

УДК 551.21

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О ВОЗРАСТЕ КРУПНЕЙШИХ КАЛЬДЕРООБРАЗУЮЩИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ НА КАМЧАТКЕ

В.Л.Леонов

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006, e-mail: vl@kcs.iks.ru

Определение возраста вулканических событий остается во многих случаях проблематичным. Особенно это касается событий, происходящих в четвертичное время. Надежная возрастная датировка с помощью радиоуглеродного метода возможна лишь для последних 40 тысяч лет, то есть для событий позднего плейстоцена. В то же время основная масса вулканических построек, например, на Камчатке формировалась в нижнем, среднем и частично в верхнем плейстоцене, и для большинства из них возрастные датировки отсутствуют. Не датирована и большая часть крупнейших кальдерообразующих событий, когда в воздух выбрасывались десятки км³ магмы, и значительные площади полуострова покрывались пеплом, затапливались пирокластическими потоками. Возраст этих катастроф также в настоящее время определяется лишь приблизительно, чаще всего по косвенным данным. В то же время знания об этих катастрофах необходимы - чем больше мы будем о них знать, тем больше вероятности, что сможем предсказать будущие катастрофы.

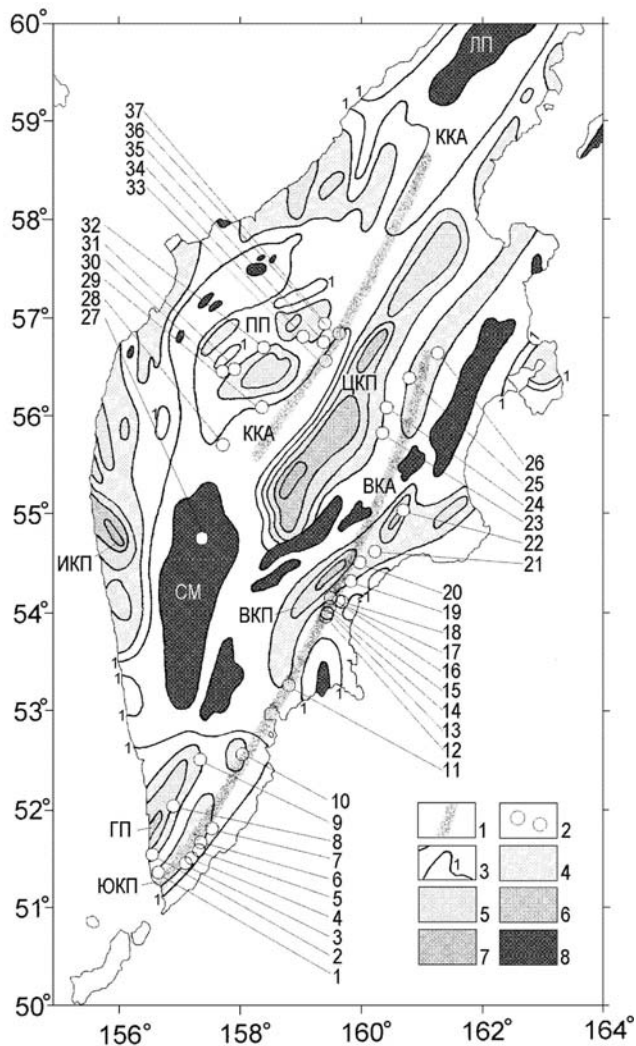


Рис. 1. Структурная схема фундамента (по Ю.Ф.Морозу [8]) и расположение четвертичных кальдер Камчатки. 1 - осевые линии четвертичных вулканических поясов; 2 - четвертичные кальдеры Камчатки (1-37 - номера кальдер); 3-7 - изолинии глубин и глубина до пород докайнозойского комплекса, залиты районы с глубинами: 4 - от 2 до 3 км, 5 - от 3 до 4 км, 6 - от 4 до 5 км, 7 - более 5 км; 8 - выходы пород докайнозойского комплекса на поверхность. Буквами обозначены структуры фундамента: ЮКП - Южно-Камчатский прогиб, ГП - Гольгинский прогиб, ВКП - Восточно-Камчатский прогиб, СМ - Срединный массив, ИКП - Ичинско-Колпаковский прогиб, ВКА - Восточно-Камчатский антиклинорий, ККА - Камчатско-Корякский антиклинорий, ЦКП - Центрально-Камчатский прогиб, ПП - Паланский прогиб, ЛП - Лесновское поднятие.

В данном сообщении мы попытаемся сравнить имеющиеся данные о кальдерообразующих извержениях, происходивших в четвертичное время на Камчатке, и данные о слоях пепла, обнаруженных в керне скважин, пробуренных у берегов Камчатки в Тихом океане [10,11]. Эти скважины вскрыли многочисленные пепловые слои, которые расчетным путем датированы. Несомненно, что часть из этих слоев сформировалась в результате сноса на запад, в районы, где расположены скважины, пепловых туч со стороны Камчатского полуострова. Это тем более вероятно для крупных кальдерообразующих извержений.

Общие данные о кальдерах Камчатки

На Камчатке известно 37 четвертичных кальдер. На рис. 1 показано их размещение на полуострове. Как можно видеть, кальдеры располагаются группами и в основном приурочены к местам погружения дочетвертичного фундамента. Более подробно условия размещения кальдер на Камчатке были рассмотрены нами ранее [6].

По признаку связи кальдер с вулканизмом, позицией их относительно вулканической постройки было проведено разделение кальдер на типы:

1. Связанные с базальтовым вулканизмом (все эти кальдеры приурочены к вершинам крупных щитовых вулканов или стратовулканов);
2. Связанные с выбросами пирокластики кислого и среднего состава (приуроченные либо к одному вулкану, либо к группе вулканов);
3. Кальдеры в районах, где вулканизм на докальдерном этапе отсутствовал или был развит незначительно.

В табл. 1 приведены списки кальдер, относящихся к типу 2, при этом они разделены на две группы: группу кальдер, приуроченных к одному вулкану, и группу кальдер, секущих разные вулканические постройки. Отнесение кальдер к выделенным группам в большинстве случаев однозначное.

Таблица 1.

Кальдеры, связанные с выбросами пирокластики кислого и среднего состава	
приуроченные к одному вулкану	секущие разные вулканические постройки
1. Кошелевская	1. Курильского озера
2. Ильинская	2. Ксудач
3. Желтовская	3. Опала
4. Призрак	4. в. Горелый
5. в. Авачинский	5. Половинка (Крайняя)
6. в. Однобокий	6. в. Соболиный
7. Академии Наук	7. в. Стена
8. Карымская	8. Большой Семячик
9. Малый Семячик	9. Узон-Гейзерная депрессия
10. в. Шивелуч	10. Крашенинникова
11. в. Ичинский	
12. Уксичан (?)	
13. Кекукнайская	

Рассмотрим такую характеристику, как диаметр кальдер (необходимо отметить, что диаметр во всех случаях измерялся по кромке уступа, ограничивающего кальдеру, т.е. это не структурная, а морфологическая характеристика). На рис. 2 показан диаметр кальдер, перечисленных в левом столбце табл. 1. Видно, что он колеблется в среднем около 5 км. Выделяются своими размерами кальдера вулкана Шивелуч, диаметр которой достигает 9 км, и кальдера Уксичан, диаметр которой 18 км. В отношении кальдеры вулкана Шивелуч необходимо отметить, что она сильно расширена эрозионными и обвальными процессами [7], диаметр ее по структурной границе значительно меньше. Кальдера Уксичан включена в данную группу условно, поскольку данные по этой кальдере очень противоречивы.

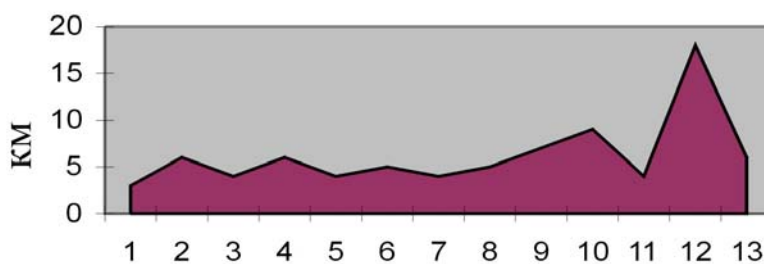


Рис. 2. Диаметр кальдер, перечисленных в левом столбце табл. 1. По оси абсцисс - номера соответствующих кальдер (табл. 1).

На рис. 3 приведены данные о диаметре кальдер, перечисленных в правом столбце табл. 1. Видно, что он значительно больше, чем у кальдер предыдущей группы, и колеблется

в среднем около 10 км. Выделяются своими размерами кальдера Опала и Узон-Гейзерная депрессия, которые имеют удлиненную форму и по длинной оси достигают, соответственно, 15 и 18 км.

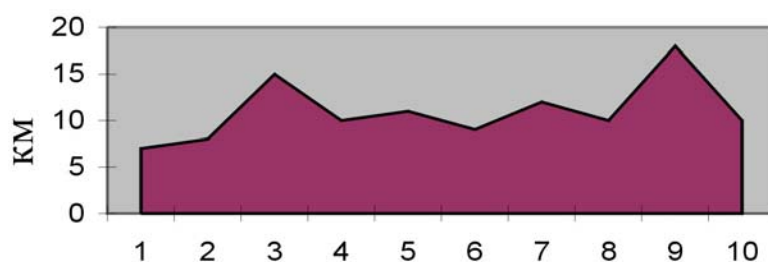


Рис. 3. Диаметр кальдер, перечисленных в правом столбце табл. 1. По оси абсцисс - номера соответствующих кальдер (табл. 1).

Имеющиеся данные о возрасте кальдер [1-3,6] показывают, что большинство кальдер имеет средне-верхнечетвертичный возраст. Наиболее древними являются кальдеры щитовых базальтовых вулканов, расположенных на Срединном хребте и в западной зоне Южной Камчатки; наиболее молодыми - кальдеры, сформировавшиеся в голоцене: Курильского озера, Ильинская, Желтовская, часть кальдер вулкана Ксудач, Карымская и вулкана Плоский Толбачик. Подробные данные о возрасте позднеплейстоценовых и голоценовых кальдер Камчатки можно найти в работе [1].

Для сопоставления, которое мы хотим провести в настоящей работе, наиболее подходят крупные кальдеры, связанные с выбросами пироклаستيку кислого и среднего состава. Это кальдеры, перечисленные в правом столбце табл. 1. Большая часть их расположена на Восточной Камчатке, в центральной ее части (рис. 4, 5).



Рис. 4. Космический снимок восточного побережья Камчатки. В левой части снимка виден ряд кальдер и вулканов: 1 - кальдера Большого Семячика, 2 - Узон-Гейзерная депрессия, 3 - вулкан и кальдера Крашенинникова, 4 - вулкан Кроноцкий.

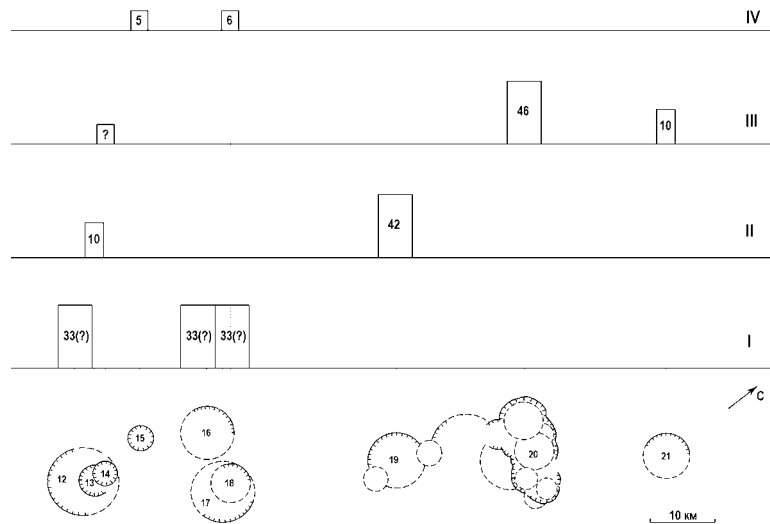


Рис. 5. Этапы кальдерообразующих извержений и объемы магмы, выброшенной при образовании кальдер на центральном участке Восточной Камчатки, по [6]. В нижней части рисунка показано расположение кальдер. I-IV - этапы кальдерообразующих извержений (возрастные границы этапов: I - 180-140 тыс. лет, II - 120-80 тыс. лет, III - 60-35 тыс. лет, IV - 20-0 тыс. лет). Прямоугольники отражают примерное соотношение объемов магмы, выброшенной при кальдерообразующих извержениях. Цифры в прямоугольниках – объем магмы в км³.

По имеющимся данным возраст этих кальдер колеблется примерно от 180 тыс. лет до 35 тыс. лет (мелкие кальдеры, сформировавшиеся в последние 20 тыс. лет мы здесь не рассматриваем). Наиболее древние из этих кальдер расположены в пределах Карымского вулканического центра - это кальдеры вулканов Стена, Соболиный и кальдера Половинка или Крайняя (рис. 6). Эти кальдеры имеют возраст около 180-140 тыс. лет [2,9].

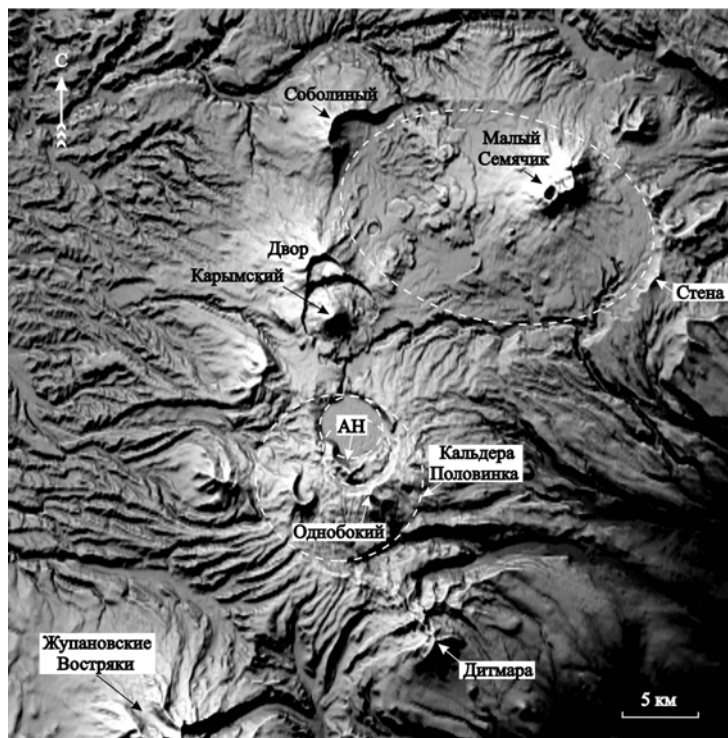


Рис. 6. Космический снимок Карымского вулканического центра. Пунктиром обозначены кальдеры Половинка и вулканов Стена и Соболиный.

Севернее Карымского центра расположена кальдера вулкана Большой Семячик с возрастом около 120 тыс. лет и Узон-Гейзерная депрессия с возрастом около 40 тыс. лет [1-3].

Данные о слоях пеплов, вскрытых скважинами, пробуренными в океане у берегов Камчатки

По программе океанического бурения (Ocean Drilling Program, Leg 145) на поднятии Эмперитор, расположенном к юго-западу от Камчатки, было пробурено три скважины - 882, 883 и 884 (рис. 7). В керне этих скважин были обнаружены многочисленные пепловые слои, подробные сведения о которых были приведены в ряде работ [10,11]. Было обнаружено, что, начиная с возраста около 2.65 млн. лет, количество пепловых слоев в кернах резко возрастает, что по геохимическим и петрологическим данным пепловые слои в скважинах 882 и 883 сходны с вулканическими породами Курило-Камчатской дуги, и что ярко проявлена эпизодичность в эксплозивном вулканизме [10,11]. Эпизоды эксплозивного вулканизма, которые были зафиксированы в скважинах 882 и 883, соответствуют интервалам 0.2-0.5, 0.7-0.8, 1.5-1.7 и 2.5-2.65 млн. лет [11]. Для наших целей наиболее интересен эпизод 0.2-0.5 млн. лет и данные о пеплах с возрастом до 0.2 млн. лет. Эти данные, взятые из работы [11], мы приводим на рис. 8 и в табл. 2.

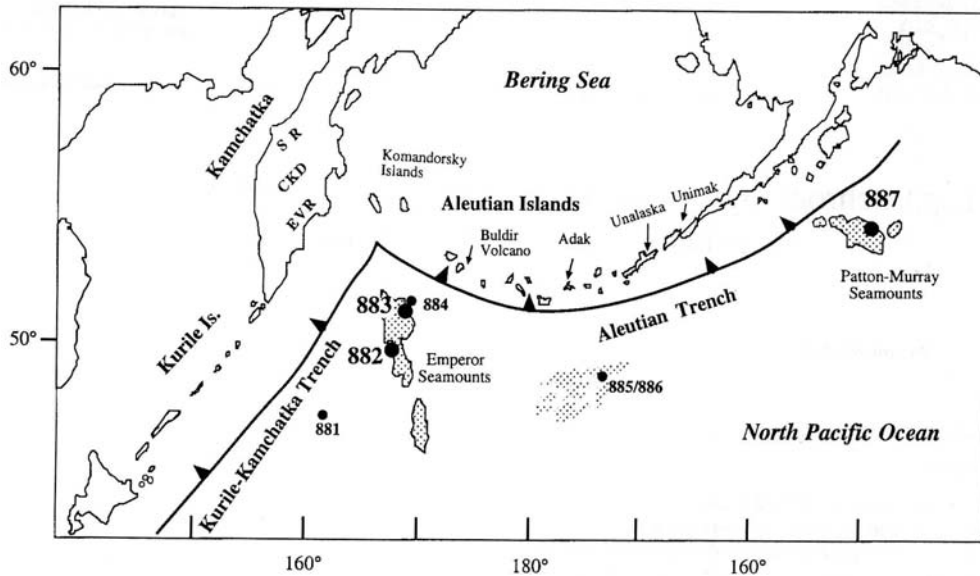
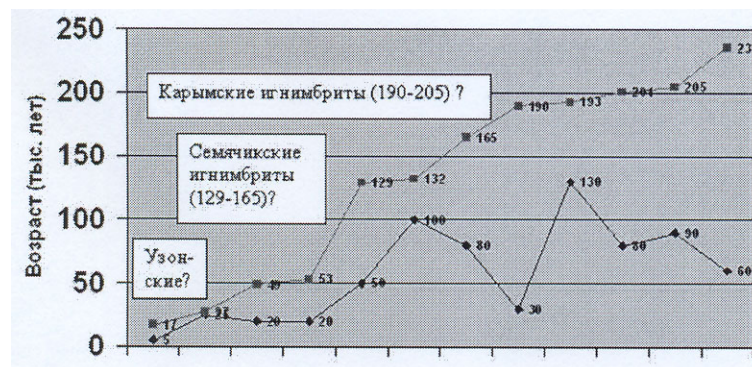


Рис. 7. Местоположение скважин, пробуренных в северо-западной части Тихого океана (ODP Leg 145), по [11].



Слои пеплов (мощностью более 1 см), внизу указан их возраст, вверху - мощность.

Мощность (мм)	5	25	20	20	50	100	80	30	130	80	90	60
Возраст (тыс. лет)	17	27	49	53	129	132	165	190	193	201	205	236

Рис. 8. Мощность и возраст слоев пепла, вскрытых скважиной 882 (см. рис. 7). Выделяющиеся группы сравнительно мощных слоев пепла с возрастом 190-205 тыс. лет и 129-165 тыс. лет, вероятно, соответствуют Карымским и Семьячикским игнамбритам Восточной Камчатки.

Таблица 2. Пепловые слои скв. 882, по [11].

Возраст пеплового слоя (млн. лет)	Мощность пеплового слоя (см)
0.017	0.5
0.027	2.5
0.049	2
0.050	1
0.053	2
0.053	1
0.054	1
0.072	1
0.098	1
0.129	5
0.132	10
0.165	8
0.179	1
0.190	3
0.193	13
0.201	8
0.203	1
0.205	9
0.206	1
0.208	1
0.208	1
0.209	1
0.212	1
0.236	6
0.272	2
0.276	3
0.294	4
0.306	2
0.308	3
0.316	1
0.318	6
0.323	6
0.332	1
0.350	3
0.361	9
0.378	6
0.389	5
0.396	2
0.417	4
0.422	2

Слои пепла в скважине 882, пробуренной у берегов Камчатки, образуют четыре обособленных, близких по возрасту группы с возрастными, соответственно, 318-390 тыс. лет, 190-205 тыс. лет, 129-165 тыс. лет и 27-53 тыс. лет (в табл. 2 эти возрастные группы выделены цветом). Наиболее мощные слои имеют возраст 360, 205, 193 и 132 тыс. лет. Скорее всего, что образование этих слоев пепла связано с крупнейшими кальдерообразующими извержениями на Камчатке.

Сопоставление возрастов плейстоценовых игнимбритов Камчатки и пепловых слоев в скважине 882, пробуренной у берегов Камчатки

В среднем-верхнем плейстоцене на Восточной Камчатке были сформированы мощные толщи Карымских, Семячских и Узонских игнимбритов, возраст которых в настоящее время оценивается, соответственно, в 180-150 тыс. лет [2], 120-80 тыс. лет [3] и около 40 тыс. лет [1].

Карымские игнимбриты, точнее - наиболее молодая их порция, связанная с кальдерой Половинка, как мы установили в последние годы [4], древнее среднеплейстоценового оледенения, возраст которого - 130-180 тыс. лет [5], то есть, они не могут иметь возраст 180-150 тыс. лет [2]. Игнимбриты, связанные с северной группой кальдер Карымского центра (кальдеры вулканов Стена и Соболиный), еще древнее. Можно предположить, исходя из возраста пеплов в скв. 882, что игнимбриты южной кальдеры (Половинка) имеют возраст 190-205 тыс. лет, а игнимбриты северных кальдер - 318-390 тыс. лет.

Семячские игнимбриты перемежаются с ледниковыми отложениями [3], и, скорее всего, формировались в конце ледниковой эпохи среднеплейстоценового возраста, то есть около 130 тыс. лет назад. В разрезе скв. 882 они наиболее близки по возрасту группе сравнительно мощных пепловых слоев, которые имеют возраст 129, 132 и 165 тыс. лет. Не исключено, что именно эти пепловые слои соответствуют крупным кальдерообразующим извержениям, с которыми было связано формирование кальдеры вулкана Большой Семячик.

Наиболее молодые игнимбриты на Восточной Камчатке связаны с образованием Узон-Гейзерной депрессии. Как уже отмечалось, в настоящее время считается, что они имеют возраст около 40 тыс. лет – таков радиоуглеродный возраст почвы, отобранной ниже слоя игнимбритов [1]. В рассматриваемом разрезе скв. 882 наиболее близки к этой дате слои пепла с возрастом 27 и 49 тыс. лет. Скорее всего,

возраст кальдерообразующих извержений, которые привели к формированию Узон-Гейзерной депрессии, близок к этим датам.

Приведенное сопоставление данных о возрасте игнимбритов Восточной Камчатки и пепловых слоев, вскрытых скважиной 882, пробуренной у берегов Камчатки, конечно, не может считаться основательным без изучения вещественного состава пород. К сожалению, данные по составу пепловых слоев из скв. 882 для нас в настоящее время не доступны, и мы не можем провести более детальные сопоставления. Тем не менее, мы считали необходимым обратить внимание на возможность такого сопоставления и на те новые датировки, которые можно при таком сопоставлении получить. Надеемся, что в дальнейшем появится возможность провести такие сопоставления на основе изучения вещественного состава пород, и это даст нам новые уточненные данные о возрасте крупных кальдерообразующих извержений на Камчатке.

Список литературы

1. *Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В. и др.* Возраст действующих вулканов Курило-Камчатского региона // Вулканология и сейсмология. 1994. № 4-5. С. 5-32.
2. Вулканический центр: строение, динамика, вещество. М.: Наука, 1980. 300 с.
3. *Гриб Е.Н., Леонов В.Л.* Игнимбриты кальдеры Большой Семьячик (Камчатка): состав, строение, условия образования // Вулканология и сейсмология. 1992. № 5-6. С. 34-50.
4. *Гриб Е.Н., Леонов В.Л.* Эволюция магматических очагов кальдер южного сектора Карымского вулканического центра. Часть 1. Геология, строение и состав пирокластических потоков // Вулканология и сейсмология. 2004. № 4. С. 21-40.
5. *Карабанов Е.Б., Прокопенко А.А., Кузьмин М.И. и др.* Оледенения и межледниковья Сибири - палеоклиматическая запись из озера Байкал и ее корреляция с Западно-Сибирской стратиграфией // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 1-2. С. 48-63.
6. *Леонов В.Л.* Четвертичные кальдеры Камчатки: обзор, классификация, структурная позиция // Вулканология и сейсмология, 2003. № 2. С. 13-26.
7. *Мелекесцев И.В., Волынец О.Н., Ермаков В.А. и др.* Вулкан Шивелуч // Действующие вулканы Камчатки: в 2-х т. Т.1. М.: Наука, 1991. С. 84-97.
8. *Мороз Ю.Ф.* Строение осадочно-вулканогенного чехла Камчатки по геофизическим данным // Тихоокеанская геология. 1991. № 1. С. 59-67.
9. *Селянгин О.Б.* Петрогенезис базальт-дацитовый серии в связи с эволюцией вулканоструктур. М.: Наука, 1987. 148 с.
10. *Sao L.Q., Arculus R.J., McKelvey B.C.* Geochemistry and petrology of volcanic ashes recovered from Sites 881 through 884: a temporal record of Kamchatka and Kurile volcanism // Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results. V. 145. Ocean Drilling Program, College Station, TX. P. 661-670.
11. *Prueher L.M., Rea D.K.* Tephrochronology of the Kamchatka-Kurile and Aleutian arcs: evidence for volcanic episodicity // J. Volcanol. Gethermal Res. 2001. V. 106. P. 67-84.