

Глубинное строение Центрально-Камчатской депрессии и структурная позиция вулканов

Б.В. Иванов, С.В. Попруженко, С.Е. Апрельков

Опубликовано: Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. ИВГиГ ДВО РАН, Петропавловск -Камчатский, 2001 г., 428с.; УДК 551.21+552+550.34

Комплексный анализ геолого-геофизических и петрофизических данных района Центрально-Камчатской депрессии (ЦКД) позволяет выделить в ее глубинном строении три структурные зоны, сложенные структурно-вещественными комплексами широкого возрастного диапазона от домезозойских (?) до современных. Наличие в пределах ЦКД протяженной, большей частью погребенной антиклинальной зоны (поднятия), обрамленной депрессионными структурами, свидетельствует о ее наложенном характере. Интенсивные локальные геофизические аномалии в районах, закрытых вулканогенными и рыхлыми четвертичными образованиями, позволяют предположить существование ряда погребенных вулкано-тектонических структур. Установлено, что плиоцен четвертичные вулканические проявления тяготеют к Хавывенскому погребенному поднятию и Восточной депрессионной зоне.

Плиоцен-четвертичные вулканы Центрально-Камчатской депрессии (ЦКД) по структурной позиции выделяются в обособленную вулканическую зону Камчатки. Всеобщее внимание своей почти непрерывной активностью привлекали и привлекают, естественно, вулканы Ключевской группы (КГВ), общий объем вулканических продуктов которой, по утверждению Н.Н.Кожемяки [12], является "уникальным как в абсолютных цифрах, так и на единицу площади, и примерно соответствуют всей массе позднеплиоцен-четвертичных вулканитов Восточной и Южно Камчатской зоны". ЦКД протягивается от истоков реки Камчатка до берегов Укинской губы и продолжается в заливе Литке. С востока депрессия ограничена горстовыми поднятиями Восточных хребтов, с запада - отрогами Срединного хребта.

В ЦКД сосредоточено значительное количество вулканов: от Кинчоклы (Николка) на юге до Шивелуча на севере. Вероятно, вследствие слабой изученности, в группу вулканов ЦКД не всегда включались относительно древние постройки: это Начикинская вулкано-структура (ВС), сведения о которой сравнительно недавно опубликованы [13], и Хайлюлинская ВС, изученная при тематических и геолого-съёмочных работах.

Эволюция представлений о структуре фундамента Ключевской группы

вулканов

Б.И.Пийп [19], один из первых исследователей Ключевской группы вулканов (КГВ), полагал, что извержения этой группы вулканов сопровождаются медленным погружением всего Ключевского дола, сопряженным с поднятием хребта Кумроч, расположенного к востоку от него.

А.Е.Святловский [21,22] рассматривал ЦКД как зону опускания, предшествовавшего вулканизму. К обширным поднятиям внутри этой зоны приурочены крупнейшие вулканы КГВ, а также Шивелуч и Кинчокла. Ключевской дол, по его мнению, является куполообразным вулкано-тектоническим поднятием, окраины которого испытывают опускание, сопровождающееся образованием сбросов по периферии плоскогорья. Эту точку зрения поддержал Э.Н.Эрлих [23], считавший, что центральное поднятие, идущее по оси КГВ, отчетливо фиксируется резким повышением уровня кровли мегаплагиофировых лав, представляющих основание группы вулканов. Вдоль восточного края поднятия располагаются вулканы Ключевской, Камень, Безымянный, на западном борту - массив Плоских сопок.

Позднее Б.В.Иванов [11] конкретизирует структуру КГВ. По его данным, это сводово-глыбовое поднятие плиоцен-четвертичного возраста, отделенное с востока от горст-антиклинория хребта Кумроч серией ступенчатых сбросов с амплитудой до 1000 м и более. С запада оно ограничивается разломом с амплитудой сброса 200-800 м. Сводово-глыбовое поднятие разбито разломами северо-западного простирания на ряд мозаичных глыб, представляющих собой структуры типа горстов, как например, Кинчоклинская, Ключевская, Шивелучская, или грабенов - Толбачинского, Харчинского, покоящихся на разновысоких глыбах мелового фундамента.

Представления о глубинном строении ЦКД основаны, в основном, на геофизических данных - ГСЗ, КМПВ, МТЗ, МОВЗ, сейсмологии, аэромагнитной и гравиметрической съемках. Литература, посвященная этой проблеме, обширна и разнородна [1,4,5,6,9,20 и др.], поэтому ограничимся кратким изложением результатов этих работ вне хронологических рамок.

Основным фактором, на который опираются структурные построения и формирование геолого-геофизических моделей, является глубина залегания сейсмической границы с $V_T = 5,0-5,4$ км/с, к которой привязываются высокоомное основание и контрастная плотностная граница. Достаточно достоверно (по данным бурения и непосредственным геологическим выходам на поверхность) эта петрофизическая граница связывается с кровлей верхнемелового складчатого основания и чаще называется "меловым фундаментом" (МФ). Петрофизические характеристики МФ обусловлены высокой степенью регионального метаморфизма и интенсивной дислоцированностью. Ниже довольно уверенно прослеживается граница с $V_T = 5,7-6,4$ км/с, которая большинством исследователей считается кровлей кристаллического фундамента (КФ). Однако, геологическая природа ее не столь однозначна. В некоторых случаях она связывается с фронтом метаморфизма [19], но чаще - с древним кристаллическим основанием меловой геосинклинали (Восточная Камчатка) или с кристаллическим фундаментом Охотской эпимезозойской платформы (Срединный хребет). Данная граница характеризуется скачком плотности и, вероятно, совпадает с верхней усредненной границей интенсивного обмена сейсмических волн [17]. Для МФ и КФ на основании качественного анализа динамических и кинематических характеристик зарегистрированных сейсмических волн, данных плотностного моделирования, величины электропроводности и др. отмечается латеральная неоднородность с выделением крупных гетерогенных блоков, разделенных зонами глубинных разломов. Значительная латеральная и вертикальная неоднородность характерна также для нижних горизонтов земной коры и верхней мантии [1,6,7]. При этом, раздел "К" чаще выделяется по серии отражающих площадок, тяготеющих к резкой плотностной границе, а проведение границы "М" в некоторых районах (Ключевская группа вулканов, Козыревская впадина) становится неопределенным в связи с наличием переходного коромантийного слоя.

Специализированные (включая комплексные) геофизические исследования в ЦКД, хотя и не являлись в полной мере планомерными и систематическими, позволили получить общее представление об особенностях ее глубинного строения в некоторых участках, при этом был выделен и охарактеризован ряд крупных структурных элементов - Ключевское поднятие, Хапицкая, Толбачинская вулкано-тектонические депрессии и Козыревская впадина.

Вещественный состав пород фундамента ЦКД

Вся южная большая часть ЦКД до поворота реки Камчатка в широтном направлении полностью закрыта четвертичными рыхлыми и вулканогенными образованиями (рис.1). Сведения о геологическом разрезе этой части ЦКД были получены при нефтепоисковых работах (скважина "Долиновская-2"). Сверху вниз по этой скважине пройдены:

0-580 м - четвертичные гравийно-галечно-песчаные отложения;

580-1050 м - неогеновые алевролиты, слабоуплотненные туффиты, угли бурые листоватые, туфопесчаники с прослоями туфоаргиллитов со средней плотностью $\delta = 1,65$ (здесь и далее в г/см³);

1050-2380 м - палеогеновые (эоцен-олигоцен) туфопесчаники, туфоаргиллиты с прослоями туфогравелитов $\delta = 2,22-2,55$ (средней 2,39).

В одной из скважин (Безводная) под неоген-четвертичной молассой вскрыты вулканогенные образования, которые условно сопоставляются с олигоцен-миоценовыми отложениями анавайской серии.

В северной более приподнятой части обнажаются не только отложения, выполняющие ЦКД, но и образования, слагающие ее фундамент, в том числе и, очевидно, самые древние доверхнемеловые метаморфические образования Хавывенской возвышенности. Последние представлены гнейсами и кристаллическими сланцами основного состава с интрузиями аподунитовых и апоперидотитовых серпентинитов (средняя плотность 2,88). Их перекрывают верхнемеловые кремнисто-вулканогенные отложения (1700 м) хапицкой свиты, при этом в кремнистых осадочных брекчиях отмечались обломки пироксенитов)1.

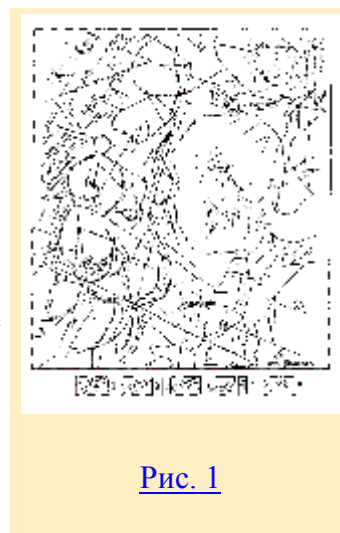


Рис. 1

Эффузивно-пирокластические и туфогенно-осадочные отложения (~ 1000 м) предположительно верхнемелового возраста (средняя плотность - 2,59) были установлены в нижнем течении реки Еловка [3]. Характерной особенностью этой толщи являются базальты с мегапорфировыми выделениями авгита. Толща прорвана довольно крупной интрузией габбро-диоритов ($\delta=2,88$). Там же, несколько севернее выходов верхнемеловых пород, в районе горы Матера, обнажается слоистая толща (120-150 м) эоценового возраста, представленная песчаниками, алевролитами, аргиллитами с карбонатными конкрециями ($\delta=2,37$).

Сведения о более высоких горизонтах геологического разреза ЦКД были получены Б.В.Ежовым при изучении Хайлюлинской ВС, а затем были значительно уточнены А.К.Боровцевым² при геологической съемке.

В центральной части разрушенного Хайлюлинского раннеплейстоценового вулкана установлены туфогенно-осадочные отложения, которые Б.В.Ежовым были отнесены к ковачинской свите. Эти отложения прорваны интрузией диоритов, субвулканическими телами разного состава.

А.К.Боровцевым в верховьях реки Крапивная в районе руин вулcano-структуры выделена алевролитовая толща (500 м), состоящая из слабослоистых и неслоистых алевролитов и песчаников нередко с конкрециями мергелей ($\delta=2,53$). Она залегает на верхнемеловых отложениях согласно с прямой или волнистой линией контакта. По комплексу бентосных фораминифер ее возраст определяется в пределах верхнего маастрихта-нижней части палеоцена. Таким образом, она является возрастным аналогом дроздовской свиты Восточной Камчатки, верещагинской свиты полуострова Камчатский мыс и ивтыгинской свиты Корякского нагорья. Выше, по его данным, согласно залегают песчаниковая толща палеогенового возраста, представленная однообразными песчаниками с тонкими прослоями [черных аргиллитов](#) и единичными линзовидными прослоями гравелитов и мелкогалечных конгломератов общей мощностью 250 м ($\delta=2,43$). Толща прорвана телами субщелочных диоритовых порфиритов (абсолютный возраст 36 и 43 млн. лет). Разрез наращивается (взаимоотношения с перекрывающими и подстилающими отложениями не установлены) алевролит-конгломератовой толщей (нижний-средний эоцен), развитой по правобережью реки Правая Хайлюля. В нижней и верхней части разреза толщи наблюдались алевролиты, в средней - песчаники и конгломераты, в последних отмечались валуны, гальки пород верхнего мела, а также диоритов и диоритовых порфиритов, в песчаниках - обломки углей, обильный [растительный детрит](#), остатки шишек *Picea* sp. Мощность толщи - 160 м.

Следует особо подчеркнуть, что палеоценовые отложения полностью отсутствуют в соседнем горстовом поднятии полуострова Озерной. Здесь, в основании кайнозойского разреза с резким угловым несогласием и размывом на верхнемеловых отложениях (хапицкая свита) залегают конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты, аргиллиты, иногда, кислые туфы, содержащие фауну и флору среднего-верхнего эоцена мощностью до 800 м [14]. Эта свита, названная А.Ф.Литвиновым конской, сопоставляется с ковачинским горизонтом Западной Камчатки. Вдоль западного борта Озерновского горста и южнее Хавывенской возвышенности (т.е. в пределах ЦКД) закартированы олигоценые отложения шагаевской свиты (туфоалевролиты, алевролиты, туфопесчаники, туффиты, туфы, конгломераты - 500 м). Южнее Начикинской вулcano-структуры, в пределах ЦКД, на поверхности обнажены также миоценовые отложения (македонская, столовогорская свиты), согласно залегающие на подстилающих породах шагаевской свиты.

Между свитами фиксируются размыв и несогласие. Они сложены туфопесчаниками, туфоалевролитами, туффитами, туфами, туфоконгломератами общей мощностью 650 м. По возрасту они отвечают пахачинской свите Корякского нагорья и какертской, этолонской свитам кавранской серии Западной Камчатки.

Таким образом, по данным по разным участкам депрессии складывается довольно полное представление о геологическом разрезе ее северной части (снизу вверх): доверхнемеловой метаморфический комплекс (кристаллический фундамент, >1000 м), верхний мел -1700 м, маастрихт-палеоген - около 2000 м, неоген - 650 м. Обращает внимание отсутствие в разрезе черно-сланцевых и существенно вулcanoгенно-осадочных метаморфизованных отложений верхнемелового возраста, известных в Ганальском и Валагинском хребтах.

Строение ЦКД

Основываясь на районировании поля силы тяжести и интерпретации других геофизических и геологических данных, нами в пределах ЦКД выделяются три продольные структурные зоны (Восточная, Западная депрессионная, Хавывенское погребенное поднятие), особенно четко проявленные в строении верхних горизонтов земной коры (рис. 2). В западной части ЦКД прослеживается линейная зона грабенообразных депрессий мелового складчатого основания и кристаллического фундамента. К наиболее крупным и глубоким локальным впадинам относятся Долиновская и Козыревская с глубиной залегания МФ и КФ соответственно 4-6 и 6-8 км. Восточнее указанной зоны впадин протягивается зона поднятий (МФ и КФ). Геологическая природа последней оценивается по разному. Ряд исследователей [15] считают ее продолжением горст антиклинальной структуры Валагинского хребта. Другие высказывают предположение, что эта зона, названная Хавывенским погребенным поднятием (ХПП) [2], парагенетически связана с палеозоной Беньофа. Высказывалось также мнение о значительной роли метаморфогенных процессов (поднятие фронта метаморфизма и базификация) в формировании глубинных петрофизических параметров в связи с интенсивным базальтоидным вулканизмом [7]. В пределах ХПП выделен ряд крупных блоков, отраженных максимумами поля силы тяжести разной интенсивности: Николкинский, Ключевской, Еловский, Хавывенский и др. Блоки разделены депрессиями: Толбачинской, Харчинской и т.д. По геофизическим данным глубина залегания МФ в Толбачинской депрессии достигает 5 км, КФ - 8 км, а в Ключевском блоке соответственно 0-2 км и 5 км.

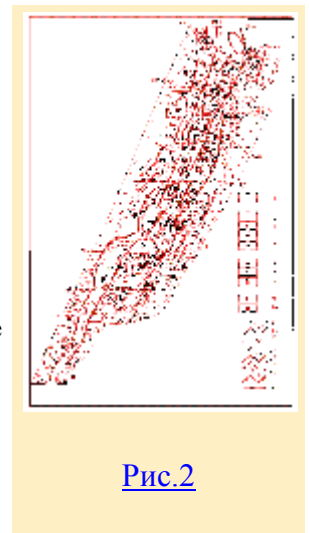


Рис.2

С востока, как и с запада, ХПП также ограничено линейной зоной депрессий в которую входят Шапинские грабены, Хапицкая ВТД, Шивелучская и др. впадины. Наиболее изученной геофизическими методами является Хапицкая ВТД (некоторые считают ее впадиной), где глубина залегания МФ оценивается в 4-5 км, а КФ - 8-10 км.

Анализ морфологии поля силы тяжести (далее - ПСТ) свидетельствует, что блоковая структура ЦКД сформирована под влиянием северо-западных и, в значительной мере, субширотных транскамчатских глубинных разломов со сдвиговой компонентой (Карымский, Унанский, Облуковинский, Лаучан-Андриановский, Толбачинский, Крестовский и др.).

Западная депрессионная зона (ЗДЗ). Восточной границей ЗДЗ служит первый Центрально-Камчатский разлом (ЦК-1), фиксирующийся практически непрерывной интенсивной гравитационной ступенью. Судя по данным ГСЗ и МОВЗ, этот разлом имеет мантийное заложение. В южной части ЗДЗ представлена узкими линейными приразломными грабенами - Быстринским и Быстринско-Мильковским (БМ). Последний грабен находится между узлами пересечения глубинных разломов: северо-западных Петропавловско-Крутогоровского и Кирганикского, соответственно, с широтными Карымским и Унанским. Этот грабен, разделяющий Кирганикское и Валагинское горстовые поднятия, сложенные верхнемеловыми вулканогенно-осадочными отложениями, является кулисообразным северо-восточным продолжением субмеридионального Быстринского грабена, разделяющего метаморфические мафический (Ганальский хребет) и сиалический (Срединный хребет) выступы КФ (?).

Севернее Кирганикского разлома Быстринско-Мильковский грабен переходит в зону обширной Долиновской впадины. Эта впадина, вместе с последующими к северо-востоку Козыревской (КЗ), Киреунской (КР), Киненинской (КС), Кичевинской (КЧ) - отделяет Хавывенское погребенное поднятие от системы относительно небольших закрытых горстов Срединного хребта - Северо-Кирганикского (С-К), Крапивненского (КРА), Левого (ЛВ), Укинского (УК) и др. В отличие от восточной разломной (ЦК-1), западная граница ЗДЗ не является четкой, так как впадины начинают проникать, вписываться в мозаику вулcano-тектонических структур и блоков основания Центрально-Камчатского вулканического пояса, в связи с чем можно предполагать, что конфигурация впадин в определенной степени обусловлена и вулcano-тектоникой.

Судя по геологическим данным, можно предполагать, что заложение ЗДЗ произошло в маастрихте - начале палеогена, и изначально она развивалась как зона линейных грабенов, связанная с глубинным разломом ЦК-1.

Хавывенское погребенное поднятие (ХПП). По четкой гравитационной ступени, фиксирующей глубинный разлом ЦК-1, эта структура прослеживается нами от северной части Ганальского выступа метаморфид. Предполагается, что на участке между широтными Карымским и Унанским (У) разломами ХПП "задавлено" более молодыми надвиговыми структурами Валагинского хребта. Севернее, между Унанским и Облуковинским (О) широтными разломами, ХПП осложнено небольшой Китильгинской (КН) впадиной, возможно, вулcano-тектонического происхождения.

Севернее Китильгинской впадины располагается Николкинский блок (НКБ) ХПП. Судя по уровню ПСТ, примерно равному уровню над вулканогенно-осадочными меловыми отложениями Валагинского хребта, глубины

залегания МФ и КФ здесь также невелики. Это подтверждается данными Кимитинского профиля КМПВ, где на восток граница с $V_T=6,0-6,3$ км/с поднимается до глубины 4 км.

Близкое глубинное строение имеет следующий крупный Ключевской (КЛБ) блок, где глубины залегания МФ и КФ оценены по сейсмическим данным, однако, судя по гравиметрическим данным, не в самой поднятой его части. Отгалкиваясь от этих сведений, можно предполагать, что на участках эпицентров гравитационных максимумов, фиксирующих Николкинский и Ключевской блоки, глубина залегания КФ может составлять менее 5 км при близповерхностном залегании МФ.

В районе между Лаучано-Андриановским (Л-А) и Толбачинским (Т) разломами Николкинский и Ключевской блоки разделены Толбачинской (ТЛ) ВТД с глубиной залегания КФ и МФ соответственно около 8 км и 5 км. Детальный анализ ПСТ показал, что эта депрессия имеет более сложное строение, чем это предполагалось ранее. По гравиметрическим данным, собственно Толбачинская ВТД, имеющая эллипсообразную вытянутую в северо-восточном направлении форму, отделена от Козыревской впадины ЗДЗ ЦКД антиклинальным перегибом и ограничена с востока горстообразным поднятием МФ в верховьях реки Правый Толбачик. К длинной северо-восточной оси Толбачинской ВТД приурочена линейная зона ареального вулканизма. Отдельные шлаковые конуса тяготеют также к разлому, ограничивающему упомянутое горстовое поднятие. Насколько можно судить по среднемасштабным гравиметрическим данным, вершинная часть вулкана Острый Толбачик расположена над разломом южного обрамления Ключевского блока, в то время, как Плоский Толбачик несколько смещен в зону ВТД.

Андезитовые вулканы Малая и Большая Удины располагаются в районе локального минимума ПСТ более высокого порядка (размером до 12-15 км, интенсивностью до 6-8 мГал.), вытянутого в юго-восточном направлении и охватывающего юго-восточный склон Плоского Толбачика. Наиболее логичным объяснением этой аномалии является предположение о наличии здесь погребенной локальной ВТД, возможно, кальдерного генезиса. Во всяком случае, несомненно, что либо история развития вулканизма в этом районе, особенно его плиоцен-раннечетвертичного этапа, либо особенности глубинного строения, требуют дополнительного исследования.

За Ключевским блоком, отделенным на севере Крестовским (Кр) широтным разломом и слабо выраженной Харчинской зоной погружений, к северу следуют Харчинский (ХРБ), Еловский (ЕЛБ) и Средне-Озерновский (СРБ) блоки, фиксирующиеся одноименными максимумами ПСТ. В районе Еловского блока обнажаются верхнемеловые образования островодужного типа, при этом уровень ПСТ над ними примерно равен уровню над вышеописанными южными блоками ХПП. Далее уровень ПСТ резко возрастает (на 30-40 мГал) над Средне-Озерновским и Хавывенским блоками. Для Хавывенского блока этому есть вполне логичное объяснение - выходы на поверхность метаморфического комплекса основного состава и гипербазитов, представляющих, очевидно, кристаллический фундамент. В Средне-Озерновском блоке промежуточный уровень ПСТ можно объяснять сокращенной мощностью верхнемеловых отложений, залегающих непосредственно на метаморфическом комплексе КФ. Средне-Озерновский и Хавывенский блоки разделены изометричной Севанской (СВ) впадиной, возможно, с очаговым характером происхождения тектонических деформаций. Северная часть ХПП (южнее побережья Укинской губы) приобретает сложную конфигурацию, что связано с влиянием северо-западных и широтных разломов. Между Хавывенским и Средне-Озерновским блоками к ХПП причленяется крупная Уколкинская (УК) впадина широтного простираения, которая пересекает горсты хребта Кумроч и полуострова Озерной. Начикинская вулкано-структура и Хайлюлинская ВТС смещены относительно ХПП; соответственно, в ВДЗ и ЗДЗ фиксируются локальными максимумами ПСТ, связанными с внедрением субвулканических комплексов среднего и основного составов.

Восточная депрессионная зона (ВДЗ) начинается на юге Щапинской системой неотектонических грабенов, нижние горизонты которых выполнены неогеновыми вулканогенно-осадочными отложениями, в т.ч. миоценовыми отложениями тышевской серии. По геоморфологическим признакам Право-Щапинский (ПЩ) грабен, возможно, представляет часть зоны растяжений, которая простирается в район трещинных базальтовых излияний Толбачинского дола. Лево-Щапинский (ЛЩ) грабен имеет уже четкое северо-восточное простираение и располагается на одной оси с последующими структурами ВДЗ. В районе слияния рек Правая и Левая Щапины выявлен интенсивный изометричный локальный минимум, захватывающий отроги Валагинского хребта (хр. Широкий), в котором закартированы неогеновые вулканы. Возможно, что минимум отвечает неогеновой ВТС. Морфология и интенсивность гравитационных аномалий несомненно свидетельствуют о вулкано-тектоническом происхождении Лево-Щапинского грабена. Определенным признаком в пользу существования здесь "кислых" эксплозивных вулканических центров служат залежи плиоценовых игнимбритов в районе Асхачного увала.

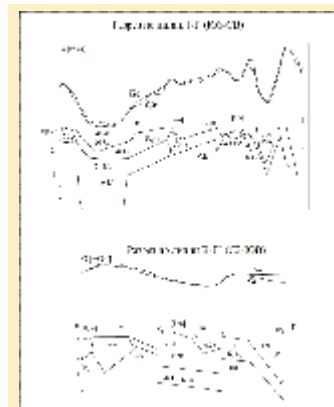
К северо-востоку ВДЗ следится по интенсивному (до 16-18 мГал) изометричному минимуму (10x12 км). Учитывая наличие выходов игнимбритов в хребте Тумрок и Асхачном увале, можно с определенной долей вероятности связывать этот минимум с погребенной ВТС кальдерного типа (район озера Медвежье). К северо-

западу от этой ВТС зафиксированы два локальных максимума ПСТ, приуроченных к небольшому щитовому вулкану Медвежий и Зиминым Сопкам. Вполне возможно, что аномалии создаются здесь скоплением относительно более плотных экструзивно-субвулканических образований. Признаки наличия периферического магматического очага в районе Зиминых сопок, отмечались по данным МТЗ [7]. Северо-восточнее охарактеризованных аномалий располагается обширный гравитационный минимум, соответствующий Хапицкой (ХП) впадине. В происхождении впадины остается много неясного, однако ее вулcano-тектонический генезис отмечался неоднократно. Кроме депрессий МФ и КФ, минимум ПСТ объяснялся также наличием кислого корового очага. Не оспаривая сложной интегральной природы минимума, необходимо отметить, что его эпицентральная часть осложнена локальной аномалией, по формальным признакам имеющей скорее приповерхностное происхождение. Наличие разуплотнения отмечалось и ранее [9], однако его природа не обсуждалась. Сходство аномалий ПСТ в районе Лево-Щапинского грабена, озера Медвежье и Хапицкой впадины (размеры, интенсивность, расположение на одной оси) позволяют высказать предположение, что все они фиксируют единую неоген-четвертичную (?) вулcano-тектоническую зону с отдельными центрами "кислого" вулканизма. Интересно отметить, что в районе юго-восточного склона Ключевской сопки (западный борт Хапицкой впадины) интенсивные деформации в рисовке изолиний ПСТ позволяют предполагать существование узкого грабена (4 км) северо-западного простирания, уходящего под Ключевскую сопку. Восточный борт Хапицкой впадины представляет горстообразное поднятие хребта Кумроч, причем в зоне широтного Крестовского разлома происходит ее резкое сужение, и далее на северо-восток ВДЗ продолжается уже линейно вытянутой Шивелучской впадиной. Значительная часть этой впадины перекрыта лавово-пирокластическими образованиями Шивелуча. Выходы терригенных верхнемеловых-палеоценовых отложений в северной части впадины свидетельствует о том, что именно они слагают впадину, однако вполне допустимо присутствие неогеновых вулcanoгенно-осадочных отложений. Несколько западнее оси впадины выявлены три локальных максимума ПСТ. Центральный из них приурочен к вулкану Шивелуч, который развивался на начальном этапе как щитовой андезито-базальтовый вулкан мантийного питания. Скорее всего, максимум ПСТ связан с близповерхностными субвулканическими образованиями основного-среднего состава Старого Шивелуча. Подобные аномалии известны на многих камчатских вулканах - Большая Ипелька, Шмидта, Большая Кетепана и др.

Наиболее интересной особенностью ПСТ рассматриваемой впадины является наличие эксцентрично расположенного (к юго-востоку) от Шивелуча, интенсивного (до 16-18 мГал) эллипсовидного минимума. Аномалия находится южнее дугообразного уступа взрывного (провальной-?) кратера Шивелуча и не может быть объяснена только разрушением части конуса. Можно предполагать, что гравиметрическая аномалия связана с крупным близповерхностным магматическим очагом "кислого" состава или с древней погребенной эксплозивно-провальной кальдерой.

Северо-восточнее Шивелучской впадины находятся сравнительно небольшие Верхне-Маимлинская (В) и Начикинская (НЧ) впадины, выполненные палеоген-неогеновыми осадочными отложениями и четвертичными молассами. Они разделены небольшими горстами, причленяющимися к ХПП и, как отмечалось ранее, обширной широтной Уколкинской впадиной, резко дискордантной по отношению к камчатским структурам. Проявление плиоцен-четвертичного вулканизма в пределах северного обрамления Начикинской впадины представлено одноименной вулcano-структурой с крупным, судя по гравиметрическим данным, субвулканическим массивом в центральной части. Отдельные позднеплейстоцен-голоценовые конусы отмечаются в пределах обрамления ВДЗ на полуострове Озерной.

Глубинные геолого-геофизические разрезы



Для анализа особенностей строения ЦКД и ее обрамления, кроме построения структурной схемы, мы провели плотностное моделирование по продольному и поперечному профилям (рис.3). В качестве основы использованы среднемасштабные гравиметрические данные, плотностные характеристики стратифицированных комплексов горных пород и сведения о глубине залегания МФ и КФ по результатам сейсмических и электроразведочных работ. Поскольку данные о латеральной петрофизической неоднородности консолидированной части земной коры весьма ограничены, в данном приближении она считается однородной. На продольном профиле Николка - Укинская губа предполагается отсутствие значительных изменений мощности и типа земной коры. Влияние более глубоких неоднородностей, имеющих, судя по сейсмологическим данным, северо-восточную зональность, не может внести существенных изменений в формирование модели наиболее "гравиактивной" верхней части коры. На поперечном профиле, так как он продлен в район восточного побережья Камчатки, региональное возрастание уровня ПСТ скомпенсировано уменьшением мощности коры при допущении существования контрастного плотностного перехода кора-мантия, хотя последнее является упрощением реальной ситуации в связи с существованием мощных коромантийных слоев и инверсий скорости в них в районах современного вулканизма, а также явно аномальными петрофизическими характеристиками сейсмофокального слоя.

Плотностная модель по продольному профилю показывает, что кровля метаморфид основного ряда с севера на юг погружается и достигает максимальной глубины (7-8 км) в районе Толбачинской ВТД. Вулканогенно-осадочный слой в данной модели представлен мел-палеоценовыми и палеоген-неогеновыми отложениями, причем максимальная мощность последних развита, также, в районе Толбачинской ВТД. В силу принципа гравитационной эквивалентности, естественно, допустимы изменения в расчетных мощностях двух верхних слоев, но более интересна и важна проблема присутствия и распространенности в разрезе меловых вулканогенно-осадочных отложений, обнажающихся в районах горстовых поднятий обрамления ЦКД. Судя по геологическим данным, возможно, происходит выклинивание или изменение простираения этих отложений к северу, если метаморфиды Хавывенской возвышенности действительно более древние образования.

Проблема распространения в разрезе плотных (средняя плотность $2,8 \text{ г/см}^3$) меловых вулканогенно-кремнистых отложений характерна и для поперечного профиля, проходящего через Хапицкую ВТД, хотя сама модель допускает включение их в предполагаемый геологический разрез. Необходимо отметить, что практически все исследователи, выделяя границу МФ, не дают четкого объяснения, какие именно отложения из диапазона мел-палеоцен подразумеваются. А между тем, расчленение этой части разреза имеет существенное значение в оценке истории геологического развития района и палеогеографических, палеогеодинамических обстановок. Наш опыт интерпретации гравиметрических данных показывает, что, в частности, выходы ниже-верхнемеловых вулканогенно-кремнистых и черносланцевых отложений фиксируются четкими интенсивными аномалиями ПСТ, а их кровля при моделировании может рассматриваться в качестве структурного горизонта, служащего основанием, на котором накапливались более поздние, преимущественно миогеосинклинальные формации.

Касаясь общих особенностей представленных моделей отметим, что характер ПСТ, при желании, допускает введение в модели внутрикоровых разуплотнений как в районе Хапицкой, так и Толбачинской ВТД. Однако мы этого не делаем, чтобы акцентировать внимание на нерешенные проблемы строения верхней части земной коры. Вулканогенно-осадочный слой земной коры наиболее "гравиактивен", и в ситуации, когда мы имеем два разноглубинных объекта с отрицательной эффективной плотностью, формальных трансформаций (осреднение, пересчет поля в верхнее пространство и т.д.) ПСТ явно недостаточно для точных геологических построений.

Структурное положение четвертичных вулканов

Как было показано, в глубинном строении ЦКД выделяется четкая продольная зональность, выраженная существованием трех продольных структурных зон с достаточно упорядоченным под влиянием транскамчатских широтных и северо-западных разломов блоковым строением. Как ЗДЗ, так и ВДЗ ЦКД в своих южных частях начинаются узкими приразломными грабенообразными депрессиями неотектонического облика. К северу они наращиваются более древними сложно построенными впадинами и вулканотектоническими депрессиями. Основываясь на геофизических данных, можно предполагать, что на начальных этапах большинство из них формировались как грабены. Во всяком случае, аномальная электропроводность фундамента Хапицкой, Козыревской, Толбачинской и (как недавно показали А.Г.Нурмухамедов и В.С.Мишин) Долиновской впадин, свидетельствует об аномальной проницаемости и активном гидротермальном-флюидном режиме в их недрах, что согласуется с обстановкой растяжения и, вероятно, рифтогенным режимом. Более интенсивной верхнеоген-четвертичной вулканической деятельностью характеризуется ВДЗ, восточные фланги ХПП и его локальные депрессионные зоны. К ВДЗ приурочены вулканы базальт-андезит-дацитовой ассоциации: Сопки Зимины, Шивелуч, Малая и Большая Удина, Безымянный, Начикинская ВТС. Над крупнейшими структуроконтролирующими магмоконтролирующими разломными зонами фундамента ЦКД находятся вулканы базальт-андезит-базальтовой ассоциации Толбачик, Камень, Ключевской. В осевой зоне ХПП расположены

крупные щитовые плиоцен-четвертичные Николка и Плоские. В размещении вулканов часто значительную роль играют диагональные и ортогональные разломы фундамента ЦКД.

Выводы.

1. ЦКД имеет зональное строение, представлена двумя депрессионными зонами, разделенными крупным Хавывенским (большой частью погребенным) поднятием. Депрессионные зоны состоят из серии разновеликих впадин, мощность осадков в некоторых из них достигает 5 км. Хавывенское погребенное поднятие разбито на ряд крупных блоков разломами северо-западного и субширотного простирания. Лишь в одном блоке на поверхности вскрывается кристаллический (?) фундамент (Хавывенская возвышенность), а к югу и северу происходит его ступенчатое погружение. Южнее Николкинского блока, вероятно зона ХПП "задавлена" надвиговыми структурами Валагинского хребта. Природа ХПП не ясна, но судя по офиолитовому составу, можно полагать, что это фрагмент, остатки позднемеловой океанической плиты.

2. Наблюдения в северной части показывают, что Центрально-Камчатская депрессия выполнена почти полным разрезом палеоген-неогеновых отложений. Нижние их горизонты без видимого несогласия перекрывают верхнемеловые отложения островодужного типа. Наиболее мощные разрезы палеоген-неогеновых отложений наблюдаются по данным КМПВ, МТЗ в крупных впадинах (Долиновской, Козыревской, Хапицкой и др.). Некоторые локальные отрицательные структуры в пределах поднятия и ВДЗ, отраженные локальными гравитационными минимумами, возможно, имеют вулcano-тектоническое происхождение. Об этом свидетельствуют выходы вблизи аномалий кислой пирокластике и игнимбринов при отсутствии поверхностных кальдерных форм, которые могли быть эродированы или захоронены.

3. Вулканы сосредоточены главным образом в южной половине ЦКД. На северном ее окончании известны лишь две древние (плиоцен-четвертичные) вулканические постройки - Хайлюлинская и Начикинская. Характерно, что вулканы совершенно отсутствуют в зоне мощного разлома, обрамляющего ХПП с северо-северо-запада, а также в западной депрессионной зоне. Они распространены в центре погребенного поднятия, над разломами отделяющими его от восточной депрессионной зоны и в ней самой. Вулкан Кизимен следует отнести к группе вулканов ЦКД, так как он приурочен к восточному разломному борту Щапинского грабена, являющегося составной частью восточной депрессионной зоны. Возможно, что эту группу замыкает на юге одиночный вулкан Бакенинг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- *Аносов Г.И., Биккенина С.К., Попов А.А. и др.* Глубинное сейсмическое зондирование Камчатки. М. Наука, 1978. 130 с.
- *Апрелков С.Е., Ольшанская О.Н., Иванова Г.И.* Тектоника Камчатки // Тихоокеанская геология. 1993. .N3. С.62-75.
- *Апрелков С.Е., Соколов В.А., Синельников С.Г., Зеленский В.В.* Условия формирования эффузивно-пирокластической толщи и габбропорфиритов реки Еловки // Вулканология и сейсмология. 1990. N3. С.21-35.
- *Балеста С.Т., Гонтовая Л.И., Гринь Н.Е., Сениюков С.Л.* Возможности сейсмического метода при изучении зон питания современных вулканов // Вулканология и сейсмология. 1989. .N6. С.42-53
- *Балеста С.Т., Гонтовая Л.И., Каргопольцев В.А. и др.* Результаты сейсмических исследований земной коры в районе Ключевского вулкана // Вулканология и сейсмология. 1991. .N3. С.3-18.
- *Балеста С.Т., Иванов Б.В., Утнасин В.К., Аносов Г.И.* Строение земной коры района Ключевской группы вулканов. Особенности тектоники и вулканизма // Глубинное строение, сейсмичность и современная деятельность Ключевской группы вулканов. Владивосток, 1976. С.7-16.
- Большое трещинное Толбачинское извержение. Камчатка. 1975-1976 г.г. М.: Наука, 1984. 633 с.
- *Ежов Б.В., Апрелков С.Е.* Плиоценовый кислый вулканизм Северной Камчатки // Геология и геофизика. 1980. N10. С.125-129.

- *Зубин М.И., Таракановский А.А* Тектоника и особенности поля силы тяжести района Ключевской группы вулканов // Глубинное строение, сейсмичность и современная деятельность Ключевской группы вулканов. Владивосток, 1976. С.17-28
- *Зубин М.И., Козырев Л.И., Лучицкий А.И.* Гравитационная модель строения Ключевского вулкана (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 1990. .N5. С.76-93.
- *Иванов Б.В., Горельчик В.И.* Тектоника, сейсмичность и вулканизм Ключевской группы вулканов // Глубинное строение, сейсмичность и современная деятельность Ключевской группы вулканов. Владивосток, 1976. С.42-51.
- *Кожмяка Н.Н.* Долгоживущие вулканические центры в системе новейших вулканических зон Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1984. .N4. С.4-13.
- *Литвинов А.Ф., Белый А.В., Лопатин В.Б.* Поздекайнозойский вулканизм полуострова Озерной (Восточная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 1991. .N2. С.12-27
- *Литвинов А.Ф., Лопатин В.Б., Крикун Н.Ф. и др.* Стратиграфия палеоген- неогеновых отложений полуострова Озерной // Тихоокеанская геология. 1990. .N6. С.68-77.
- *Мараханов В.И., Потапьев С.В.* Структурное районирование Камчатской тектонической области. М.: Наука, 1981. 88 с.
- *Меняйлов А.А.* Основные этапы развития вулкана Шивелуч // Тр. Лаб. Вулканол. 1954. Вып. 8. С.115-125.
- *Мишин В.В.* Тектоника юго-западной части Центрально-Камчатского прогиба // Тихоокеанская геология. 1993. .N2. С.37-51.
- *Огородов Н.В., Белоусов В.И.* Некоторые новые данные о вулканах Харчинском и Заречном // Бюлл. вулканол. ст. 1961. .N31 .С.46-51.
- *Пийп Б.И.* Ключевская сопка и ее извержения в 1944-45 гг. и в прошлом. М.: Изд. АН СССР, 1956. 310 с.
- *Потапьев С.В., Каратаев Г.И.* Строение земной коры Средней Камчатки по геофизическим данным // Геология и геофизика. 1975. .N8. С.96-101.
- *Святловский А.Е.* О вулcano-тектонике Ключевской группы вулканов на Камчатке//Бюлл.вулк.ст. 1957. .N26. С.114-121.
- *Святловский А.Е.* Новейшие движения земной оболочки и вулканизм в районе Курило-Камчатской островной дуги // Тр. Лаб. Вулканол. 1958. .N13. С.89-98.
- *Эрлих Э.Н.* Современная структура и четвертичный вулканизм западной части Тихоокеанского кольца. Новосибирск, 1973. 244 с.

Deep-seated structure of the Central Kamchatka depression and structural position of volcanoes

Ivanov B.V., Popruzhenko S.V., Aprelkov S.E.

New data on deep-seated structure of the Central Kamchatka depression (CKD) and rock composition of the basement are represented in this paper. Structural position of the Quaternary volcanoes is defined. Based on the geologic-geophysical data a zonal structure of the CKD is found. Margins of the three large longitudinal structural zones are distinguished and defined: depressive East and West and buried Khavyvenka rises. A block structure of CKD is distinctly fixed within the mentioned zones. Geophysical data testify to the anomalous permeability and active geothermal-fluid conditions within the CKD which correlates well with its riftogenic origin.