восточного простирания; 5 – позднеплейстоцен-голоценовые трещины и сбросы; 6 – термопроявления; 7 – глубина поверхности мелового фундамента, км [Мороз, 1991]: а – менее 1; б – 1–2; в – 2–3; г – 3–4; д – более 4. I–IV – вулканические центры: I – Карымский; II – Больше-Семячикский; III – Узон-Гейзерный; IV – Крашенинникова. Цифры в кружочках – высокотемпературные гидротермальные системы (1 – Карымская, 2 – Семячикская, 3 – Гейзерная, 4 – Узон). А–А' – линия разреза. На разрезе штриховкой показан фундамент (докайнозойский комплекс), цифрами в кружках отмечены зоны: 1 – зона разломов, ограничивающих прогиб и являющихся глубинными ловушками для магмы и гидротермальных флюидов, 2 – зона подъема магмы и гидротермальных флюидов к поверхности, 3 – зона развития позднеплейстоценовых трещин и сбросов на поверхности.

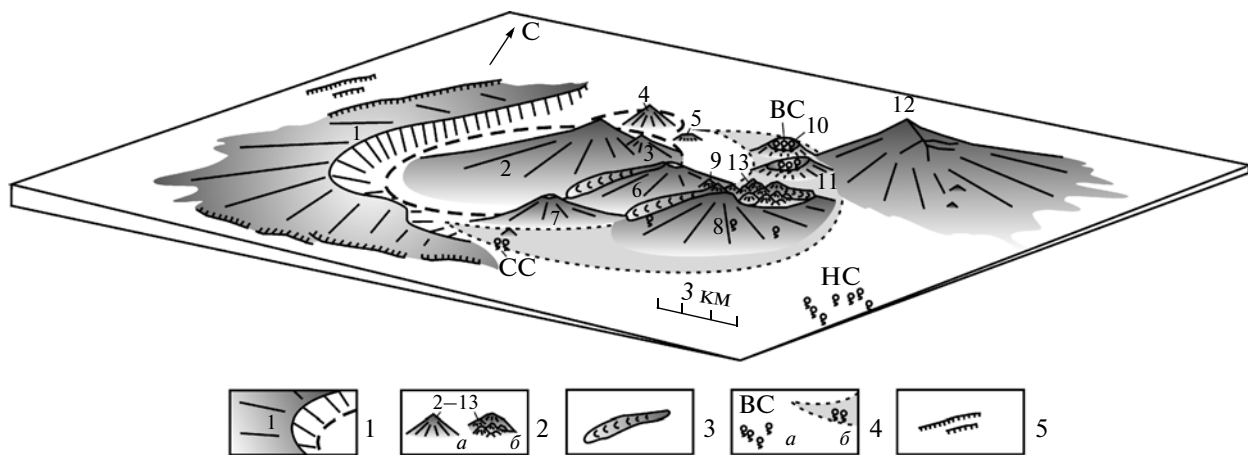
этапов [Аверьев и др., 1971; Шеймович и др., 1973; Брайцева, Мелекесцев, 1973; Вулканизм ..., 1974].

В 80-е годы XX века в районе Большого Семячика были проведены работы по уточнению геологического строения и структурных условий гидротермальной деятельности. Частично результаты этих работ были опубликованы в атласе “Действующие вулканы Камчатки” [Леонов, Гриб, 1991], а также в ряде статей [Муравьев, Егоров, 1989; Гриб, Леонов, 1992; Леонов, 1992; Леонов, Гриб, 1998]. В последние годы были получены новые данные по Ar-Ar датированию вулканогенных пород Камчатки [Леонов и др., 2008; Bindeman et al., 2010]. Датирование производилось в лаборатории Университета Висконсин-Мэдиссон (University of Wisconsin-Madison) (США). Для анализа были отобраны образцы пород, сформировавшихся в результате наиболее крупных и известных кальдерообразующих извержений на Камчатке, в том числе были получены данные о возрасте игнибритов, связанных с кальдерой Большого Семячика. Эти работы позволили существенно изме-

нить представления о стратиграфии пород, слагающих район Большого Семячика, и составить новую стратиграфическую колонку и схему геологического строения района, которые представлены ниже.

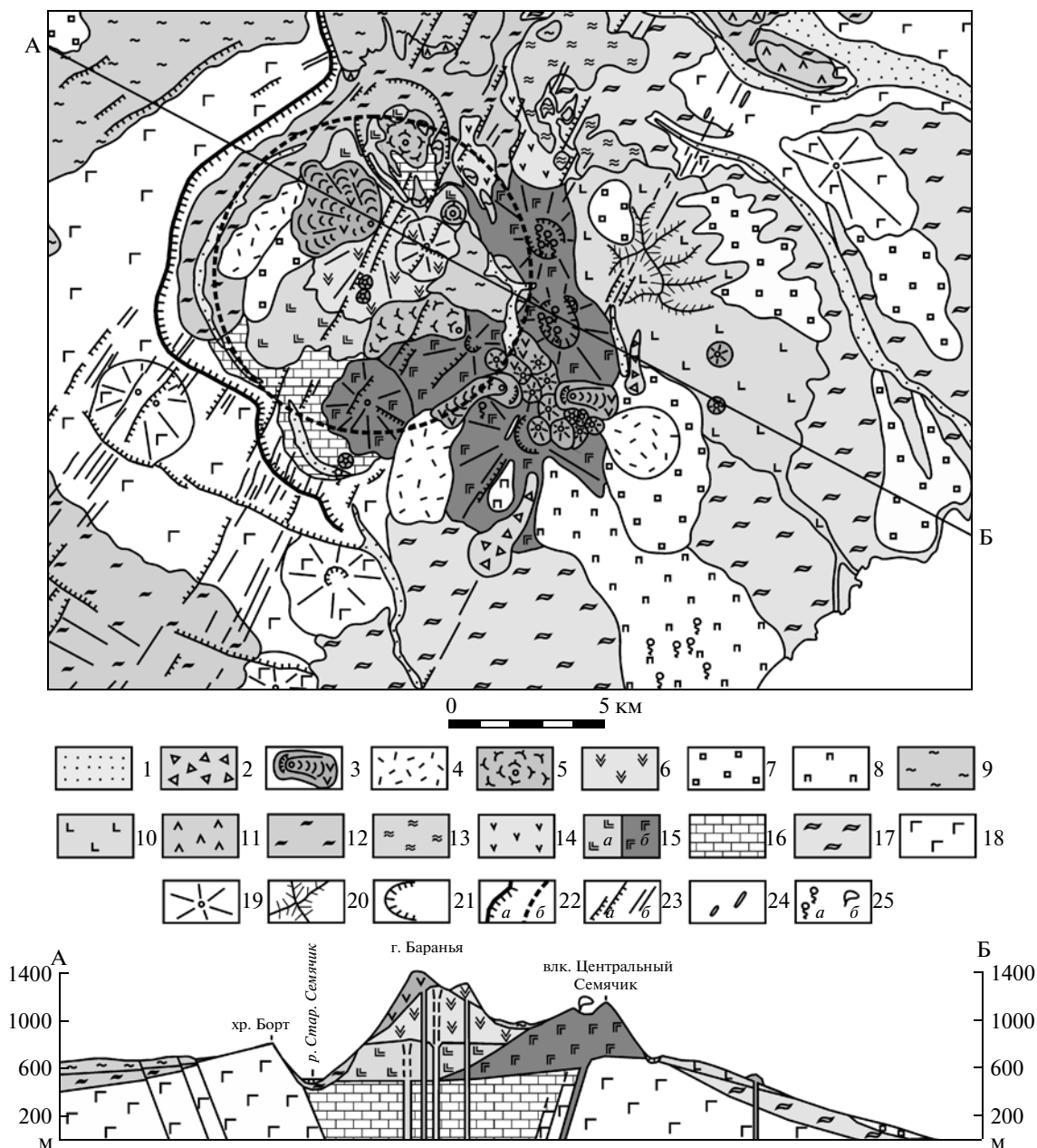
### ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РАЙОНА

Фундаментом для вулканов, расположенных в районе массива Большой Семячик, являются преимущественно осадочные породы мел-палеогенового и олигоцен-миоценового возраста, вскрывающиеся в пределах Восточного хребта Камчатки (складчатое основание), а также комплекс вулканогенно-осадочных отложений, заполняющих Восточно-Камчатский прогиб (верхний структурный этаж) [Шанцер и др., 1980]. В районе массива Большой Семячик эти породы на поверхности не обнажаются. Породы, слагающие верхний структурный этаж, представленные терригенно-вулканогенными отложениями шапинской свиты, а также вулканогенными отложения-



**Рис. 2.** Блокдиаграмма вулканического массива Большой Семячик.

1 – хребет Борт (остатки докальдерной постройки), пунктиром обозначены структурные границы кальдеры; 2 – вулканы (а) и экструзивные купола (б) посткальдерного этапа (2 – Западный Бараний, 3 – Восточный Бараний, 4 – Кулакова, 5 – Опальный, 6 – Попкова, 7 – Плоско-Кругленький, 8 – Проблематичный, 9 – Иванова, 10 – Бурлящий, 11 – Центральный Семячик, 12 – Зубчатка (Большой Семячик), 13 – группа экструзивных куполов); 3 – лавовые потоки; 4 – термопроявления (термальные источники, паровые струи) (а), дуговая зона, в которой группируются термопроявления, расположенные вблизи кальдеры (б), буквами обозначены группы паровых струй и источников: ВС – Верхнесемячикские, СС – Среднесемячикские, НС – Нижнесемячикские; 5 – разломы.



**Рис. 3.** Схематическая геологическая карта вулканического массива Большой Семячик.

1 – аллювиальные отложения ( $Q_4$ ); 2 – обвально-осыпные отложения ( $Q_4$ ); 3 – лавы андезитового, андезибазальтового состава, слагающие экструзивные купола и связанные с ними лавовые потоки ( $Q_4$ ); 4 – взрывные отложения, связанные с экструзивными куполами ( $Q_4$ ); 5 – лавы риолитового состава ( $Q_4$ ); 6 – лавы андезитового, андезидацитового состава, их туфы и туфобрекчии (вулкан Западный Бараний) ( $Q_4$ ); 7 – ледниковые отложения ( $Q_3^4$ ); 8 – пемзовые пирокластические отложения, связанные с вулканом Проблематичным ( $Q_3$ ); 9 – игнимбриты, связанные с Узон-Гейзерной депрессией (“узонские верхние”) ( $Q_3$ ); 10 – лавы, туфы базальтового и андезибазальтового состава, связанные с вулканом Зубчатка (Большой Семячик) ( $Q_2$ ); 11 – лавы андезитового и дацитового состава, залегающие в толще “узонских” игнимбритов ( $Q_2$ ); 12 – игнимбриты, связанные с Узон-Гейзерной депрессией (“узонские нижние”) ( $Q_2$ ); 13 – игнимбриоподобные породы ( $Q_2$ ); 14 – лавы андезитового состава ( $Q_2$ ); 15 – лавы андезитового, андезибазальтового состава, слагающие основание вулкана Западный Бараний (а), лавы базальтового, андезибазальтового состава, слагающие вулканы Бурлящий, Центральный Семячик, Попкова, Проблематичный (б) ( $Q_2$ ); 16 – песчаники, алевролиты, туфы – озерные отложения, заполняющие кальдеру Большого Семячика ( $Q_{1-2}$ ); 17 – игнимбриты, связанные с образованием кальдеры Большого Семячика ( $Q_1$ ); 18 – лавы и туфы базальтового, андезитового, дацитового состава – докальдерный комплекс ( $Q_E$ ); 19 – центры крупных вулканических построек; 20 – хребты горы Зубчатка; 21 – кратеры вулканов; 22 – эрозионные (а) и структурные (б) границы кальдеры Большого Семячика; 23 – сбросы (а), трещины (б); 24 – дайки; 25 – термальные источники и парогазовые струи: а – на карте, б – на разрезе.

Система	Отдел	Подотдел	Звено	Литология	Возраст, тыс. лет	Описание
Четвертичная	Голоцен					Аллювиальные отложения
						Обвальнo-осыпные отложения
						Лавы андезитового состава (экструзивные купола и связанные с ними лавовые потоки)
						Взрывные отложения, связанные с внедрением экструзивных куполов
	Плейстоцен	Неоплейстоцен	Верхнее		12*	Лавы риолитового состава (экструзивные купола сопок Кулакова, Овальная, лавовые потоки)
					20	Ледниковые отложения
						Агломераты, туфы, туфобрекчии (пирокластический покров, связанный с вулканом Проблематичный)
						Игнимбриты, шлаки, туфы, предположительно связанные с Узон-Гейзерной депрессией (“узонские верхние”)
					126*	Лавы андезитового, дацитового состава, их туфы и туфобрекчии (вулкан Западный Бараний)
						Лавы базальтового, андезибазальтового состава – вулкан Зубчатка (Большой Семячик)
						Лавы андезитового, дацитового состава, залегающие в толще “узонских” игнимбритов
					278	Игнимбриты, связанные с Узон-Гейзерной депрессией (“узонские нижние”)
		Нижнее			Игнимбритоподобные породы, перекрывающие “семячицкие” игнимбриты в верховьях р. Пятая Речка	
					Лавы андезитового состава, перекрывающие “семячицкие” игнимбриты в верховьях р. Пятая Речка	
					Лавы андезибазальтового, андезитового состава (основание вулкана Западный Бараний)	
				427	Лавы базальтового, андезибазальтового состава (вулканы Бурлящий, Центр. Семячик, Попкова, Проблематичный)	
					Комплекс внутрикальдерных озерных и вулканогенно-осадочных отложений	
				524	Игнимбриты дацитового, риодацитового состава, связанные с образованием кальдеры вулканического массива Большой Семячик	
				560		
				781*	Игнимбриты дацитового состава, связанные с образованием кальдер Карымского вулканического центра (“карымские”)	
Эоплейстоцен			1260	Лавы, пирокластита, вулканогенно-осадочные отложения, сформировавшиеся на докальдерном этапе (остатки вулканов, сохранившихся на хр. Борт, Промежуточный и др.)		

Примечание. \* – датировки по Международной стратиграфической шкале [Международная ..., 2012]; подчеркнуты датировки по определениям Ar-Ar возраста [Bindeman et al., 2012].

**Рис. 4.** Стратиграфическая колонка отложений, обнажающихся в районе вулканического массива Большой Семячик. Возрастные датировки даны по Международной стратиграфической шкале [Международная ..., 2012], определениям Ar-Ar возраста [Bindeman et al., 2010] и данным из [Борисов, 2010].

ми сторожевской свиты, выходят на поверхность в 30 км к западу от массива Большой Семячик, в зоне сочленения Восточно-Камчатского прогиба с поднятием Валагинского хребта. Возраст отложений шапинской и сторожевской свит ранее считался плиоценовым [Шанцер и др., 1980], и это подтвердилось Ar-Ar датированием — возраст игнимбригов, вскрытых на горе Стол (они относились ранее к сторожевской свите) оказался — 3.71 млн лет [Леонов и др., 2008; Bindeman et al., 2010].

Вулканический массив Большой Семячик сложен преимущественно вулканогенными породами, имеющими возраст от эоплейстоцена до голоцена (рис. 3, 4). В строении массива выделяются докальдерный, кальдерообразующий и посткальдерный комплексы пород.

Породы *докальдерного комплекса* вскрываются в западной части массива, на склонах хребта Борт, представляющего собой остаток докальдерной постройки, а также в северо-восточной части рассматриваемого района, на хребте Промежуточный. В этих местах сохранились фрагменты стратовулканов с преимущественно основным базальтовым, андезибазальтовым и андезитовым составом вулкаников. Северная часть хребта Борт — наиболее крупной вулканической постройки докальдерного этапа — сложена лавами дацитового состава. Восточная половина этой постройки опущена по разломам, ограничивающим кальдеру Большого Семячика, и скрыта под более молодыми вулканическими породами.

Породы, относящиеся к *кальдерообразующему комплексу*, представлены в основном игнимбридами, которые занимают обширные пространства вокруг массива Большой Семячик (рис. 5). Их формирование связано с крупными кальдерообразующими взрывами и образованием кальдеры Большого Семячика. Кальдеру первым выделил и описал В.И. Влодавец [Влодавец, 1958], при этом, если западные границы были очевидны и проводились по подножию хребта Борт, то восточный край кальдеры В.И. Влодавец предположительно проводил через кратеры разрушенных вулканов Бурлящий и Центральный Семячик. В.И. Влодавец также первым описал те породы, которые мы сегодня называем игнимбридами, хотя называл он их туфоловами и не связывал их образование с кальдерой Большого Семячика [Влодавец, 1953, 1957, 1958].

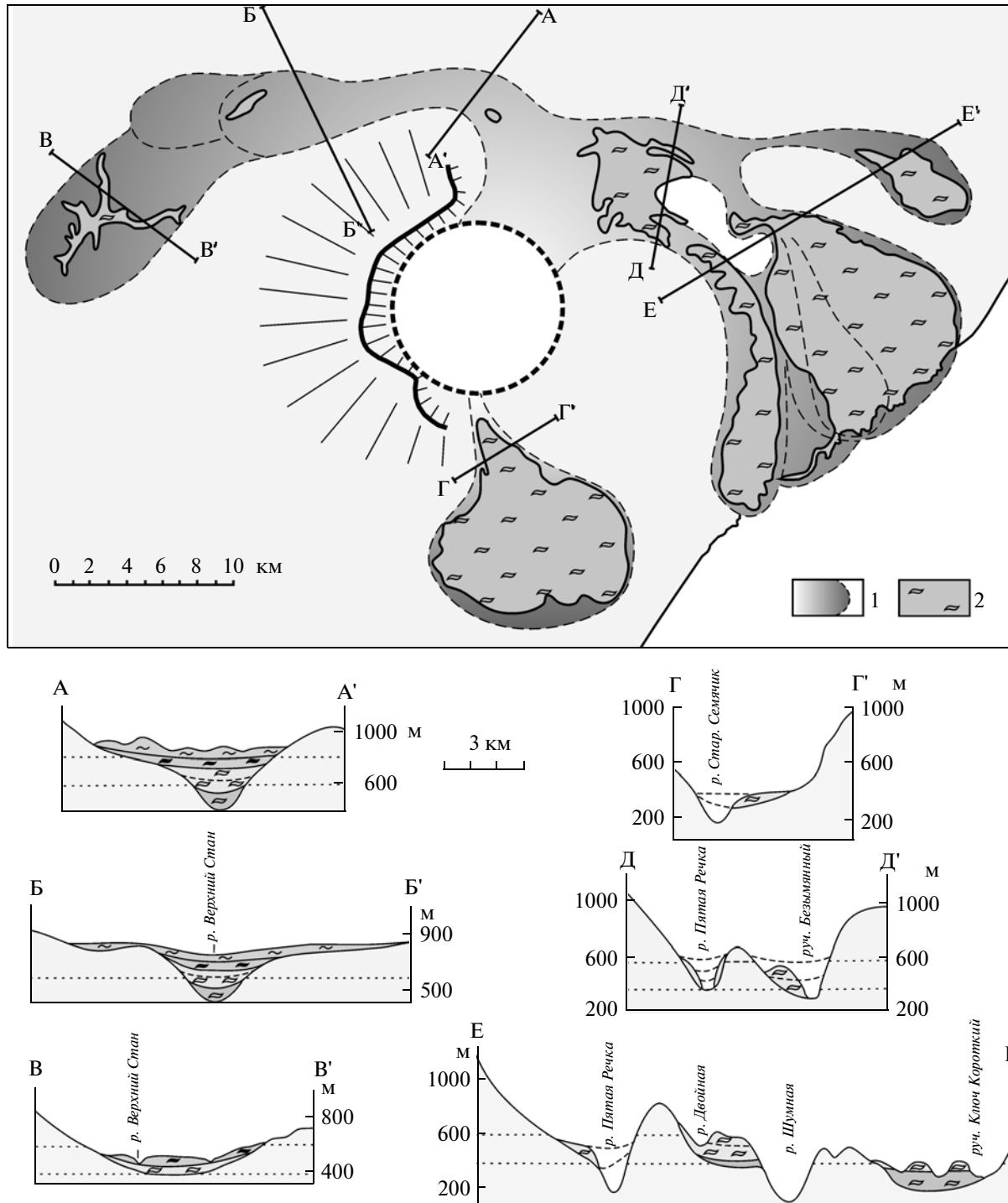
В дальнейшем детальное изучение разрезов игнимбригов, вскрывающихся на берегу Кроноцкого залива (у восточного подножия массива Большой Семячик) и в бассейне реки Верхний Стан (у западного подножия массива) провели В.С. Шеймович, О.А. Брайцева и Т.С. Краевая [Шеймович и др., 1973]. Они показали, что игнимбриговая толща состоит из нескольких самостоятельных разновозрастных горизонтов (“остывших единиц”), а между собственно игнимбридами встречаются

пачки пемзовых агломератовых туфов, тефра, погребенные почвы, а также отложения ледникового и флювиогляциального генезиса. Было также отмечено, что для всех “остывших единиц” характерно четко выраженное зональное строение: повсеместно в них наблюдаются переходы от рыхлых неспекшихся разностей до спекшихся, часто гомогенизированных, лавоподобных пород. Всего в работе [Шеймович и др., 1973] было выделено 5 “остывших единиц”, при этом формирование трех нижних из них связывалось с формированием кальдеры Большого Семячика, а двух верхних — с посткальдерным вулканизмом, хотя центров их извержения обнаружено не было.

Наши работы, проведенные в рассматриваемом районе позже, позволили сделать вывод, что наиболее молодые игнимбриды, которые ранее были отнесены к двум верхним “остывшим единицам” [Шеймович и др., 1973], необходимо относить к “узонским” игнимбридам [Гриб, Леонов, 1992; Леонов, Гриб, 1998; Леонов и др., 2000]. Они были прослежены непосредственно от борта Узон-Гейзерной депрессии на юг вплоть до массива Большой Семячик. Далее, на основе ранее проведенных нами работ, приведены краткие данные о распространении семячикских игнимбригов и строении их разрезов.

Пирокластические потоки, связанные с формированием кальдеры Большого Семячика, распространились на восток в сторону океана, а также на юг и на запад от кальдеры (см. рис. 5). Они заполняли долины близлежащих рек, по бортам которых мы сегодня видим мощные толщи вложенных в палеорельеф игнимбригов. Изучение имеющихся обнажений показывает, что игнимбриды Большого Семячика (семячикские) перекрывают игнимбриды, связанные с Карымским вулканическим центром (карымские) и, в свою очередь, перекрываются игнимбридами, которые связаны с Узон-Гейзерной депрессией (узонскими). Разрез семячикских игнимбригов состоит из серии пластов лавоподобных игнимбригов, разделенных слоями пемзовых, озерных и ледниковых отложений.

Выделяется три этапа игнимбридообразования [Гриб, Леонов, 1992]. При сопоставлении пирокластических отложений главными факторами являлись: стратиграфическое положение игнимбригов в разрезе, их структурно-текстурные характеристики, в частности, степень спекания, состав пород и особенности минералогического состава ассоциаций вкрапленников. При корреляции разрозненных разрезов пирокластических отложений особенно хорошо проявила себя зависимость степени железистости (Fm) пироксенов и концентрации в них марганца [Гриб, Леонов, 1992; Леонов, Гриб, 1998; Леонов и др., 2000].



**Рис. 5.** Схема распространения пирокластических потоков, связанных с образованием кальдеры вулканического массива Большой Семячик (вверху) и разрезы, построенные вкрест простирания отдельных потоков (внизу).

1 – предполагаемое распространение пирокластических потоков; 2 – участки, где “семячицкие” игнимбриды вскрываются на поверхности. Остальные условные обозначения см. рис. 3.

Первый этап начинался извержением риолитовых (72–74% SiO<sub>2</sub>) агломератовых туфов и умеренно спекшихся игнимбритов с кварцем и биотитом, которые встречаются к югу и к западу от

массива Большой Семячик. Они сменяются игнимбритами риодацитового (72–73% SiO<sub>2</sub>) состава, слагающими основание береговых обрывов Кроноцкого залива. Характерной их особенно-

Результаты Ar-Ar датирования вулканических пород [Леонов и др., 2008]

Номер образца	Место отбора	Порода	Ar-Ag возраст, млн лет
1990Л-101	Плато Широкое	Игнимбрит (“узонский”)	$0.278 \pm 0.017$
1990Л-8	р. Пятая речка	Игнимбрит (“семячикский”)	$0.53 \pm 0.110$
1988Л-80	р. Верхний Стан	Спекшийся туф (“семячикский”)	$0.56 \pm 0.045$
509-1	р. Корнева	Игнимбрит (“карымский”)	$1.26 \pm 0.01$

стью является кварц-пироксеновая ассоциация вкрапленников и более высокая степень спекания. Последние, в свою очередь, перекрываются массивными игнимбритами андезидацитового состава (63–64% SiO<sub>2</sub>) с дисковидными фьямме, которые отличаются присутствием большого количества (2–3% от объема пород) вкрапленников пироксена [Гриб, Леонов, 1992].

Следующий (второй) этап отличается поступлением на поверхность пирокластических отложений преимущественно риодацитового состава (69–71% SiO<sub>2</sub>). Выделяется, по крайней мере, три пирокластических потока игнимбритов лавоподобного облика с тенденцией снижения кремнекислотности в последнем потоке. Среди вкрапленников присутствует плагиоклаз, пироксен и титаномагнетит. Второй этап заканчивается извержением игнимбритоподобных пород состава основного андезита, андезибазальта (54–59% SiO<sub>2</sub>), распространившихся тонким (1–2 м) слоем на значительные расстояния. Они отличаются афировым обликом, очень тонкой пористостью и низким удельным весом для пород подобного состава.

Третий этап кальдерообразования начался после оледенения, следы которого – ледниковые отложения – мы находим в разрезах. Первые пирокластические потоки имели дацитовый состав (64–65% SiO<sub>2</sub>). Вблизи восточного борта кальдеры они сменяются игнимбритами андезитового состава (61–62% SiO<sub>2</sub>), которые отличаются значительной неоднородностью: наряду с фьямме дацитового состава в них присутствуют развальцованные включения шлаков андезибазальтового состава. Характерна плагиоклаз-пироксен-титаномагнетитовая ассоциация вкрапленников.

Возраст семячикских игнимбритов определялся ранее как средне-верхнеплейстоценовый на основе косвенных данных [Шеймович и др., 1973; Гриб, Леонов, 1992]. В последние годы получены данные Ar-Ag датирования, которые существенно изменили эти представления – возраст семячикских игнимбритов был определен: первого этапа – в 0.56 млн лет, второго этапа – 0.53 млн лет [Леонов и др., 2008; Bindeman et al., 2010]. Возраст подстилающих их игнимбритов, связанных с Карымским вулканическим центром (обнажающихся на р. Корнева), был определен в 1.26 млн лет, а воз-

раст перекрывающих их игнимбритов, связанных с Узон-Гейзерной депрессией (обнажающихся на Плато Широкое) – в 0.278 млн лет (таблица).

*Посткальдерный комплекс.* Основную часть массива Большой Семячик составляют посткальдерные образования, расположенные как за пределами кальдеры, в основном к востоку от нее, так и внутри или вблизи ее.

Среди наиболее древних вулканов посткальдерного периода выделяется пять вулканов: Проблематичный, Центральный Семячик, Попкова, Плоско-Кругленький и Бурлящий. Они во многом похожи друг на друга – все имеют относительно небольшие размеры (диаметр основания от 2 до 4 км, относительное превышение от 200 до 500 м) и представляют собой обособленные конусовидные возвышенности.

**Вулкан Проблематичный** занимает крайнюю южную часть массива Большой Семячик и является одним из самых разрушенных вулканов группы. Хорошо сохранилась его южная часть, северная – перекрыта более молодыми экструзивными куполами. Вершина представляет собой дугообразный гребень, являющийся, возможно, краем кратера. Останцы базальтовой постройки вулкана встречаются в виде локальных выходов в юго-восточном секторе массива. Они представляют собой переслаивание лавовых потоков мощностью от 1 до 5 м и грубо слоистых туфобрекчий. Выше базальтового разреза прослеживается слой туфобрекчий, туфогравелитов и туфопесчаников, содержащих обломки вспененных лав, мощностью 2 м. На них лежит серия потоков андезитов и их туфобрекчий мощностью до 100 м. Лавовые потоки бронируют восточный и южный склоны вулкана. Они, в свою очередь, перекрыты пемзовыми агломератовыми потоками, самый крупный из которых скатился в сторону океана, образовав абразионный уступ протяженностью около 2 км.

Породы центральной части вулкана Проблематичного подвержены значительной гидротермальной переработке. Это обстоятельство, в сочетании с крутыми склонами, способствовало развитию обвально-оползневых процессов. Один из крупных обвалов сошел в южном направлении в сторону реки Старый Семячик. Тело обвала имеет вид громадного языка, вытянутого на расстояние более 3 км.



**Вулкан Центральный Семячик** расположен между вулканами Зубчатка и Проблематичный. Сохранилась северо-восточная и, в меньшей степени, восточная и южная части вулкана. Западная его часть разрушена эрозией, эффект которой усилен активной гидротермальной и фумарольной деятельностью. На северном склоне вулкана расположен экструзивный купол дацитового состава (Полукупол), а в южной и восточной частях — группа верхнеплейстоцен-голоценовых куполов андезитового состава. В настоящее время в центральной разрушенной части вулкана, а также на юго-восточном его склоне, в верховьях ручья Кислого, отмечается активная гидротермальная деятельность [Вакин, 1976].

**Вулкан Попкова** расположен между небольшим куполом, получившим название “вулкан Иванова” и вулканом Восточным Бараньим. Западные и юго-западные его склоны пологие, северный и восточный — крутые. В центральной части вулкана располагается большая циркообразная котловина, представляющая собой расширенный и углубленный эрозионными процессами кратер. У подножия северо-восточного склона котловина сужается и заканчивается конусом выноса.

**Вулкан Бурлящий** расположен у западного подножия вулкана Зубчатка. С юга вулкан представляет собой пологий холм, разделенный долиной ручья Фумарольного, прорезающего его с востока на запад. Центральная часть вулкана в настоящее время является ареной мощной фумарольной деятельности, результатом которой является значительная гидротермальная переработка пород [Вакин, 1976].

**Вулкан Плоско-Кругленький** — конусовидный стратовулкан с усеченной вершиной и неглубоким кратером. Расположен в южной части массива Большого Семячика, несколько в стороне от основной группы вулканов. Морфологически представляет собой конусовидную гору, склоны которой рассечены неглубокими барранкосами. Отчетливо видна серия региональных трещин, пересекающих вершину вулкана. Вероятно, в вершинной части существовал молодой шлаковый конус, но он не сохранился. Отмечаются только шлаковые осыпи на склонах и валы на вершине вулкана.

Более молодую группу составляют вулканы Западный Бараний, Восточный Бараний и Зубчатка (Большой Семячик).

**Вулкан Западный Бараний** расположен в центре кальдеры Большого Семячика и практически полностью заполняет ее. Диаметр его основания достигает 6–7 км, а абсолютная отметка его вершины — 1426 м. Вулкан является сложным сооружением, в строении которого выделяются: доледниковое основание, образующее плато к юго-за-

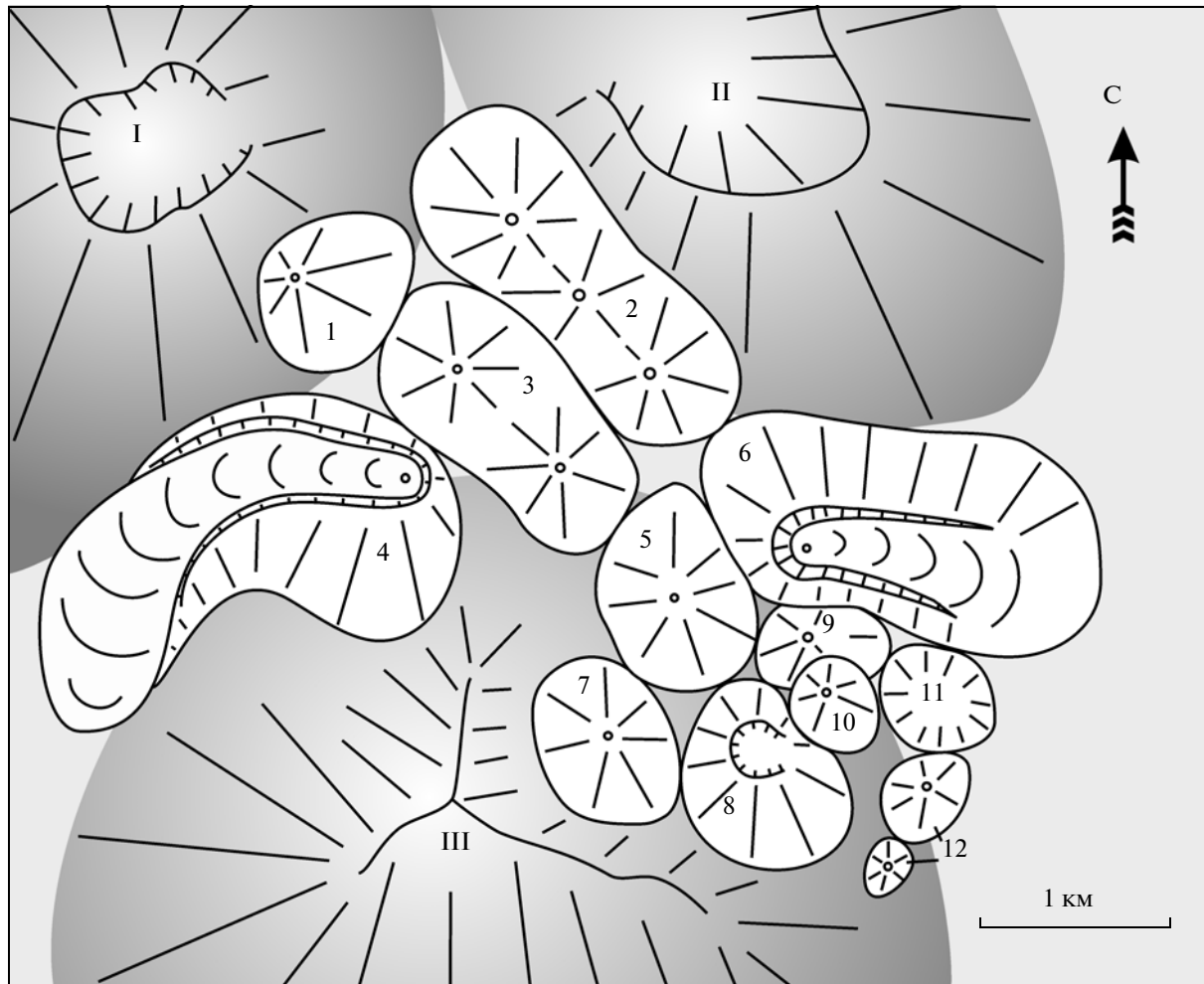
паду от вершины вулкана, конус основной постройки, а также серия лавовых потоков в западной части конуса, формирование которых происходило в послеледниковое время. Основание вулкана вскрывается с юго-западной стороны от вершины вулкана в левом борту и в русле реки Старый Семячик. Оно представляет собой серию платообразных лавовых потоков андезибазальтов и их туфобрекчий, которые в верхней части разреза переслаиваются с тонкослоистыми пепловыми и псефитовыми озерными туфами, заполняющими кальдеру. К западу от вулкана, перекрывая лавы основания, располагается обширное поле ледниковых отложений, относящихся ко второй фазе верхнечетвертичного оледенения. Отчетливо фиксируется конечная морена.

Современный конус вулкана сложен преимущественно субафировыми дацитами. В нижней части разреза конуса встречаются черные афировые андезиты, образующие слой мощностью 5–7 м. Лавовые потоки разделяются пачками агломератовых туфов мощностью 5–10 м. Лавы отличаются флюидальной текстурой. Степень кристалличности лав изменяется от первых процентов до 20% в последних потоках дацитов

В привершинной части вулкана расположены обширные поля гидротермально измененных пород. На южном склоне выделяется два небольших экструзивных купола, а на восточном склоне расположен вулкан **Восточный Бараний**, являющийся побочным образованием вулкана Западный Бараний. Купола сложены преимущественно лавами и туфобрекчиями андезитового состава.

**Вулкан Зубчатка** (Большой Семячик) расположен в северо-восточной части массива и является наиболее крупным, как по высоте, так и по диаметру основания. Свежий облик лав и молодые формы рельефа свидетельствуют о его более молодом возрасте по сравнению с другими вулканами массива Большого Семячик. В то же время, вулкан доледниковый — его постройка сильно разрушена процессами ледниковой эрозии, в результате чего на склонах образовалась серия каров. В северо-западном каре лежит современный ледник Карпинского. В стенках каров вскрывается разрез вулкана, представленный переслаиванием потоков лав и пирокластического материала.

Все описанные стратовулканы имеют одинаковое строение; разрезы представлены чередованием маломощных (1–3 м) лав и мощных пачек грубослоистых туфобрекчий и туфоагломератов. Продукты взрывной деятельности преобладают над лавовым материалом. Коэффициент взрывности составляет 60–70%. Более мощные пачки пирокластических отложений приурочены к низам разрезов, выше по разрезу происходит более равномерное переслаивание их с лавовыми потоками. Слоистые толщи вулканов



**Рис. 6.** Группа вулканических куполов, расположенных в юго-восточной части массива Большой Семячик. I–III – вулканы: Попкова (I), Центральный Семячик (II), Проблематичный (III). Арабскими цифрами обозначены купола (названия по [Влодавец, 1958]): 1 – “Вулкан Иванова”, 2 – Купол “со щитом” и его ряд, 3 – Купол “с пемзой” и его ряд, 4 – Корона, 5 – Перемычка, 6 – Еж, 7 – Южно-Центральный, 8 – Купол “с кратером”, 9 – Черный, 10 – Крутой, 11 – Скалистый, 12 – Овальные.

рассечены крутопадающими дайками мощностью от долей метра до 2–3 м, а в центральной части вулкана Попкова обнажено субвулканическое тело, являющееся, очевидно, некком. Лавы вулканов Центральный Семячик, Попкова, Зубчатка и Проблематичный представлены преимущественно высокоглиноземистыми двупироксен-плагиоклазовыми и, в меньшей степени, двупироксен-оливин-плагиоклазовыми базальтами. При этом в основании разреза развиты черные массивные разности с умеренным содержанием (15–20% от объема породы) вкрапленников. Структура пород порфиоровая, основной массы – интерсертальная.

**Экструзивные купола.** К этой группе относятся многочисленные мелкие вулканические постройки, преимущественно лавовые купола. Среди них выделяются, с одной стороны, купола верхнеплейстоцен-голоценового возраста, имеющие

андезитовый состав. Они расположены к востоку от кальдеры, за ее пределами. С другой стороны, выделяется группа куполов и связанных с ними лавовых потоков, расположенных на краю кальдеры. Эти вулканические постройки имеют риодацитовый состав.

Большая часть куполов первой группы расположена компактно между вулканами Проблематичный и Центральный Семячик (рис. 6). Впервые они были описаны В.И. Влодавцем [Влодавец, 1958]. Купола представляют собой слившиеся основания крутостенные постройки со сглаженными склонами. Диаметр их изменяется от 500 до 700 м, относительные превышения составляют 100–150 м.

Купола сложены относительно кислыми (59–63%  $\text{SiO}_2$ ) андезитами серого цвета, отличительной особенностью которых является присутствие

среди фенокристаллов оплавленных трещиноватых зерен кварца, крупных (до 6–8 мм) кристаллов плагиоклаза, пироксена и округлых включений базальта, размером от долей см до 10 см. Эти особенности не характерны для андезитов купола Южно-Центрального. По петрографическим признакам, минеральному составу (отсутствие вкрапленников кварца) и пространственному положению лавы этого купола ближе к андезитам вулкана Проблематичный и, возможно, являются фрагментом этого вулкана, отчлененным разломом.

Среди куполов выделяется группа молодых образований, имеющих позднеголоценовый возраст. Это купола Еж, Корона, Скалистый, Черный, Крутой и Иванов. Четыре последних представляют собой крутостенные лавовые монолиты, окруженные брекчиевой мангией. С куполом Скалистым связаны отложения направленного взрыва с гигантскими глыбами, рассеянными на большой площади с его юго-восточной стороны. Возраст купола Скалистого оценивается в несколько сот лет (В.В. Пономарева, устное сообщение). С вулканическими постройками Еж и Корона связаны мощные (до 100 м) лавовые потоки протяженностью 2 км, на которых сохранились валы и борозды течения. Молодые голоценовые купола сложены андезитами, более основными по составу, чем верхнеплейстоценовые (57–59%  $\text{SiO}_2$ , на куполе Корона – до 61–63%). Это темно-серые породы с порфиоровыми выделениями плагиоклаза, пироксена, титаномагнетита и редкими вкрапленниками оливина в наиболее основных разностях. Структура основной массы микролитовая, пилотакситовая. Видимые включения базальтов отсутствуют, однако, местами отмечается неоднородность основной массы.

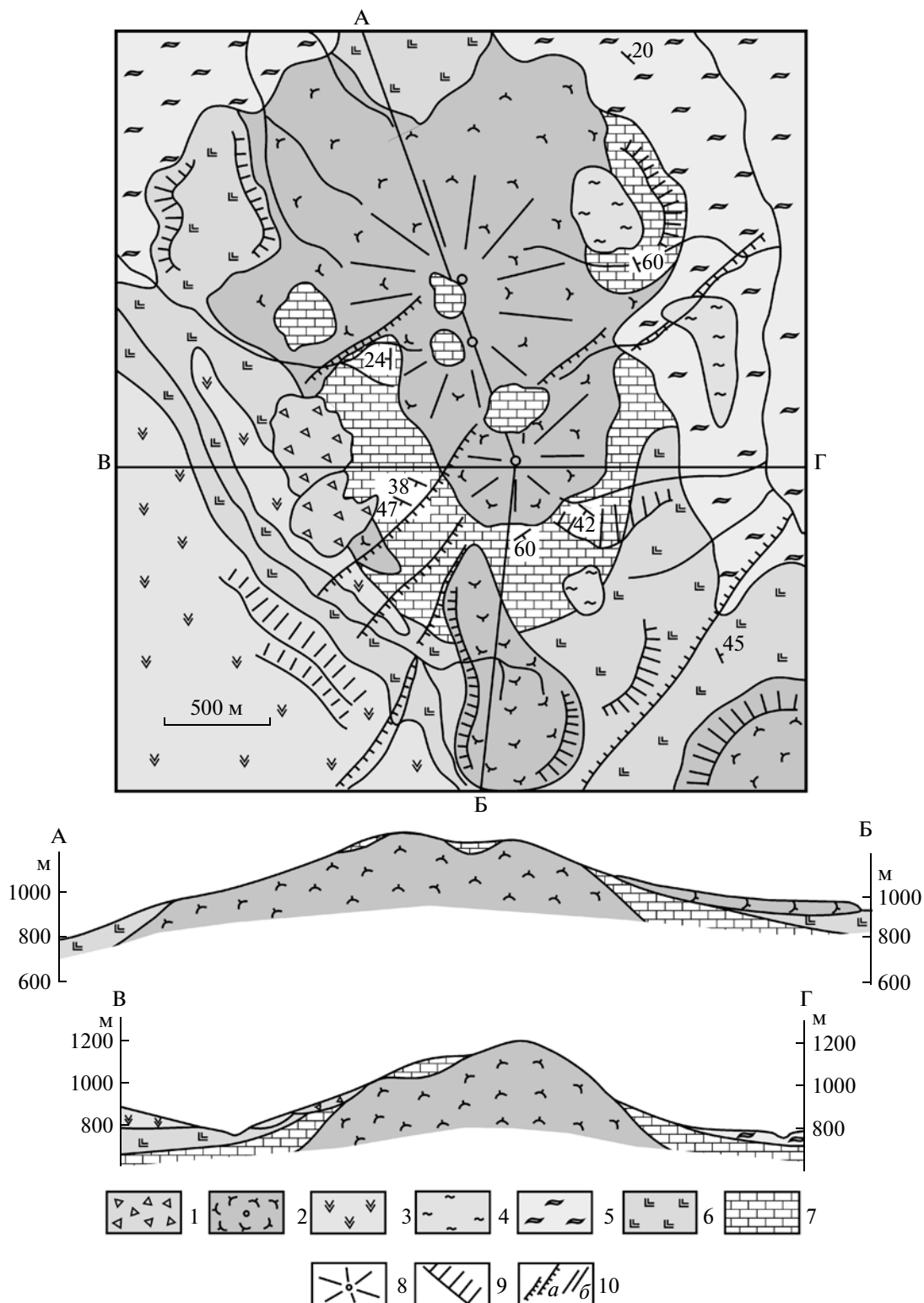
К вулканическим постройкам, связанным с кальдерой, относятся купола и лавовые потоки риодацитового состава, приуроченные к бортам кальдеры (экструзивные купола Кулакова и Опальный, а также лавовые потоки северо-западного склона вулкана Попкова).

**Купол Кулакова** расположен в северной части массива Большой Семячик на кольцевом разломе, ограничивающем кальдеру. Он представляет собой конусовидную постройку с максимальной абсолютной отметкой 1226 м и относительным превышением около 600 м (рис. 7). Вершина купола сложена массивными риодацитами серого цвета с крупными кристаллами кварца и плагиоклаза. Минералы-вкрапленники (15–20% от объема породы) представлены плагиоклазом, пироксеном, роговой обманкой и титаномагнетитом. Структура основной массы аллотриоморфнозернистая, микрогранофирровая. Вблизи южного подножия купола сохранились фрагменты лавового потока (мощность 15–25 м) флюидальных сахаровидных риодацитов розовато-серого цвета

с характерными для кислых потоков полосчатыми текстурами. В лавах потока количество роговой обманки значительно ниже, чем в породах купола. В риодацитах в большом количестве присутствуют включения базальтового состава. В лавах потока количество роговой обманки значительно ниже. Внедрение вершинных риодацитов сопровождалось воздыманием более ранних образований и формированием резургентного купола диаметром около 3 км. Озерные отложения, заполнившие кальдеру после извержения игнибритов, и перекрывающие их лавы вулкана Западный Бараний (андезибазальты и черные афировые андезиты), оказались поднятыми на несколько сот метров (см. рис. 7). Псефитовые и алевропелитовые туфы по периметру купола имеют периклинальное залегание с углами наклона 30–40°. В привершинной части купола и в глубоких врезях ручья на северном его склоне блоки озерных туфов и черных афировых андезитов имеют наклон до 60–70°. Они пронизаны перьевидными внедрениями риодацитов с микрогранофирровой структурой. Внедрение массивных риодацитов произошло, очевидно, в виде штока диаметром порядка 1 км, что и вызвало воздымание заполнивших кальдеру отложений.

**Купол Опальный** округлой формы расположен на северо-восточных склонах вулкана Восточный Бараний, рядом с куполом Кулакова (см. рис. 2, 3). Диаметр его основания – около 1 км. Он сложен сахаровидными риодацитами желтовато-серого цвета мощностью от 20 до 150 м с большим количеством фенокристаллов плагиоклаза, редкими – кварца и роговой обманки. Текстура пород – слабопористая, структура – порфиоровая (15% от объема породы), основной массы – стекловатая, местами сферолитовая.

**Поток риодацитов вулкана Попкова** расположен на его северо-западном склоне (см. рис. 2, 3). Лавы внедрились в привершинной части вулкана и широким языком спустились к подножию, часть лав распространилась в южном направлении на расстояние до 3 км. Максимальная мощность лав на северо-западном склоне достигает 100 м, во фронтальной части – 50 м. Поверхность потока имеет ступенчатый профиль и слабо затронута эрозией. Лавы имеют флюидальную текстуру, в верхней части они полосчатые: вспененные прослои чередуются со стекловатыми и сферолитовыми разностями. В основании потока залегают массивные риодациты зеленовато-серого цвета, содержащие большое количество включений базальтового состава. Вкрапленники представлены плагиоклазом, пироксеном, титаномагнетитом, во включениях базальта встречаются редкие субфенокристаллы оливина.



**Рис. 7.** Схема геологического строения купола Кулакова.

1 – обвально-осыпные отложения ( $Q_4$ ); 2 – лавы риолитового состава ( $Q_4$ ); 3 – лавы андезитового, андезидацитового состава, их туфы и туфобрекчии (вулкан Западный Бараний) ( $Q_3^4$ ); 4 – игнимбриты, связанные с Узон-Гейзерной депрессией (“узонские верхние”) ( $Q_3$ ); 5 – игнимбриты, связанные с Узон-Гейзерной депрессией (“узонские нижние”) ( $Q_2$ ); 6 – лавы андезитового, андезидацитового состава, слагающие основание вулкана Западный Бараний ( $Q_2$ ); 7 – песчаники, алевролиты, туфы – озерные отложения, заполняющие кальдеру Большого Семьячика ( $Q_{1-2}$ ); 8 – центры крупных вулканических построек; 9 – крупные эрозионные уступы; 10 – сбросы (а), трещины (б).

## ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ПОЗИЦИИ ВУЛКАНОВ И ТЕРМОПРОЯВЛЕНИЙ ВУЛКАНИЧЕСКОГО МАССИВА БОЛЬШОЙ СЕМЯЧИК

Ранее нами было показано [Леонов, 1991], что гидротермальная деятельность, в том числе и проявленная в районе Большого Семячика, как бы фокусирует в себе длительные направленные процессы тектоно-магматической активности, наиболее ярко проявляющиеся в зонах крупных разломов северо-восточного простирания, секущих под острым углом вулканические пояса. Работа Ю.Ф. Мороза [1991], в которой на основе интерпретации данных глубинных электромагнитных зондирований с привлечением всей, полученной в последние годы, геофизической информации, был показан рельеф поверхности, отождествляемой с докайнозойским (верхнемеловым) комплексом, позволила еще более конкретизировать структурную позицию вулканов и гидротермальных систем в рассматриваемом районе. Стало понятным, что позицию вулканов на центральном участке Восточной Камчатки определяют разломы, ограничивающие с юго-востока Восточно-Камчатский прогиб (см. рис. 1) [Леонов, 2001].

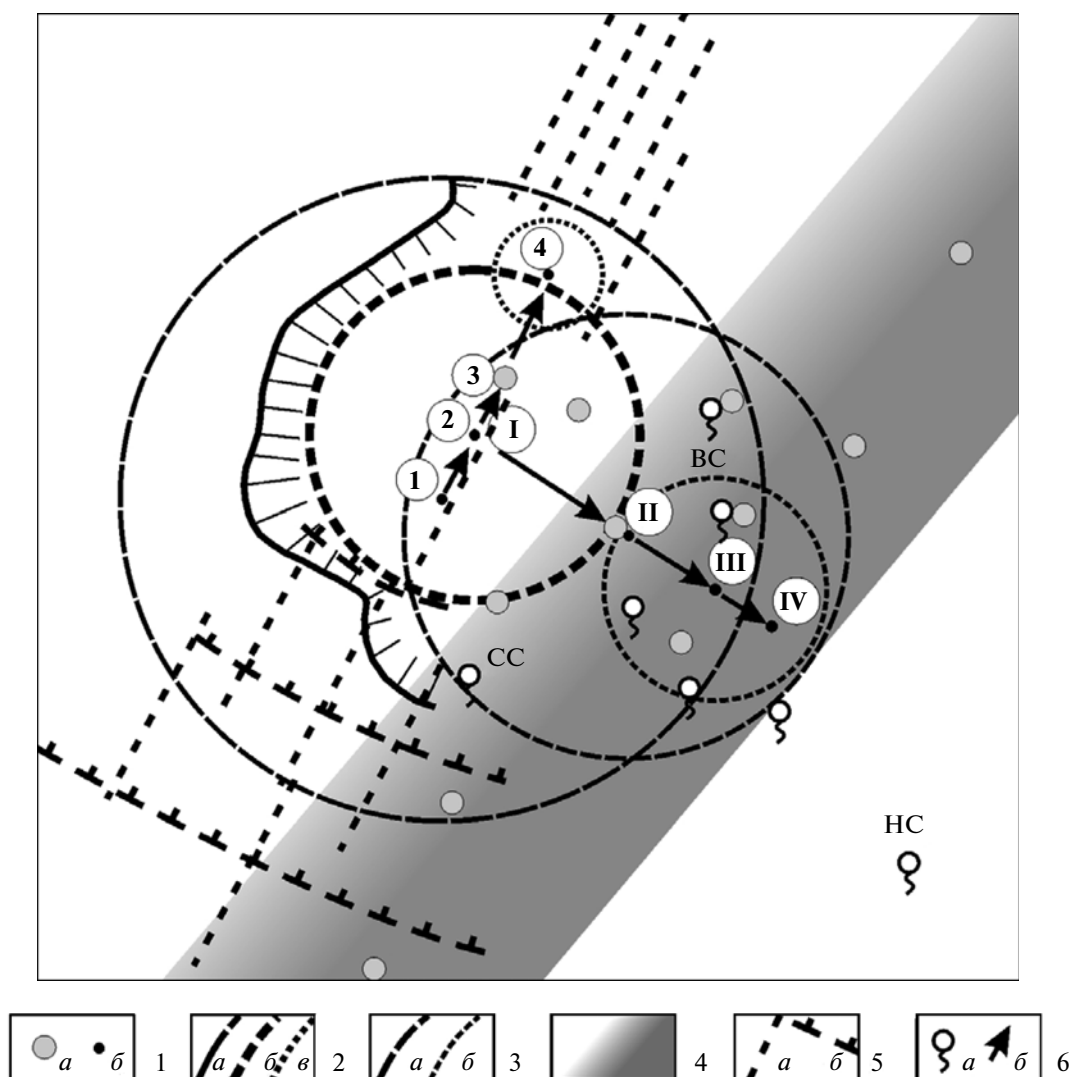
По данным Ю.Ф. Мороза [1991], кровля мелового фундамента в пределах Восточно-Камчатского прогиба погружена на 3–4 км, кровля кристаллического фундамента – на 6–7 км. Прогиб вытянут в северо-восточном направлении почти на 300 км, ширина его меняется от 30 до 50 км. Северо-западная граница прогиба отчетливо выражена в рельефе – это одновременно юго-восточная граница Восточного хребта Камчатки, в пределах которого породы докайнозойского основания выходят на поверхность. Юго-восточная граница прогиба в рельефе не проявлена. Ее перекрывают широко развитые на центральном участке Восточной Камчатки вулканогенные породы преимущественно позднечетвертичного возраста. В поле развития этих пород отчетливо проявлены молодые, позднелайстоцен-голоценовые разрывы, которые имеют северо-северо-восточное простирание и образуют несколько групп, расположенных кулисообразно друг относительно друга, а в целом вытягиваются полосой северо-восточного простирания, примерно совпадающей с юго-восточной границей прогиба. В этой же полосе расположены наиболее крупные вулканические центры, с которыми связаны комплексы кальдер и обширные поля пемз и игнимбритов (см. рис. 1). С тремя из этих центров – Карымским, Больше-Семячским и Узон-Гейзерным – связаны высокотемпературные гидротермальные системы (Карымская, Семячская, Гейзерная и Узонская).

На расположение вулканов и термопроявлений на центральном участке Восточной Камчатки оказывают влияние также крупные структуры,

занимающие секущее положение по отношению к разломам, ограничивающим прогиб. В Карымском центре – это разлом меридионального простирания [Влодавец, 1947; Иванов, 1970], в Больше-Семячском центре – северо-северо-западного простирания [Набоко, 1964; Вакин, 1976], в Узон-Гейзерном центре – субширотный разлом [Заварицкий, 1937; Шанцер, 1979]. Узлы пересечения этих разломов с глубинными проницаемыми зонами северо-восточного простирания и являются местами сосредоточения наиболее интенсивной вулканической и гидротермальной деятельности. Термопроявления известных гидротермальных систем, расположенных в этих узлах, образуют группы, вытянутые в большинстве случаев вдоль секущих разломов. В частности, на приуроченность термальных полей и гидротермально измененных пород в районе массива Большой Семячик к полосе северо-северо-западного простирания указывал Е.А. Вакин [1976].

В работе [Леонов, 2001] был сделан вывод, что наклон разломов, ограничивающих прогибы фундамента, определяет направление латеральных смещений вулканической и гидротермальной деятельности, из-за чего термопроявления, в частности, могут вскрываться на значительном расстоянии в стороне от вулканических построек, с которыми они связаны. В районе Большого Семячика термопроявления вскрываются как в привершинной части постройки, так и в зоне подножия вулканического массива, где расположены Нижне-семячские термальные источники (см. рис. 1, 2).

Рассмотрим структурные условия, в которых проявляется вулканическая и гидротермальная деятельность на массиве Большой Семячик, более подробно. На рис. 8 показаны основные элементы структуры – докальдерная постройка (хр. Борт), кальдера, вулканы и экструзивные купола, сформировавшиеся на посткальдерном этапе. Как видно из рисунка, намечается две цепочки последовательного формирования структур. Первая цепочка (цифры в кружках от 1 до 4) отражает последовательное смещение центров вулканической деятельности вдоль зоны новейших разрывов (на северо-северо-восток). К этой цепочке принадлежат: центр докальдерной постройки – вулкан хр. Борт (1), центр кальдеры Большого Семячика (2), вулкан Западный Бараний – наиболее крупная постройка, сформировавшаяся в кальдере (3) и Купол Кулакова (4). Необходимо отметить, что в тылу этой цепочки, на ЮЮЗ-ных склонах докальдерной постройки сформировалась серия поперечных сбросов, которые выражены в рельефе уступами, обращенными крутой стороной на ССВ (см. рис. 3). Мы полагаем, что формирование этих сбросов, как и смещение центров вулканической деятельности на ССВ, связано с вероятной миграцией на ССВ магмы в недрах массива Большой Семячик.



**Рис. 8.** Схема структурной локализации центров вулканической и гидротермальной деятельности в районе массива Большой Семячик.

1 — центры вулканических построек (*a*) и вулканических полей или реконструируемых построек (*б*); 2 — границы докальдерной постройки (хр. Борт) (*a*), кальдеры (*б*), посткальдерного поднятия Купола Кулакова (*c*); 3 — границы области, в которой сконцентрированы вулканы посткальдерного этапа (*a*) и области, где расположены наиболее молодые экструзивные купола (*б*); 4 — зона, в которой расположение центров вулканической деятельности контролируется региональными разломами северо-восточного простирания; 5 — новейшие разломы северо-северо-восточного (*a*) и запад-северо-западного (*б*) простирания; 6 — группы термальных источников и паровых струй (*a*), направления, в которых происходила последовательная миграция центров вулканической деятельности (*б*). Цифрами в кружках (1–4 и I–IV) обозначены два направления миграции — подробности в тексте. Остальные условные обозначения см. рис. 2, 3.

Вторая цепочка, которая также проявлена отчетливо в пределах массива, отражает миграцию центров вулканической деятельности на юго-восток (цифры в кружках от I до IV). Эта цепочка прослеживается от кальдеры (I) к центру области распространения посткальдерных вулканов (область, где расположены вулканы Бурлящий, Цен-

тральный Семячик, Проблематичный, Попкова, Плоско-Кругленький, Западный Бараний и Восточный Бараний) (II). Далее она трассируется к центру области развития экструзивных куполов, сформировавшихся в заключительную стадию деятельности посткальдерных вулканов (III) и к наиболее молодым куполам в этой области (и наиболее

молодым проявлениям вулканической деятельности на массиве Большой Семячик в целом) — куполам Черный, Крутой, Скалистый (IV).

Вулкан Зубчатка, а также небольшие вулканы, расположенные в южной части массива и на северо-востоке от него, на хр. Промежуточном, не попадают в рассмотренные цепочки и формируют собственную зону концентрации центров вулканической деятельности, имеющую северо-восточное простирание (см. рис. 8). Эта зона пересекает массив Большой Семячик и выходит далеко за его пределы. На северо-востоке она трассируется на вулкан Кихпинич, а на юго-западе — на вулкан Малый Семячик (см. рис. 1). Эта зона, по-видимому, связана с разломами, ограничивающими с юго-востока Восточно-Камчатский прогиб [Мороз, 1991], который был описан выше.

Особенностью современной гидротермальной деятельности на массиве Большой Семячик является то, что она проявлена за пределами кальдеры — термопроявления расположены либо в разрушенных кратерах мелких вулканов (Бурлящий, Центральный Семячик), либо у их подножия (вулканы Плоско-Кругленький, Проблематичный). В целом, термопроявления вскрываются в дугообразном секторе, расположенном к юго-востоку от кальдеры (см. рис. 2). Внутри кальдеры на вулканах Западный Бараний и Восточный Бараний широко проявлены поля гидротермально-измененных пород, но современных термопроявлений там не сохранилось. То есть, в отношении гидротермальной деятельности также можно сказать, что она со временем сместилась на юго-восток, в том же направлении, в котором происходило смещение вулканической деятельности в цепочке I—IV.

Описанные закономерности, как нам представляется, не случайны, и во многом определяются тем, что массив Большой Семячик расположен над наклонной зоной магмоподводящих разломов, ограничивающих с юго-востока Восточно-Камчатский прогиб. Являясь наиболее проницаемым участком верхней части земной коры, эта зона обеспечивает благоприятные условия для подъема магмы, контролирует расположение подводящих каналов и магматических очагов. Наклон зоны приводит к тому, что магма и флюиды, поднимаясь с глубины к поверхности, отклоняются к востоку — юго-востоку, где и расположены сегодня наиболее молодые проявления вулканической деятельности и современные термопроявления.

Большое влияние на расположение центров вулканической деятельности на массиве Большой Семячик оказывала также зона разломов северо-северо-восточного простирания. В период формирования кальдеры и в дальнейшем, на посткальдерном этапе, вдоль этой зоны происходила последовательная миграция вулканической деятельности на северо-северо-восток. В то же

время, отсутствие в этой зоне проявлений вулканизма позднеплейстоцен-голоценового возраста и современных термопроявлений свидетельствуют о том, что магматические очаги, с которыми было связано формирование кальдеры и, в дальнейшем, внедрение экструзивных куполов риолитового состава, в настоящее время остыли.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье подведены итоги многолетних работ, которые провели авторы в районе вулканического массива Большой Семячик на Камчатке. Несмотря на то, что этот район изучался многими исследователями, в истории его развития, причинах возникновения многочисленных и разнообразных вулканических построек, слагающих массив, условиях возникновения одной из крупнейших на Камчатке высокотемпературных гидротермальных систем, связанной с массивом, остается еще немало загадок. Полученные в последние годы Ar-Ar датировки ряда вулканогенных пород Восточной Камчатки позволили с новых позиций подойти к рассмотрению вопросов стратиграфии района, истории становления массива, составить новую геологическую карту. Эти материалы и изложены в статье. Результаты изучения вулканогенных пород, слагающих район, вопросы их происхождения будут рассмотрены в следующих публикациях.

На основе современных датировок вулканических пород района, история становления вулканического массива Большой Семячик сегодня восстанавливается с эоплейстоцена до голоцена. Уточнен объем выделенных ранее докальдерного, кальдерообразующего и посткальдерного комплексов пород. Впервые приводится карта распространения пород, связанных с кальдерообразующим этапом развития района. Эти породы представлены в основном игнимбритами, которые занимают обширные пространства вокруг массива Большой Семячик. Выделено три этапа игнимбритообразования. Возраст семячских игнимбритов определен: первого этапа — 0.56 млн лет, второго этапа — 0.53 млн лет.

Дана детальная характеристика посткальдерных образований, среди которых выделены две группы вулканов и группа экструзивных куполов. К группе наиболее древних вулканов посткальдерного периода отнесены пять вулканов: Проблематичный, Центральный Семячик, Попкова, Плоско-Кругленький и Бурлящий. Более молодую группу составляют вулканы Западный Бараний, Восточный Бараний и Зубчатка (Большой Семячик). Среди мелких вулканических построек выделяются, с одной стороны, группа экструзивных куполов и связанных с ними лавовых потоков, расположенных на краю кальдеры и имеющих риодацитовый состав, и, с другой стороны — купола, расположен-

ные вне кальдеры, к юго-востоку от нее, которые имеют верхнеплейстоцен — голоценовый возраст и андезитовый состав.

Изучение особенностей распространения центров вулканической деятельности в районе массива Большой Семячик позволило нам сделать вывод о том, что идет последовательное их смещение как на северо-северо-восток, так и на юго-восток. Первое направление прослеживается в расположении кальдеры относительно крупного докальдерного вулкана (хр. Борт) и в расположении центров вулканической деятельности, возникших внутри кальдеры на посткальдерном этапе. Второе направление установлено по смещению основной части посткальдерных вулканов и экструзивных куполов к юго-востоку. В этом же направлении, на юго-восток, сместились центры гидротермальной активности. Основные современные термопроявления — группы паровых струй, термальные источники, прогретые площадки, расположены в юго-восточной части массива, в то время как в пределах кальдеры остались лишь поля гидротермально-измененных пород (современная гидротермальная деятельность внутри кальдеры не проявлена). Сделан вывод, что эти закономерности не случайны, и определяются наклоном магмоподводящих разломов. Наклон их обусловлен тем, что они ограничивают с юго-востока крупный, выделенный ранее по геофизическим данным [Мороз, 1991], прогиб фундамента. Наклон разломов приводит к тому, что магма и флюиды, поднимаясь с глубины к поверхности, отклоняются к востоку — юго-востоку, где и расположены сегодня наиболее молодые проявления вулканической деятельности и современные термопроявления.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 11-05-00602-а и проектов ДВО РАН № 09-III-A-08-424 и № 12-III-A-08-171, а также при финансовой поддержке Министерства образования и науки в рамках программы стратегического развития Камчатского государственного университета имени Витуса Беринга на 2012-2016 годы и государственного задания № 5.3799.2011.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аверьев В.В., Богоявленская Г.Е., Брайцева О.А. и др.* Вулканизм и гидротермы Узон-Семячинского геотермального района на Камчатке // Вулканизм и глубины Земли: Материалы III Всесоюзного вулканологического совещания, 26–31 мая 1969 г. М.: Наука, 1971. С. 207–211.
- Борисов Б.А.* Об изменении уровня нижней границы четвертичной системы и уточнении возраста границ ее основных подразделений // Региональная геология и металлогения. 2010. № 41. С. 26–28.
- Брайцева О.А., Мелекесцев И.В.* Связь строения и рельефа поверхности четвертичных пирокластических покровов (Восточная Камчатка) // Кислый вулканизм. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1973. С. 120–135.
- Вакин Е.А.* Гидротермы вулканического массива Большой Семячик // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 212–236.
- Влодавец В.И.* Вулканы Карымской группы // Тр. Камчатской вулканол. станции. Вып. 3. 1947. С. 3–48.
- Влодавец В.И.* Вулканы Советского Союза. М.: Географгиз. 1949. 164 с.
- Влодавец В.И.* О некоторых семячинских туфолавах и их происхождении // Изв. АН СССР. Сер. геол. № 3. 1953. С. 96–106.
- Влодавец В.И.* О происхождении пород, обычно называемых туфолавами и игнимбритами // Тр. Лаб. вулканологии. 1957. Вып. 14. С. 3–16.
- Влодавец В.И.* Вулканы и вулканические образования Семячинского района // Тр. Лаб. вулканол. АН СССР. 1958. Вып. 15. 197 с.
- Вулканизм, гидротермальный процесс и рудообразование. М.: Недра, 1974. 262 с.
- Иванов Б.В.* Извержение Карымского вулкана в 1962–1965 гг. и вулканы Карымской группы. М.: Наука, 1970. 135 с.
- Гриб Е.Н., Леонов В.Л.* Игнимбиты кальдеры Большой Семячик (Камчатка): состав, строение, условия образования // Вулканология и сейсмология. 1992. № 5/6. С. 34–50.
- Заварицкий А.Н.* Линейное расположение вулканов Камчатки // Тез. докл. на Междунар. геол. конгрессе, XVII сессия, СССР, 1937 г. М.: ОНТИ, 1937. С. 137.
- Леонов В.Л.* О некоторых закономерностях развития гидротермальной и вулканической деятельности на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 1991. № 2. С. 28–40.
- Леонов В.Л.* О влиянии мощности и скорости растяжения земной коры на характер развития вулканической и гидротермальной деятельности // Вулканология и сейсмология. 1992. № 4. С. 56–62.
- Леонов В.Л.* Региональные структурные позиции высокотемпературных гидротермальных систем на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 2001. № 5. С. 32–47.
- Леонов В.Л., Гриб Е.Н.* Вулкан Большой Семячик // Действующие вулканы Камчатки: в 2-х т. Т. 2. М.: Наука, 1991. С. 144–157.
- Леонов В.Л., Гриб Е.Н.* Кальдеры и игнимбиты Узон-Семячинского района, Камчатка: новые данные по результатам изучения разрезов Плато Широкое // Вулканология и сейсмология. 1998. № 3. С. 41–59.
- Леонов В.Л., Гриб Е.Н., Карташева Л.А.* Расчленение игнимбитов и оценка объемов магмы, выброшенной при игнимбитообразующих извержениях на Восточной Камчатке // Вулканология и сейсмология. 2000. № 5. С. 3–18.
- Леонов В.Л., Биндеман И.Н., Розозин А.Н.* Новые данные по Аг-Аг датированию игнимбитов Камчатки // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы конференции, посвященной Дню вулканолога, 27–29 марта 2008 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2008. С. 187–196.



Международная стратиграфическая шкала // Международная комиссия по стратиграфии – <http://www.stratigraphy.org/ICS%20chart/ChronostratChart2012.jpg>

Мороз Ю.Ф. Строение осадочно-вулканогенного чехла Камчатки по геофизическим данным // Тихоокеанская геология. 1991. № 1. С. 59–67.

Муравьев Я.Д., Егоров О.Н. Термальные источники в среднем течении р. Старый Семячик // Вопросы географии Камчатки. Вып. 10. 1989. С. 131–135.

Набоко С. И. Современные вулканы и газо-гидротермальная деятельность // Геология СССР. М.: Недра, 1964. Т. 31. Ч. I. С. 303–372.

Новограбленов П.Т. Каталог вулканов Камчатки // Известия Государственного географического общества. Т. 64. Вып. 1. 1932. С. 88–99.

Святловский А.Е. Атлас вулканов СССР. М.: Изд-во АН СССР. 1959. 175 с.

Шанцер А.Е. Некоторые особенности эволюции тектоно-магматических структур Камчатки в зависимости от ее блокового строения и движения блоков в позднем кайнозое // Бюл. вулканол. ст., 1979. № 57. С. 53–65.

Шанцер А.Е., Краевая Т.С. Формационные ряды наземного вулканического пояса (на примере позднего кайнозоя Камчатки). М.: Наука, 1980. 164 с.

Шеймович В.С., Брайцева О.А., Краевая Т.С. Четвертичные игнимбриты Семячинского района на Камчатке // Кислый вулканизм. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1973. С. 110–120.

Эрлих Э.Я., Брайцева О.А., Богоявленская Г.Е. Геологическая история и вулканизм Узонско-Гейзерной депрессии и сравнение ее со смежными вулканотектоническими депрессиями Восточной Камчатки // Вулканизм, гидротермальный процесс и рудообразование. М.: Недра, 1974. С. 60–69.

Ястребов Е.В. Группа вулканов Большого Семячика // Известия Всесоюзного географического общества. Т. 85. Вып. 5. 1953. С. 588–595.

Bindeman I.N., Leonov V.L., Izbekov P.E. et al. Large-volume silicic volcanism in Kamchatka: Ar–Ar, U–Pb ages, isotopic, and geochemical characteristics of major pre-Holocene caldera-forming eruptions // J. Volcanol. Geotherm. Res. 2010. V. 189. № 1–2. P. 57–80.

## The Bol'shoi Semyachik Volcanic Massif, Kamchatka: Geological Structure and Structural Setting

© 2014 г. V. L. Leonov and E. N. Grib

*Institute of Volcanology and Seismology, Far East Branch, Russian Academy of Sciences,  
Petropavlovsk-Kamchatskii, bul'var Piipa 9, 683006 Russia*

*e-mail: lvl@kscnet.ru*

Received February 26, 2013

**Abstract**—We provide new evidence that bears on the geological structure, history of evolution, and structural setting for the Bol'shoi Semyachik Volcanic Massif in Kamchatka. The new Ar–Ar results for dating of volcanic rocks allowed significant advances in updating the stratigraphy and history of the evolution of the area of study. We discuss the distribution of centers of volcanic and hydrothermal activity in the Bol'shoi Semyachik Massif area. The distribution suggests that the volcanism in the area is progressively migrating southeastward. It is shown that all thermal occurrences, such as sets of steam jets, thermal springs, and heated patches (evidence of present-day activity), are also displaced into the southeastern part of the massif. It was concluded that these patterns are not accidental, but are controlled by dipping magma-conducting and fluid-conducting faults that bound a major basement low on the southeast. The low had been identified earlier from geophysical observations. The dip gives the result that the magma and fluids rise to the surface and simultaneously deviate eastward and southeastward, where the youngest occurrences of volcanic activity and present-day thermal features are found today.