

УДК 551.21

© 1993 г. И.А. ЕГОРОВА

ВОЗРАСТ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ФОРМИРОВАНИЯ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
УЗОН-ГЕЙЗЕРНОЙ КАЛЬДЕРНОЙ ДЕПРЕССИИ НА КАМЧАТКЕ

(по результатам палинологических исследований)

На основании палинологических исследований приводится возрастное расчленение вулканогенно-осадочных отложений Узон-Гейзерной кальдерной депрессии и палеогеографическая обстановка времени осадконакопления. Установлен позднплейстоцен-голоценовый возраст отложений. Датированы основные события посткальдерной вулканической деятельности в кальдере Узон.

THE AGE AND PALEOGEOGRAPHICAL SETTING OF THE FORMATION OF VOLCANOGENIC-SEDIMENTARY DEPOSITS FROM THE UZON-GEYSERNAYA CALDERA DEPRESSION IN KAMCHATKA (AS SHOWN BY THE RESULTS OF PALYNOLOGICAL INVESTIGATIONS), by Egorova I.A. Based on the palynological studies, the age dismembering is made of volcanogenic-scdimentary deposits in the Uzon-Geysemaya Caldera Depression. The paleogeographical setting of the time of sedimentation is described. The age of deposits was established to be Late Pleistocene — Holocene. The dating was made of the main events of the post-caldera volcanic activity in the Uzon Caldera.

(Received July 16, 1992)

Institute of Volcanology, Far East Division, Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006, Russia

Кольцевые вулканотектонические депрессии — кальдеры известны во многих районах земного шара. Эти структуры являются не только ареной вулканической аккумуляции, но также бассейнами седиментации различного типа. Большинство кальдер, вслед за их образованием, представляет собой замкнутые бессточные котловины, что создает благоприятную обстановку для формирования озерных бассейнов. Изучение древних кальдер [8], вскрытых эрозией, показало, что они заполняются сложным полифациальным комплексом осадков (озерные, озерно-аллювиальные, обвальные, склоновые, вулканогенные и другие отложения, в том числе экструзивные купола, маары, вулканы). Заполнение идет быстро на фоне активной посткальдерной вулканической деятельности.

Одной из таких кальдерных депрессий является Узон-Гейзерная, расположенная в Восточной вулканической зоне Камчатки в поле развития вулканических плато. В настоящее время она представляет собой овальную котловину размером 15 x 9 км с абсолютными отметками дна 350—650 м над уровнем моря и относительной высотой бортов 300—400 м. Наиболее высокие участки борта имеют абсолютные отметки 1540 м над уровнем моря (пик Бараний) и 1320 м (гора Красная). Кальдера Узон шляется западной частью депрессии, размером 9 x 12 км, с довольно плоским вволоченным дном с многочисленными холодными и теплыми озерами. В восточной части депрессии — кальдере Гейзерной — расположена Долина гейзеров, которая представляет собой каньон длиной ~4 км.

Изучением геологического строения депрессии занимались многие исследователи [1, 2, 9, 12]. Установлено, что она образовалась как структура обрушения в результате грандиозных игнимбритообразующих извержений в позднем плейстоцене. Субсинхронно возникли сначала Гейзерная, а затем Узонская кальдера. Почва, погребенная узонскими игнимбритами в районе Кроноцкого озера, имеет радиоуглеродный возраст $39\ 600 \pm 1000$ лет тому назад (ГИН-1369). В разрезах, вскрытых под игнимбритами на плато Широком (ручей Безымянный) и в бассейне р. Унаны, имеются вулканогенно-осадочные отложения, отнесенные по результатам палинологического анализа к позднеплейстоценовому Казанцевскому межледниковью (Q_3^1). Ранее предполагался среднеплейстоценовый их возраст (Q_2^1). Таким образом, заполнение кальдеры вулканогенными и вулканогенно-осадочными отложениями могло происходить в течение позднего плейстоцена и голоцена.

На начальных стадиях осадконакопления депрессии представляла собой замкнутую котловину, в которой могли существовать разрозненные озерные бассейны. Озерный генезис вулканогенно-осадочных отложений установлен предыдущими исследованиями [2]. Формирование отложений происходило на фоне активной посткальдерной вулканической деятельности, проявившейся в выбросах кислой пирокластике, выжимании экструзий, образовании пемзовых куполов с пирокластическими потоками, образовании маара. Оказывал влияние на осадконакопление и вулканизм сопредельные территорий (так, например, в позднем плейстоцене образовалась кальдера Крашенинникова). Интенсивная вулканическая деятельность обусловила большие мощности озерных отложений, вследствие чего Узон-Гейзерная депрессия была в значительной мере скомпенсирована накоплением осадков, выполнивших ее почти доверху, особенно в восточной ее части (до высоты 780—800 м). После спуска существовавших водоемов отложения подвергались размыву. В Гейзерной кальдере в дальнейшем не возникло условий для озерного осадконакопления. В кальдере Узон продолжали существовать небольшие озера, связанные, видимо, с подпрудами, которые могли возникать при внедрении эктрузий горы Белой, плато Круглое, а также при образовании морен последнего позднеплейстоценового оледенения. Наиболее полный разрез озерных отложений, образовавшихся до спуска водоемов, вскрывается в бортах долины р. Гейзерной. Видимая мощность разреза 350 м. Он представлен переслаивающимися пачками тонкослоистых отложений (пепловые туфы и туффиты) с более грубой пемзой пирокластикой и пепловыми и пемзовыми агломератовыми туфами, являющимися пирокластическими потоками. Мощность пачек вулканогенно-осадочных отложений собственно озерного генезиса не превышает первые десятки метров.

В кальдере Узон вскрыта только верхняя часть озерных отложений этого этапа, видимой мощностью 80—100 м. Наиболее характерные разрезы озерных и озерно-аллювиальных отложений обнажаются в левом борту р. Шумной и по левым ее притокам. Наблюдается дробное переслаивание пемзовых песков и пемзового гравия, встречаются подчиненные тонкие прослойки алевропелитовых туфов и отдельные горизонты конгломератов. Мощность переслаивающихся пачек от нескольких сантиметров до 2—4 м.

Озерные и озерно-аллювиальные отложения более позднего образования, накопившиеся после основного спуска водоемов, вскрываются в обнажениях правого притока р. Шумной, в береговых обрывах термальных озер и по ручьям, впадающим в оз. Центральное. Видимая мощность этих отложений не более 10 м. Представлены они главным образом переотложенным пемзовым и пепловым материалом, а также небольшой мощности пемзовыми агломератовыми туфами, являющимися пирокластическими потоками.

Палинологическая характеристика
вулканогенно-осадочного комплекса

Применение палинологического анализа в вулканических районах сопряжено с рядом трудностей. Сложный тектонический режим, быстрое накопление вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщ, отложение грубого материала близ вулканических центров не способствуют захоронению растительных остатков. В результате, исследуя вулканогенно-осадочные толщи, мы получаем разрозненные данные, характеризующие отдельные фрагменты истории развития изучаемого вулканического района, которые трудно сопоставляются с эталонными разрезами.

Прежде чем перейти к изучению ископаемых спорово-пыльцевых спектров, необходимо рассмотреть современные, так как палинологический анализ основан на методе сравнения. Многочисленными исследованиями, в том числе и нашими [3], установлено, что спорово-пыльцевые спектры отложений различного генезиса наряду с общими зональными чертами обладают дополнительными, характерными для определенного типа осадков особенностями: спектры водных отложений носят более осредненный характер и отражают растительность больших территорий; спектры субэаральных отложений (в том числе и болотных) в большей степени отражают локальный тип растительности, а в горных районах — ее вертикальную поясность. Чем беднее местная растительность в горах, тем более региональные формируются спектры.

Современные спектры получены из поверхностных почвенных проб, наилок ручьев и речных пойм по профилю, пересекающему основные высотные растительные пояса Восточной Камчатки. Пояс березовых лесов протягивается узкой полосой вдоль побережья Тихого океана и не превышает 400 м над уровнем моря. Среди березовых лесов в долине р. Семячик имеется небольшая пихтовая роща, а долине р. Унана близ Кроноцкого озера — участок елово-лиственничного леса. На высоте 500—600 м над уровнем моря располагается пояс субальпийской кустарниковой растительности, которая представлена в основном ольховым и реже кедровым стланиками. Узон-Гейзерная депрессия расположена в поясе горных тундр. Растительность здесь представлена различными кустарниками, плаунами, лишайниками, травянистыми. Пятнами во долинам ручьев встречается ольховый стланник. Сама кальдера является как бы

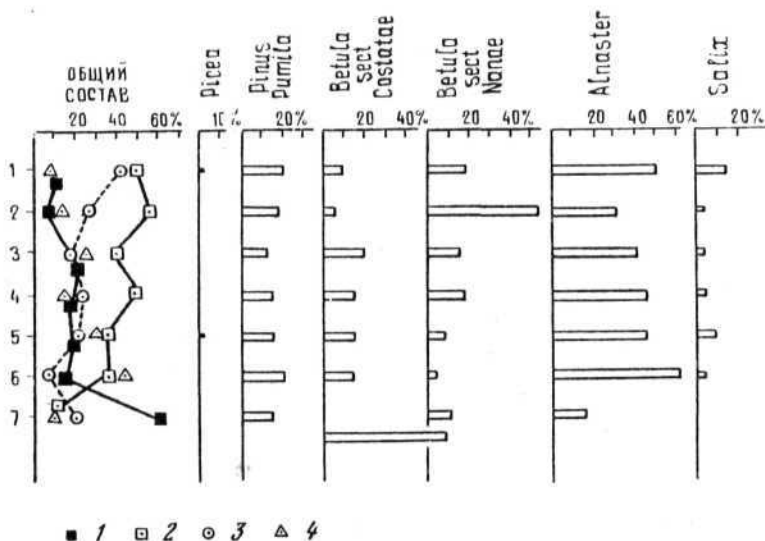


Рис. 1. Современные спорово-пыльцевые спектры. По вертикали — кальдера Узон: 1 — дернина; 2 — торф; 3 — наилок поймы р. Шумной. Горная тундра: 4 — дернина; 5 — наилок временного ручья. Пояс субальпийских кустарников: 6 — дернина. Пояс березовых лесов: 7 — дернина. Общий состав: 1—3 — сумма пыльцы древесных (V), кустарниковых (2), травянистых (5) растений; 4 — споры

маленьким оазисом, где по благоприятным местообитаниям имеются участки (рощицы) каменных березняков, ольхового и кедрового стлаников.

Как показано на рис. 1, пыльцевые спектры современных проб довольно точно отражают локальный тип растительности. Так, в поясе березовых лесов преобладает пыльца березы. В поясе субальпийских кустарников резкое господствующее положение занимает пыльца ольхового стланика. Спектры же горных тундр носят смешанный характер и близки к спектрам субальпийского пояса. Древесно-кустарниковая часть спектра формируется в основном за счет пыльцы, занесенной с окружающих территорий. Современные спектры кальдеры имеют как локальные, так и региональные черты. Почвенные спектры отражают больше местную растительность, поймы р. Шумной — растительность окружающего региона. Имеющиеся небольшие участки хвойных лесов почти не находят отражения. Пыльца лиственницы совсем не встречается, а ели — отмечается единичными зернами. Можно полагать, что спорово-пыльцевые спектры кальдерных озерных отложений, формировавшихся главным образом за счет заносной пыльцы с окружающих территорий, должны отражать растительность большого региона.

Спорово-пыльцевые спектры озерных отложений Гейзерной кальдеры

Как уже отмечалось, наиболее полный разрез озерных отложений мощностью 350 м вскрывается в бортах Долины гейзеров. Пыльца и споры встречаются по всему разрезу (верхняя часть разреза по ручью Водопадный, верховье р. Гейзерной в районе второго водопада и Желтых скал). В большинстве случаев это обедненные спектры, но все они однотипны и составляют единый комплекс, что свидетельствует об одновозрастности вмещающих отложений. Доминирующее положение занимает пыльца древесно-кустарниковых растений (34—44%), главным образом ольхового стланика (*Alnaster*) — 34—85% и березы каменной (*Betula sect. Costatae*) — 13—45%. В небольшом количестве присутствует пыльца кедрового стланика (*Pinus pumila*) — 3—11%, редко до 23%. Единичными зернами встречается пыльца ели (*Picea omogica*). Пыльца травянистых и кустарничковых растений отмечается в небольших количествах (5—24%). Это в основном пыльца злаковых (*Gramineae*), сложноцветных (*Compositae*), в том числе и полыней (*Artemisia*), зонтичных (*Umbeliferae*), редко вересковых (*Ericaceae*). В незначительных количествах присутствуют споры (1—8%) папоротников (*Polypodiaceae*), плаунов (*Lycopodiaceae*), зеленых мхов (*Bryales*). В некоторых образцах количество спор зеленых мхов доходит до 32%.

Описанный спорово-пыльцевой комплекс близок к современным спектрам и отражает растительность межледникового времени. Большое содержание пыльцы ольхового стланика и березы при малом содержании травянистых и спор свидетельствует о формировании спектров главным образом за счет дальнего заноса. Такие спектры отмечались нами в отложениях временных водотоков на склонах вулканов, лишенных растительности, а также в современных кратерных озерах [3]. Геологическая обстановка того времени также исключает существование местной древесной растительности, так как в результате активного вулканизма в восточной зоне Камчатки образовались обширные пирокластические покровы.

Спорово-пыльцевые спектры вулканогенно-осадочных отложений кальдеры Узон

Наиболее представительный разрез озерных отложений первого этапа осадконакопления, до основного спуска водоемов, вскрывается в обнажении, расположенном в левом борту р. Шумной, в 2 км от истока (рис. 2, т. 20). Пыльцу и споры содержат тонкослоистые отложения из нижней части разреза. Спектры более бедные, чем в отложениях Гейзерной кальдеры, но также составляют единый комплекс и отражают растительность межледникового. Отличительной особенностью являются отсутствие

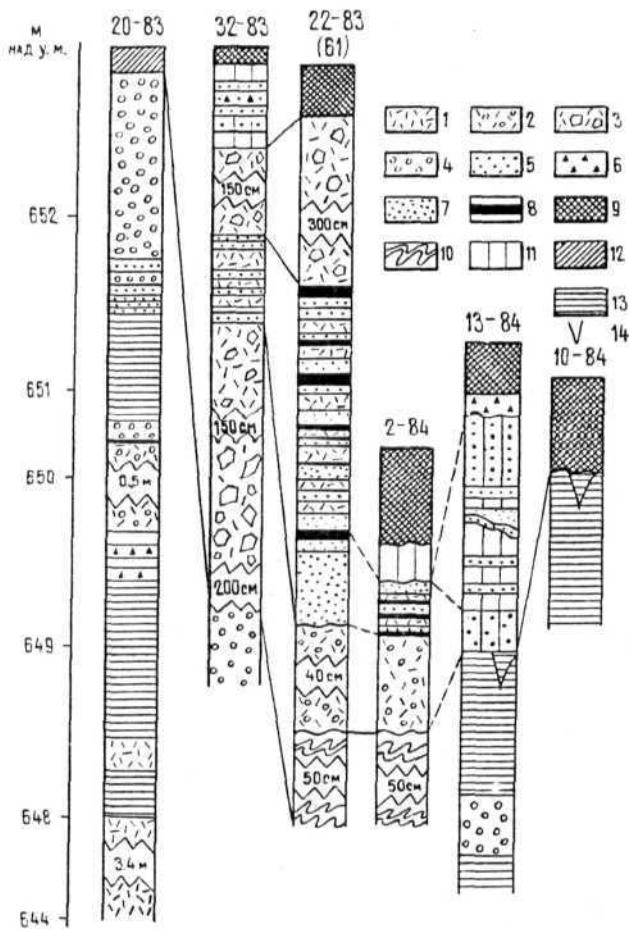


Рис. 2. Разрезы вулканогенно-осадочных отложений кальдеры Узон. 1 — пепловый туф; 2 — пемзовый туф; 3 — агломератовый туф; 4 — пемзовые лапилли; 5 — вулканический гравий; 6 — лапилли шлака; 7 — вулканический песок; 8 — погребенная почва; 9 — голоценовый почвенно-пирокластический чехол; 10 — деформированные слоистые озерные отложения; 11 — супесь; 12 — осыпь; 13 — тонкослоистые озерные отложения; 14 — мерзлотные клинья

единичных зерен пыльцы ели и присутствие большого количества спор. Доминирует пыльца древесно-кустарниковых растений (46%) *Betula sect. Costatae*, *Alnaster*, единично встречается *Pinus pumila*. Пыльца травянистых (16%) представлена в основном семейством сложноцветных (*Compositae*). В составе спор (38%) господствуют папоротники (*Polypodiaceae*), плауны (*Lycopodiaceae*), зеленые мхи (*Bryales*).

Бедный состав спектров также свидетельствует о формировании их за счет дальнего заноса пыльцы с окружающих территорий. Местную растительность представляли, видимо, травянистые и споровые. О межледниковых условиях, существовавших во время формирования озерных отложений, вмещающих спорово-пыльцевые спектры, свидетельствует и комплекс диатомовых водорослей, обнаруженный Е.Г. Лупикиной [2]. Диатомовая флора названа умеренно теплолюбивой. Около 98% приходится на эвритермные виды северобореальной зоны, 1% — южнобореальной. Арктические и арктобореальные виды не обнаружены. Сравнение с эталонным разрезом Центральной Камчатской депрессии позволило отнести эти озерные отложения к верхнеплейстоценовому межледниковью. Богатый теплолюбивый комплекс прибрежно-озерного типа описан Е.Г. Лупикиной и из отложений первого левого притока р. Шумной.

Здесь встречено -6% южнобореальных видов, что также свидетельствует о благоприятных условиях межледниковья.

Кроме того, в керне скв. УК-1 (60 м) Е.Г. Лупкина обнаружила относительно теплолюбивую диатомовую флору в интервалах 6,5–9; 14,5–19,3; 52–60 м. Наиболее теплолюбивая флора — в интервале 52–60 м. Доминируют виды, широко распространенные ныне в бореальной зоне. Североальпийские составляют 4,5%, арктические виды отсутствуют. Два вида — *Pinnularis aff. savaresia* Boya и *Calanias aff. hultherd* Boya P. — имеют значительное морфологическое сходство с типовыми формами, обитающими ныне в горячих источниках. По заключению Е.Г. Лупкиной, наиболее вероятное время формирования диатомовой флоры — климатический оптимум верхнего плейстоцена (Q₃) [6].

После спуска водоемов, который произошел, видимо, в конце межледниковья, первичная поверхность озерной равнины подверглась размыву. На большей части территории Узонской кальдеры сформировался расчлененный рельеф, и в осадконакоплении наблюдается перерыв. Более поздние вулканогенно-осадочные отложения формировались уже в ледниковое время на фоне ослабленной вулканической деятельности. В юго-западной части кальдеры имеются озерно-аллювиальные отложения, перекрытые мореной второй фазы позднеплейстоценового оледенения (правый приток р. Шумной). Эти осадки не содержат пыльцу и споры. В северо-восточной части, в районе развития термальных полей, вскрываются разновозрастные озерные, озерно-аллювиальные и болотные отложения (см. рис. 2). В береговых уступах термальных озер Хлоридное (см. рис. 2, т. 22–83) и Фумарольное, а также в основании Серного бугра на ручье Веселый (т. 2–84) у уреза воды обнажаются слоистые озерные отложения видимой мощностью 0,5–0,8 м. Эти отложения гидротермально изменены и смяты в причудливые складки. Северо-западнее оз. Фумарольное во врезках ручья Мутный вскрываются горизонтально-слоистые гидротермально измененные озерные отложения видимой мощностью ~1 м. Кроме того, озерные отложения вскрыты шурфами и неглубокими скважинами в верховье ручья Комариный (т. 10–84) и в районе Восточного термального поля в 100 м южнее источника Бурлящего (т. 13–84). Отложения в т. 10 видимой мощностью 75 см характеризуются переслаиванием переотложенных тонкозернистых, мелкозернистых и крупнозернистых песков серого, палевого и розового цвета. Следы гидротермального воздействия отсутствуют. Поверхность отложений разбита мерзлотными клиньями. В т. 13–84 озерные отложения имеют видимую мощность 1,8 м. Верхние 30 см представлены переслаивающимися серыми глинами и серыми разнозернистыми песками, ниже залегает серопалевая глина, при высыхании почти белая, встречаются прослойки пемзовых песков и пемзового гравия. Отложения гидротермально изменены, поверхность также разбита мерзлотными клиньями.

Значительное содержание пыльцы и спор обнаружено в озерных отложениях, вскрывающихся в восточном уступе оз. Хлоридное и в южном обрыве оз. Фумарольное (рис. 3). Отличительной особенностью выделенных спорово-пыльцевых спектров является полное отсутствие пыльцы деревьев. В спектрах из отложений оз. Фумарольное и нижнего образца отложений оз. Хлоридное господствующее положение занимает пыльца травянистых растений (52%), главным образом злаков (*Gramineae*) и полыней (*Artemisia*), а также споры (48%) в основном зеленых мхов (*Bryales*). Пыльца древесных растений совсем отсутствует, а кустарниковых (*Betula sect. Nanae* и *Alnaster*) — встречаются единично.

В спорово-пыльцевом спектре верхнего образца озерных отложений оз. Хлоридное несколько увеличилось содержание пыльцы кустарниковых растений (17%): *Betula sect. Nanae* (36%), *Salix* (48%), *Alnaster* (15%). В группе травянистых растений (51%) господствующее положение заняла пыльца осоковых (*Cyperaceae*), много пыльцы злаков (*Gramineae*), полыней (*Artemisia*) и мелкого разнотравья. Среди спор (32%) по-прежнему доминируют зеленые мхи (92%). Встречаются споры плауна (*Selaginella sibirica*) и папоротников (*Polypodiaceae*).

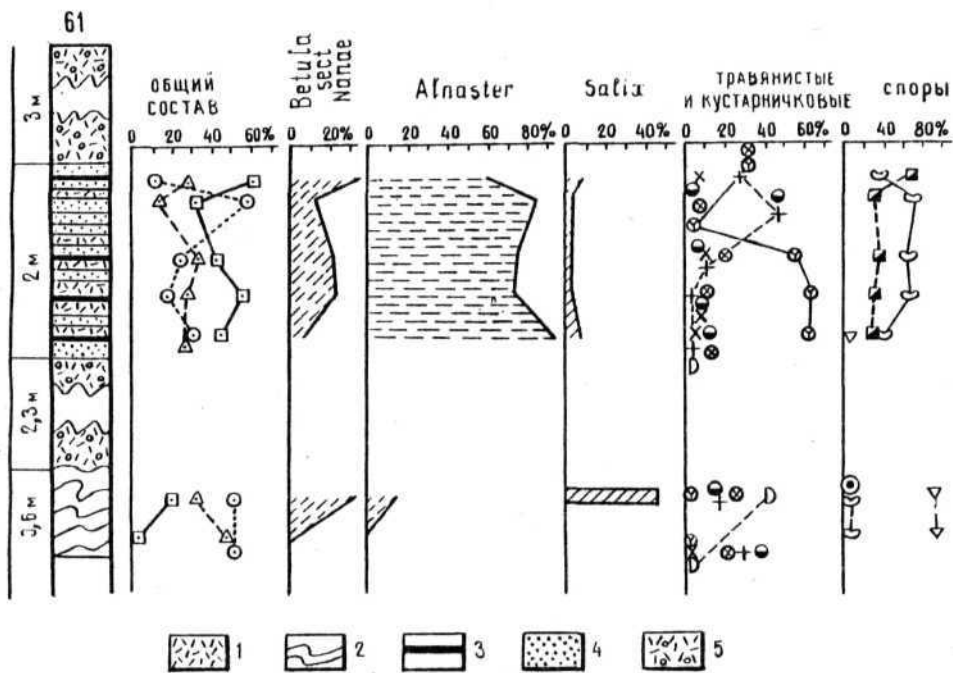


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза 22—83 (61). Условные обозначения см. на рис. 2 и 5

Из озерных отложений, вскрывающихся по ручью Мутный, выделены очень бедные спектры; обнаружена в основном пыльца травянистых растений.

Описанные спорово-пыльцевые спектры отражают растительность ледникового времени, скорее всего второй половины периода оледенения, когда начали таять ледники. По-видимому, в районе современных термальных полей существовали приледниковые озера. По благоприятным сухим участкам формировался растительный покров. Появление значительного количества пыльцы ивы и осоковых свидетельствует об увеличении влажности. Помимо озер появились, видимо, заболоченные участки.

Ледниковый возраст описанных озерных отложений подтверждают также комплексы диатомовых водорослей, обнаруженные Е.Г. Лупикиной (устное сообщение).

В секторе, прилегающем к северному подножию горы Белой, ледниковые озерные отложения перекрываются пемзовыми агломератовыми туфами мощностью 1,5—2 м (пирокластические потоки горы Белой).

В обрыве оз. Хлоридное между двумя порциями пирокластического потока сохранился древний почвенно-пирокластический чехол (см. рис. 2, т. 22—83). Он представляет собой переслаивающиеся маломощные гумусированные горизонттики, пемзовые пески и алевропелитовые слоистые туфы (вулканические пеплы). Получены из этих отложений спорово-пыльцевые спектры существенно отличающиеся от спектров из озерных отложений (см. рис. 3). В общем составе господствующее положение заняла пыльца кустарников (30—60%), главным образом ольхового стланика (*Alnaster*) и кустарниковой березки (*Betula sect. Nanae*). В группе травянистых и кустарничковых растений в нижних трех образцах доминирует пыльца вересковых (*Ericaceae*), а в верхних — пыльца злаков (*Gramineae*) и полыней (*Artemisia*). В группе споровых растений преобладают папоротники (*Polypodiaceae*), много плаунов (*Lycopodiaceae*).

Спорово-пыльцевые спектры отражают растительность благоприятных периодов позднего ледниковья (13—11 тыс. лет тому назад). Это может быть бёллинг или

аллерд по европейской шкале, Кокоревское потепление (13,0—12,2 тыс. лет тому назад) или Таймырское (11,8—11,4 тыс. лет тому назад) в Сибири [7]. Растительный покров в это время был близок к началу голоцена, когда появилась кустарниковая растительность, но еще не было древесной. Сходные спектры обнаружены нами в гумусированных горизонтах, имеющих радиоуглеродную дату $12\ 300 \pm 300$ лет тому назад (ГИН-1375), в кальдере вулкана Малый Семьячк [3].

В кальдере Узон погребенный почвенно-пирокластический чехол встречается и в других местах. Так, в 30—40 см от уреза ручья, вытекающего из оз. Банное, среди пемзовых туфов наблюдаются два гумусированных горизонтика мощностью 1,5—2 см. Гумусированные прослоечки имеются и в разрезах по ручью Комариный, где они погребены аллювием ручья. Погребенный почвенно-пирокластический чехол обнаружен и на склоне горы Белой (см. рис. 2, т. 32—83). Полученные из гумусированных прослоечек спорово-пыльцевые спектры близки к описанным. Несколько отличается спектр, выделенный из гумусированного слоя разреза ручья Комариный. Пыльца кустарников в нем меньше — 32%, но также преобладают ольховник (*Alnaster*) — 80% и кустарниковая березка (*Betula sect. Nanae*) — 20%. Пыльца травянистых отмечается в незначительных количествах (3%). Доминируют споры (65%) главным образом плаунов (*Lycopodiaceae*) — 90%, единично встречаются споры папоротников (*Polypodiaceae*) и зеленых мхов (*Bryales*). Этот спектр также отражает растительность позднего ледниковья, но соответствует менее благоприятному периоду. Возможно, спектр фиксирует начало последнего позднеледникового похолодания (Норильская стадия в Сибири — $11,4 \pm 0,2$ — $10,3 \pm 0,1$ тыс. лет тому назад, или верхний дриас в Европе), которое считается самым суровым. Растительный покров вновь претерпел изменения, вплоть до исчезновения кустарниковой растительности. Возобновление кустарниковой, а затем и древесной растительности произошло в послеледниковое — голоценовое время. Климат этого периода был холодный и сухой.

В начале голоцена в связи со значительным потеплением произошло окончательное таяние ледников, что привело к обводнению депрессии и новому небольшому размыву накопившихся осадков. Размыву подверглись пирокластические потоки северного подножия горы Белой. Останцы пирокластических потоков в виде холмов расположены между горой Белой и оз. Хлоридное. Произошел, видимо, спуск существовавших озерных водоемов, осадки которых подверглись передуву. Холмы озерно-аллювиальных отложений в северной и северо-западной частях кальдеры приобрели дюноподобную форму. Существующие в настоящее время многочисленные мелкие холодные озера являются реликтами ледникового времени. На протяжении голоцена они подвергались заболачиванию и зарастанию.

Голоценовые озерные и озерно-болотные отложения вскрываются шурфами и неглубокими скважинами, пробуренными на болоте близ ручья Веселый и у северного подножия горы Белой (рис. 4). Наиболее полный разрез получен на ручье Веселый в 350 м от истока (см. рис. 4, Ш31, скв. 1). Шурфом пройдено 1,7 м трофа (по результатам радиоуглеродного датирования, туфообразование началось 8500 лет тому назад) с горизонтами вулканических пеплов, песка фавия и пробурено 2 м черных илов с включением гравия. Нижняя часть илов оторфована, в основании имеется 15 см чистых серых промытых разнозернистых песков, похожих на речные. По результатам палинологического анализа, вскрытый разрез охватывает весь голоцен, исключая ранний предбореальный период (рис. 5). Выделенные спорово-пыльцевые спектры объединяются в пять комплексов. В интервале 1,9—3,6 м присутствует в большом количестве и чаще преобладает пыльца травянистых растений (35—60%), в основном осоковых (*Suragaceae*) и злаковых (*Gramineae*). Пыльца кустарниковых растений (28—55%) представлена только ольховым стлаником (*Alnaster*) и кустарниковой березки (*Betula sect. Nanae*). Пыльца древесных растений отсутствует. Споры отмечены в небольшом количестве (10—15%), присутствуют споры папоротников (*Polypodiaceae*) и единично — плаунов (*Lycopodiaceae*), зеленых (*Bryales*) и сфагновых (*Sphagnales*) мхов. В интервале 1,2—1,9 м доминирует пыльца кустарников: ольховый стланик (*Alnaster*) и кустарниковая березка (*Betula sect. Nanae*), в небольшом количестве

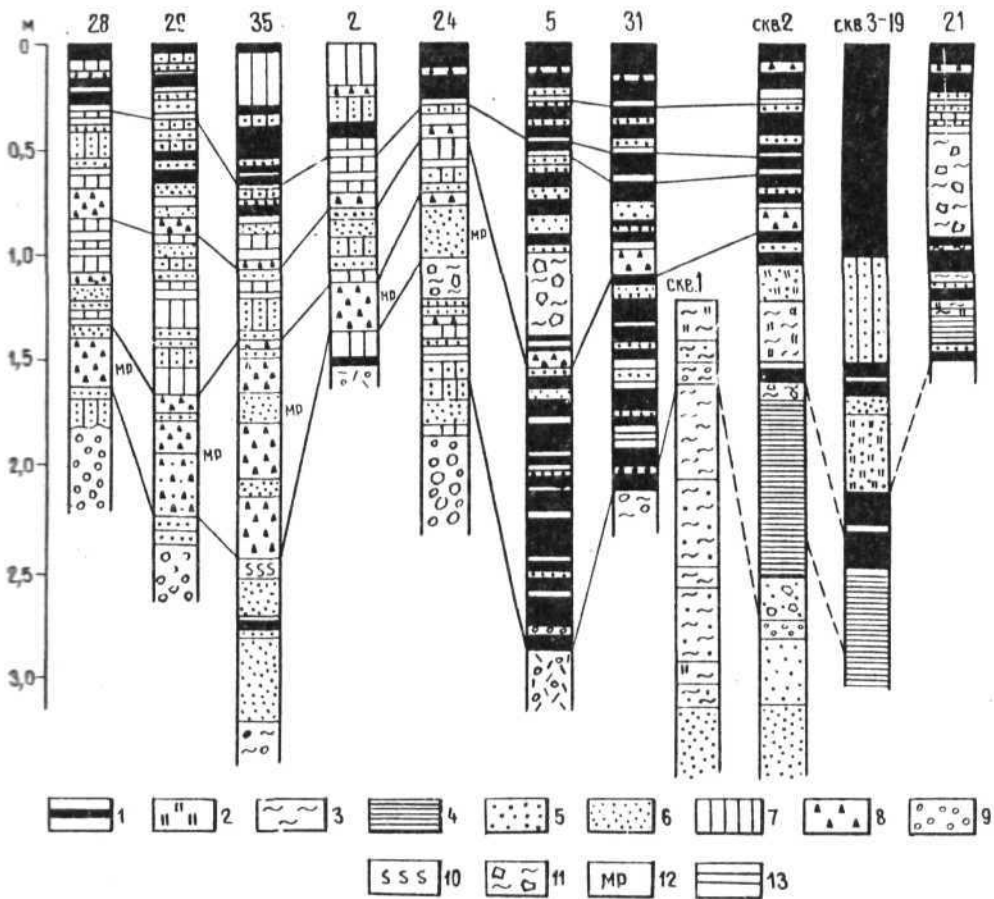


Рис. 4. Разрезы голоценового почвенно-пирокластического чехла (2, 24, 28, 29, 35) и озерно-болотных отложений (5, 31, 21, скв. 1, 2, 3—19). 1 — погребенная почва и торф; 2 — оторфованные отложения; 3 — ил; 4 — глина, гидротермально измененная; 5 — гравий; 6 — песок; 7 — супесь; 8 — лапилли шлака; 9 — лапилли пемзы; 10 — горизонт серы; 11 — отложения фреатических извержений; 12 — отложения маара оз. Дальнее; 13 — тонкие вулканические пеплы белого, палевого, желтого цвета

присутствует пыльца кедрового стланика. Появилась пыльца древесной березы (*Betula* sect. *Costatae*). Значительно уменьшилось содержание пыльцы травянистых растений (20—25%), но больших изменений в составе не произошло, несколько увеличилось количество пыльцы осоковых (*Cyperaceae*). В группе споровых (8—22%) увеличилось содержание сфагновых мхов (*Sphagnales*), отмечен термальный вид ужовника (*Orhyoglossum termale*). В интервале 0,7—1,2 м по-прежнему доминирует пыльца кустарников (*Alnaster*, *Betula* sect. *Nanae*, *Pinus rumila*), но резко увеличилось количество пыльцы древесной березы (*Betula* sect. *Costatae*). В группе пыльцы древесно-кустарниковых растений *Betula* sect. *Costatae* составляет от 30 до 49%. В группе травянистых и кустарниковых (20—28%) преобладает пыльца разнотравья и вересковых (*Ericaceae*). В группе споровых преобладают папоротники (*Polypodiaceae*) и плауны (*Lycopodiaceae*). В интервале 0,3—0,7 м сократилось содержание пыльцы деревьев до 5% и вновь преобладают кустарники (78%). Наблюдается максимальное содержание пыльцы кедрового стланика (*Pinus rumila*) и кустарниковой березы (*Betula* sect. *Nanae*). Среди травянистых и кустарниковых увеличилось количество пыльцы вересковых (*Ericaceae*), злаков (*Gramineae*). Также много спор зеленых мхов (*Bryales*), папоротников (*Polypodiaceae*), плаунов (*Lycopodiaceae*). В интервале 0—0,3 м вновь увеличилось содержание пыльцы березы древесной (*Betula* sect. *Costatae*) за счет

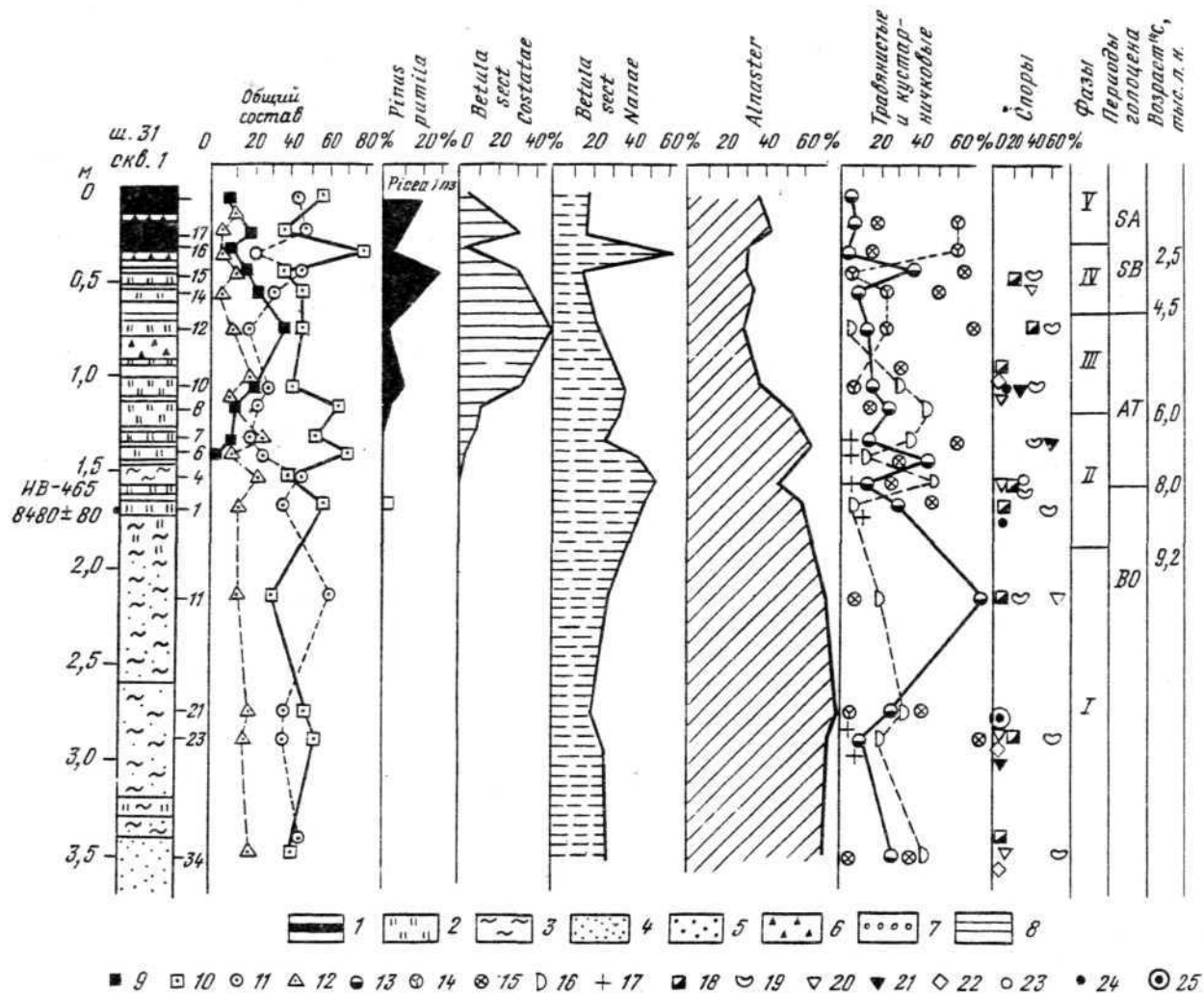


Рис 5. Спорово-пыльцевая диаграмма озерно-болотных отложений Ш31, скв. 1. 1 — почва; 2 — торф; 3 — ил; 4 — песок; 5 — гравий; 6 — лапилли шлака; 7 — лапилли пемзы; 8 — тонкие вулканические пески белого и желтого цвета; 9—11 — сумма пыли древесных (9), кустарниковых (10), травянистых (11) растений; 12 — сумма спор; 13—17 — пыльца злаковых (13), вересковых (14), разнотравья (15), осоковых (16), полыней (17); 18—25 — споры плаунов (18), папоротников (19), зеленых мхов (20), сфагновых мхов (21), гроздовника (22), хвоща (23), уховника (24), плаунка сибирского (25)

сокращения кустарниковых. Возросла роль пыльцы травянистых и кустарничковых растений, главным образом вересковых (Ericaceae).

Названные пять спорово-пыльцевых комплексов отвечают пяти фазам развития растительности Камчатки в голоцене, которые имеют определенные возрастные рубежи [4, 5].

Первый комплекс соответствует фазе распространения травянистой растительности с кустарниками по благоприятным местообитаниям (9200—10 300 лет тому назад); второй — фазе распространения кустарниковой растительности, преимущественно из ольхового стланика с березовыми лесами по благоприятным местообитаниям (6000—9200 лет тому назад); третий комплекс — фазе максимального развития березовых лесов (4500—6000 лет тому назад); четвертый — фазе широкого распространения кустарниковых формаций из ольхового и кедрового стлаников при некотором сокращении лесных формаций из березы (2500—4500 лет тому назад) и пятый — фазе нового повсеместного распространения березовых лесов (0—2500 лет тому назад). В это время в долине р. Камчатки максимальное распространение получили хвойные леса из ели и лиственницы.

Озерно-болотные отложения, вскрытые скважинами у северного подножия горы Белой (см. рис. 4, скв. 2, 3—19), формировались в иных условиях. Большое влияние на осадконакопление оказывал, видимо, снос измененных до глинистых пород с горы Белой и переотложение гидротермально измененных пород пирокластических потоков. В результате сформировались озерные отложения, представленные белыми глинами с включением обломков измененных пород. Скважина 2 вскрыла отложения мощностью 3.4 м. По результатам спорово-пыльцевого анализа, они одновозрастны отложениям, вскрытым шурфом 31 и скв. 1 на ручье Веселый. Скв. 3—19 вскрыла отложения мощностью 2,85 м. Несмотря на такую мощность и на первый взгляд сходство строения разреза со скв. 2, результаты спорово-пыльцевого анализа указывают на формирование этих отложений во второй половине голоцена (рис. 6).

Помимо озерно-болотных отложений на протяжении голоцена в кальдере формировался почвенно-пирокластический чехол, представляющий собой дробное переслаивание вулканических пеплов, песка, гравия с погребенными ими почвами и супесями (см. рис. 4). Грубая пирокластика поставлялась в основном окружающими кальдеру вулканами (Кихпинич, Крашенинникова, Тауншиц и др.). Местным событием было образование маара оз. Дальнее в результате фреатомагматического извержения 7600—7700 ^{14}C лет тому назад [11]. Вблизи маара и у северного борта кальдеры пирокластика этого события залегает в основании чехла мощностью от 10 до 100 см (см. рис. 4, т. 2, 28, 29, 35). Стратификация пирокластики, связанной с маарами, свидетельствует о многоактности извержения. Как и при извержении шлаковых конусов, наблюдается переслаивание довольно мощных горизонтов вулканических шлаков, темно-серых песков, вулканических бомб. Кроме того, в разрезах почвенно-пирокластического чехла имеются отложения, связанные с фреатическими извержениями, происходившими на термальных полях. Мощность таких отложений не превышает 40 см. Общая мощность почвенно-пирокластического чехла колеблется от 1,5 до 2,5 м. Наиболее полный голоценовый чехол сформировался на относительно древних поверхностях: на останцах плейстоценовых озерных отложений, на морене последнего оледенения. Кроме местного вулканогенного материала в разрезах почвенно-пирокластического чехла имеются тонкие прослойки белых, желтых и палевых вулканических пеплов. Это так называемые транзитные пеплы удаленных вулканов, свидетельствующие о катастрофических извержениях. Многие из этих пеплов датированы с помощью радиоуглеродного метода [10, 11]. В основании разрезов (см. рис. 4, т. 24, 35) прослеживается белый пепел, имеющий ^{14}C возраст ~9000 лет тому назад. В средней части разрезов имеются пеплы вулканов Кизимен (7500—7600 ^{14}C лет тому назад), Хангар (6900—7000 ^{14}C лет тому назад), в верхней части — вулканов Ксудач (1700—1800 ^{14}C лет тому назад), Опала (1400—1500 ^{14}C лет тому назад).

Спорово-пыльцевые спектры получены из отложений, сформировавшихся на сохранившейся поверхности межледниковых отложений у северного подножия горы Белой

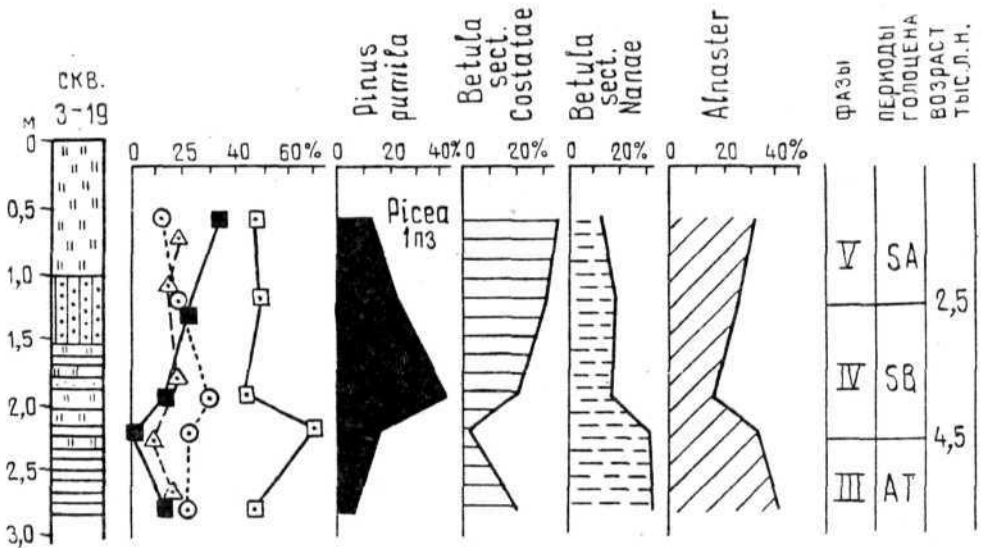


Рис. 6. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза скв. 3—19. Условные обозначения см. на рис. 4 и 5

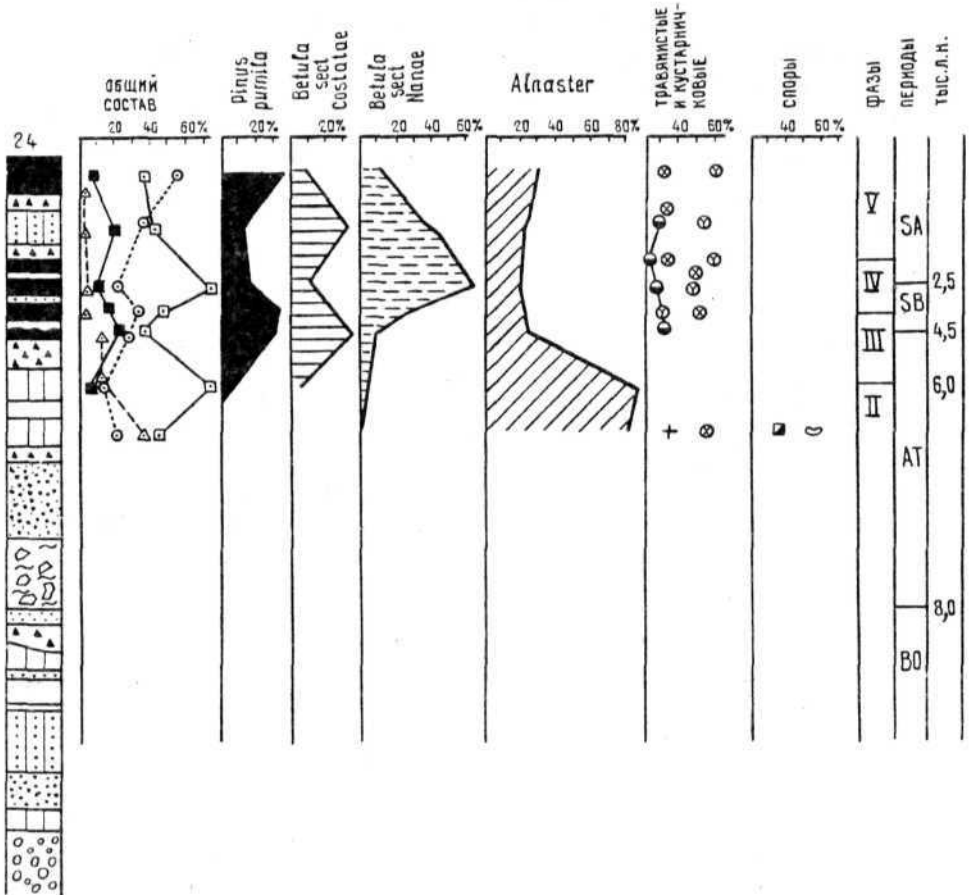


Рис. 7. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза 24. Условные обозначения см. рис. 4 и 5

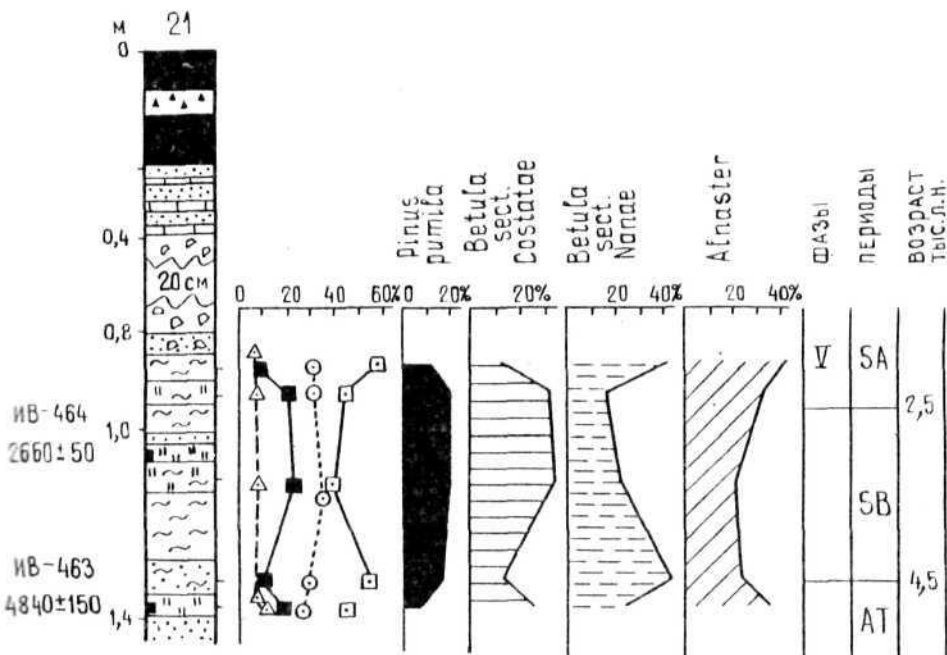


Рис. 8. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза 21. Условные обозначения см на рис. 4 и 5. Слева от разреза показан ^{14}C -возраст

(см. рис. 4, т. 24). Нижняя часть разреза, представленная в основном вулканогенным материалом, пыльцу и споры не содержит. В верхних частях выделяются четыре спорово-пыльцевых комплекса, отвечающих второй —пятой фазам развития растительности в голоцене (рис. 7).

Результаты спорово-пыльцевого анализа, датированные маркирующие горизонты вулканических пеплов, а также имеющиеся радиоуглеродные даты позволяют определить возраст отложений, связанных с фреатическими извержениями. В районе современного оз. Хлоридное извержение было 1500—2000 лет тому назад. Отложения взрыва, мощностью 40 см, представленные обломками измененных пород в глинистом заполнителе, залегают на озерно-болотных отложениях. Непосредственно под отложениями взрыва в спорово-пыльцевых спектрах фиксируется уменьшение содержания пыльцы березы древесной до 10% и почти максимальное количество кустарниковой, что соответствует пятой фазе развития растительности (рис. 8). Сформировавшийся же почвенно-пирокластический чехол начинается горизонтами тефры, залегающими в других разрезах на транзитном пепле вулкана Опала возраста 1400—1500 ^{14}C лет тому назад.

В разрезе торфяника оз. Банное отложения фреатического извержения отмечаются выше транзитного палевого пепла, имеющего возраста ~3500 ^{14}C лет тому назад (устное сообщение О.А. Брайцевой). Отложения имеют мощность 30 см и представлены обломками окремненного торфа, серого песка и гравелита. Фреатическое извержение было ~3500 лет тому назад, возможно, тогда и образовалось оз. Банное (см. рис. 4, т. 5).

Следы фреатических извержений есть и в других местах. Так, в 50 м к северу от оз. Фумарольное в почвенно-пирокластическом чехле под пеплом вулкана Опала возраста 1400—1500 ^{14}C лет тому назад залегают 35 см пылеватого палевого песка с обломками измененных пород. Нижняя часть чехла невыразительная, и о возрасте судить трудно. В разрезе почвенно-пирокластического чехла у подножия горы Белой (см. рис. 4, т. 24) имеется горизонт, похожий на отложения фреатических извержений, мощностью 20 см. Он представлен обломками измененных пород в глинистом запол-

нителе. Расположен этот горизонт под пирокластикой оз. Дальнее. Можно предполагать, что извержение было ~7700 ¹⁴Cлет тому назад. Источник древнего извержения установить трудно, возможно, это событие произошло в районе оз. Центральное.

В течение голоцена и в настоящее время помимо накопления осадков происходит их разрушение, главным образом под воздействием гидротермальных процессов. На термальных площадках имеются реликты почвенного покрова, свидетельствующие о существовании в недавнем прошлом растительного покрова. По мере прогревания исчезала растительность и разрушался почвенный покров. В настоящее время с восточной стороны оз. Банное появились пятна диаметром ~10 м, лишенные растительности, где началось разрушение почв и торфяника. В районе оз. Банное предыдущие исследователи наблюдали окремненные стволы кустарника, по всей вероятности, ольхового стланика [2], который в настоящее время здесь не произрастает. Интересно обнажение серного бугра на ручье Веселый. По результатам спорово-пыльцевого анализа и имеющейся ¹⁴C-дате (Г.А. Карпов, устное сообщение), 2000—3000 лет тому назад существовал нормальный почвенный покров и произрастала растительность. На южном склоне этого бугра сохранился участок, не затронутый гидротермальными процессами, с полным голоценовым чехлом (см. рис. 4, т. 2). У подножия бугра, собственно уже на термальной площадке, сохранилась только нижняя часть почвенно-пирокластического чехла, погруженная в грунтовые воды. По всей вероятности, на термальных полях идет проседание. О проседании свидетельствует обнаруженный Г.А. Карповым торф на дне Хлоридного озера под 20 см ила. По результатам спорово-пыльцевого анализа, его возраст ~1500 лет тому назад. В спорово-пыльцевом спектре доминирует пыльца кустарников (50%), ольхового стланика (*Alnaster* — 38%), кедрового стланика (*Pinus pumila* — 20%), кустарниковой березки (*Betula sect. Nanae* — 36%). Единично встречается пыльца ели (*Picea*) и березы древесной (*Betula sect. Costatae*). В группе травянистых (22%) господствует пыльца злаков (*Gramineae* — 43%), вересков (*Ericaceae* — 17%), осок (*Suregaceae* — 8%) и прочего разнотравья (32%). В группе споровых основное место занимают папоротники (*Polypodiaceae* — 56%) и плауны (*Lycopodiaceae* — 37%). Встречаются споры зеленых и сфагновых мхов. Такой спектр отражает четвертую фазу развития растительности, границу между четвертой и пятой фазами на эталонной диаграмме (см. рис. 5).

Особенно много реликтов почвенного покрова на Восточном термальном поле. Можно предположить, что в начале голоцена термопроявлений на этой площади было меньше.

Выводы

Узон-Гейзерная вулканотектоническая депрессия возникла как структура обрушения в результате грандиозных игнибритообразующих извержений в позднем плейстоцене ~40 000 лет тому назад. Субсинхронно образовались сначала Гейзерная, а затем Узонская кальдеры.

Заполнение образовавшейся депрессии вулканогенными и вулканогенно-осадочными отложениями происходило на фоне интенсивной вулканической деятельности как внутри кальдеры, так и на близлежащих территориях.

По результатам спорово-пыльцевого анализа (рис. 9), Гейзерная кальдера заполнилась осадками в течение климатического оптимума Каргинского межледниковья (45 000—35 000 лет тому назад). В конце этого периода замкнутый водоем был спущен, осадки подверглись размыву, и в дальнейшем условий для образования отложения озерного генезиса не возникло.

Осадконакопление в Узонской кальдере имело более сложный характер. Основное заполнение депрессии осадками произошло также во время Каргинского межледниковья. Спуск водоемов начался, видимо, позже — в начале последнего позднплейстоценового оледенения. На размытой поверхности сформировались озерные и озерно-аллювиальные отложения ледникового и послеледникового времени.

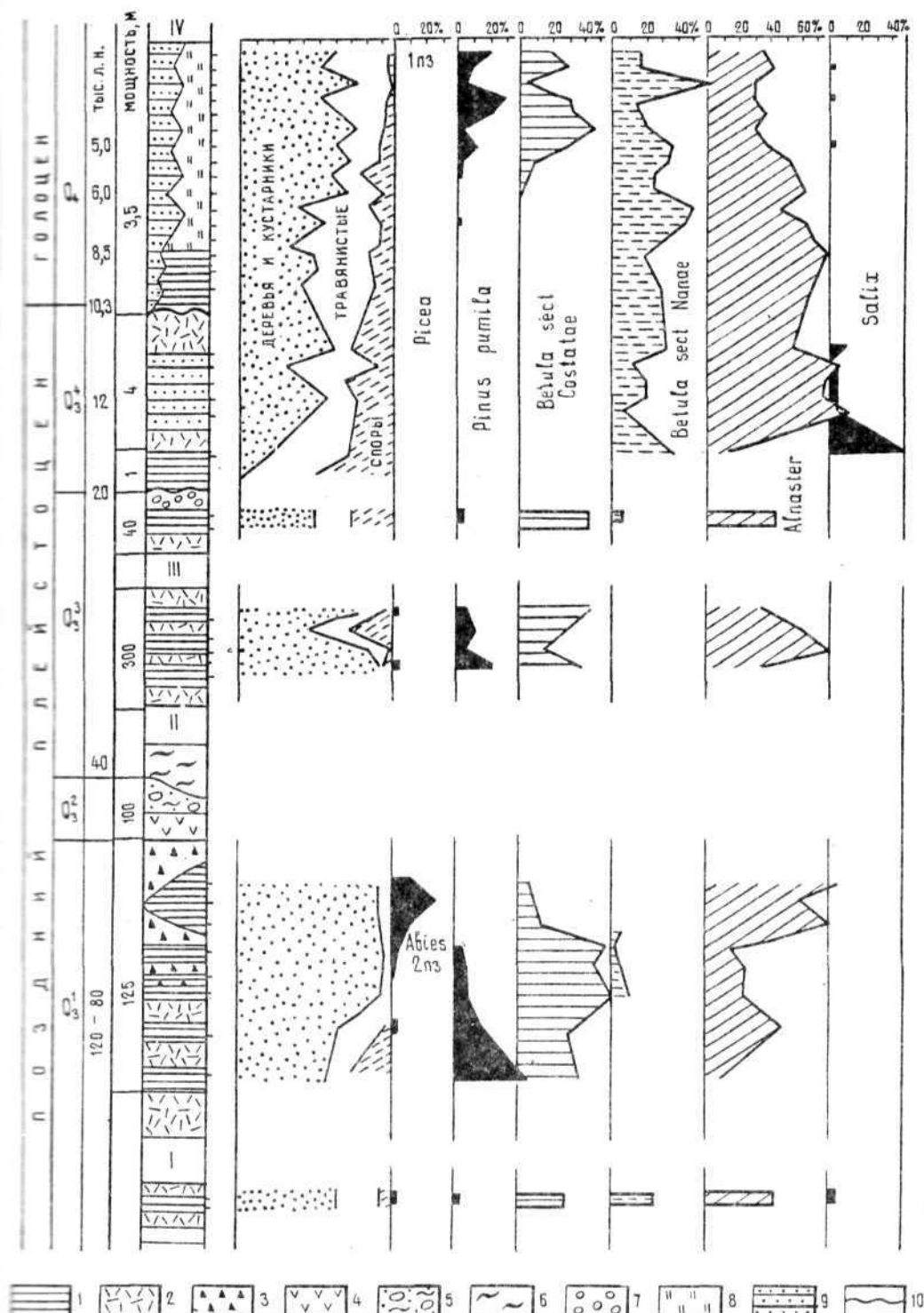


Рис. 9. Схематический геологический разрез и сводная спорово-пыльцевая диаграмма. 1 — тонкослоистые озерные отложения; 2 — пепловое туфы, 3 — лапилли шлака, 4 — лавы дацитового состава; 5 — валунно-глыбовые пролювиальные отложения; 6 — игнимбриты; 7 — пемзовые лапилли; 8 — торф; 9 — почвенно-пирокластический чехол; 10 — размыв. I — устье р. Гейзерной (Устьевая пачка, по В. Л. Леонову), 3 — плато Широкое (ручей Безымянный), III — Долина Гейзеров (ручей Водопадный, верховье Р. Гейзерной), IV — кальдера Узон

Экструзия горы Белой образовалась в ледниковое — позднеледниковое время. Ее последние пирокластические потоки, а также лавовый поток перекрывают отложения приледниковых озер и почвенно-пирокластических чехлов, сформировавшийся в позднеледниковое время (11 000—12 000 лет тому назад).

В начале голоцена произошел вторичный спуск озер и размыв. На плоской поверхности остались небольшие озера — реликты ледникового времени и заболоченные участки. У северного подножия горы Белой сформировалось большое проточное озеро, которое постепенно подверглось заболачиванию, особенно после возникновения в начале голоцена маара оз. Дальнее, изменившего положение ручьев, впадавших в озеро.

На протяжении голоцена продолжалось формирование озерно-болотных отложений и почвенно-пирокластического чехла. В голоценовых отложениях, особенно в почвенно-пирокластическом чехле, запечатлена деятельность близлежащих вулканов, образование маара оз. Дальнее (7600—7700 ^{14}C лет тому назад) и фреатических извержений, происходивших на термальных полях. Самый ранний из обнаруженных взрывов произошел 7700 ^{14}C лет тому назад. Образование термальных озер можно связать с обводнением, происшедшим в начале голоцена в связи с окончательным таянием ледников и глобальным увеличением влажности. Не случайно в начале голоцена произошло и фреатомагматическое извержение, образовавшее маар оз. Дальнее.

Сохранившиеся фрагменты почвенного покрова на некоторых участках термальных полей свидетельствуют либо о расширении площадей с термопроявлениями, либо об их миграции.

При интерпретации возраста вулканогенно-осадочных отложений кальдеры Узон по результатам диатомового анализа имеются разночтения. Озерные отложения первого этапа осадконакопления, вскрывающиеся в обнажениях левого борта р. Шумной и ее левых притоков, датированы первым межледниковьем позднего плейстоцена (Q_3^1), а отложения, вскрытые в районе Восточного термального ноля скв. УКВ-1, — вторым межледниковьем (Q_3^2). Гипсометрически подошва отложений, вскрытых скважиной, находится ниже основания разрезов в обнажениях на 54 м.

По всей вероятности, была допущена ошибка при сопоставлении выделенных комплексов диатомовых водорослей с комплексами эталонных разрезов Центральной Камчатской депрессии.

Если принять разновозрастность описанных отложений, то кальдера Узон образовалась в конце первого межледниковья (Q_3^1). Во время второго межледниковья (Q_3^2) в кальдере активизировалась вулканическая деятельность, образовалась новая взрывная воронка, которая заполнилась озерными отложениями, что и предполагали ранее [2]. Но это пока не подтверждено геологическими материалами.

Автор выражает благодарность Г.А. Карпову за содействие в работе и полезное обсуждение материалов исследований при подготовке их к публикации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов В.И., Гриб Е.Н., Леонов В.Л. Геологические позиции гидротермальных систем Долины Гейзеров и кальдер Узон // Вулканология и сейсмология. 1983. № 1. С. 65—79.
2. Вулканизм, гидротермальный процесс и рудообразование. М: Недра, 1971. 260 с.
3. Егорова И.А. Палинологическая характеристика вулканогенно-осадочных отложений в применении к стратиграфии // Вулканический центр: строение, динамика, вещество. М.: Наука, 1980. С. 52—78.
4. Егорова И.А. История развития растительности Камчатки в голоцене // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. М.: Наука, 1982. С. 220—223.
5. Егорова И.А. Хронология голоцена Камчатки по данным палинологических исследований и радиоуглеродного датирования // Тез. докл. Всесоюз. конф. «Геохронология четвертичного периода». М., 1985.

6. *Карпов Г.А.* Современные гидротермы и ртутно-сурьмяно-мышьяковое оруденение. М.: Наука, 1988. 182 с.
7. *Кинд Н.В.* Хронология позднего антропогена по радиометрическим данным // Итоги науки и техники. Стратиграфия. Палеонтология. Т. 4. М: Наука, 1973. С. 5—49.
8. *Краевая Т.С., Брайцева О.А., Шеймович В.С. и др.* Отложения четвертичных кальдер Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1979. № 4. С. 3—11.
9. *Леонов В.Л.* Геологическое строение каньона р. Шумной и Узонско-Гейзерная депрессия на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 1982. № 2. С. 100—103.
10. *Пономарева В.В.* Вулкан Крашенинникова: история формирования и динамика активности // Вулканология и сейсмология. 1987. № 5. С. 28—44.
11. *Пономарева В.В., Брайцева О.А.* Вулканическая опасность для района Кроноцкого озера — Узон — Долина Гейзеров // Вулканология и сейсмология. 1990. № 1. С. 27—44.
12. *Флоренский И.В.* К вопросу о возрасте кальдер Узон и Крашенинникова // Вулканология и сейсмология. 1984. № 1. С. 102—106.

Институт вулканологии
ДВО
Петропавловск-Камчатский

РАН,

Поступила в редакцию
16.07.1992