

**Толмачевский активный магматический центр на юго-востоке Камчатки и его структурная позиция**

*Нурмухамедов А.Г., Сидоров М.Д.*

**Tolmachevo active magmatic center in the south of Kamchatka and its structural position**

*Nurmukhamedov A.G., Sidorov M.D.*

*Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;*

*e-mail: nurmukhamedov1949@mail.ru*

Изложена последовательность обнаружения и изучения Толмачевского активного магматического центра и его структурной позиции. Представлена временная последовательность, в которой происходило формирование литосферы на юго-востоке Камчатки.

**Введение**

Большой интерес у вулканологов, сейсмологов и широкого круга специалистов, занимающихся изучением современных геодинамических процессов и прикладными задачами прогноза землетрясений, извержений вулканов, поиска и разведки полезных ископаемых, вызывает глубинное строение юго-востока Камчатки. В районе открыто несколько золоторудных месторождений и рудопроявлений эпитермального типа (рис. 1). Начиная с конца семидесятых – начала восьмидесятых годов прошлого столетия и по десятые годы настоящего века, ПГО (ОАО) Камчатгеология реализовало на юго-востоке полуострова большой объем региональных геолого-геофизических исследований, обоснованных необходимостью изучения литосферы в регионе, характеризующемся активным вулканизмом и высокой сейсмичностью. Исследования заключались в постановке геофизических работ методами обменных волн землетрясений (МОВЗ) и магнитотеллурического зондирования (МТЗ) вдоль протяженных профилей (рис. 1). К этому следует добавить, что вся исследуемая территория покрыта гравиметрической, аэромагнитной, геологической съемками масштаба 1:200 000. Полученная на протяжении многих десятилетий база данных использовалась при построении геолого-геофизических моделей вдоль региональных профилей.

**Полевые наблюдения и результаты исследований**

Первыми на юго-востоке Камчатки были проведены работы методом МТЗ вдоль профиля п. Усть-Большерецк – п-ов Шипунский (рис. 1). Построенный геоэлектрический разрез показал<sup>1</sup>, что в его западной половине, там, где профиль проходит вдоль реки Банной, выявлена контрастная аномалия электропроводности «Западная» [6], широким основанием уходящая в верхнюю мантию (рис. 2). Ближе к дневной поверхности, в районе Больше-Банного месторождения пароводяной смеси (ПВС), аномалия локализуется. Индукционные векторы показывают [6], что центр аномалии расположен к югу от геофизического профиля. Во второй половине восьмидесятых – начале девяностых годов прошлого века на исследуемой территории было отработано два взаимно ортогонально расположенных профиля: г. Опала – р. Вахиль и п. Апача – бух. Мутная (рис. 1), с постановкой работ МОВЗ и МТЗ. Вдоль каждого профиля были построены глубинные разрезы МОВЗ [2], рассчитаны двумерные геоэлектрические [1, 5] и плотностные [5, 9] модели, охватывающие земную кору и верхнюю часть мантии. На основе комплекса данных вдоль профилей разработаны геолого-геофизические модели [5, 9] и установлены примерные контуры

---

<sup>1</sup> Пак Г., Нурмухамедов А.Г. Отчет о специальных комплексных геолого-геофизических исследованиях, проведенных на Южной Камчатке по программе прогноза землетрясений в 1980-1982 гг. (Авачинская партия по прогнозу землетрясений. Елизово: ЕГФЭ, 1982. 283 с.)

аномально низкоомного объекта (рис. 1). В 1987-1988 гг. между р. Карымчины и оз. Толмачева зафиксирован рой слабых ( $M \leq 5$ ) землетрясений (рис. 1), получивший название Толмачевской эпицентральной зоны (ТЭЗ)<sup>2</sup> [3].

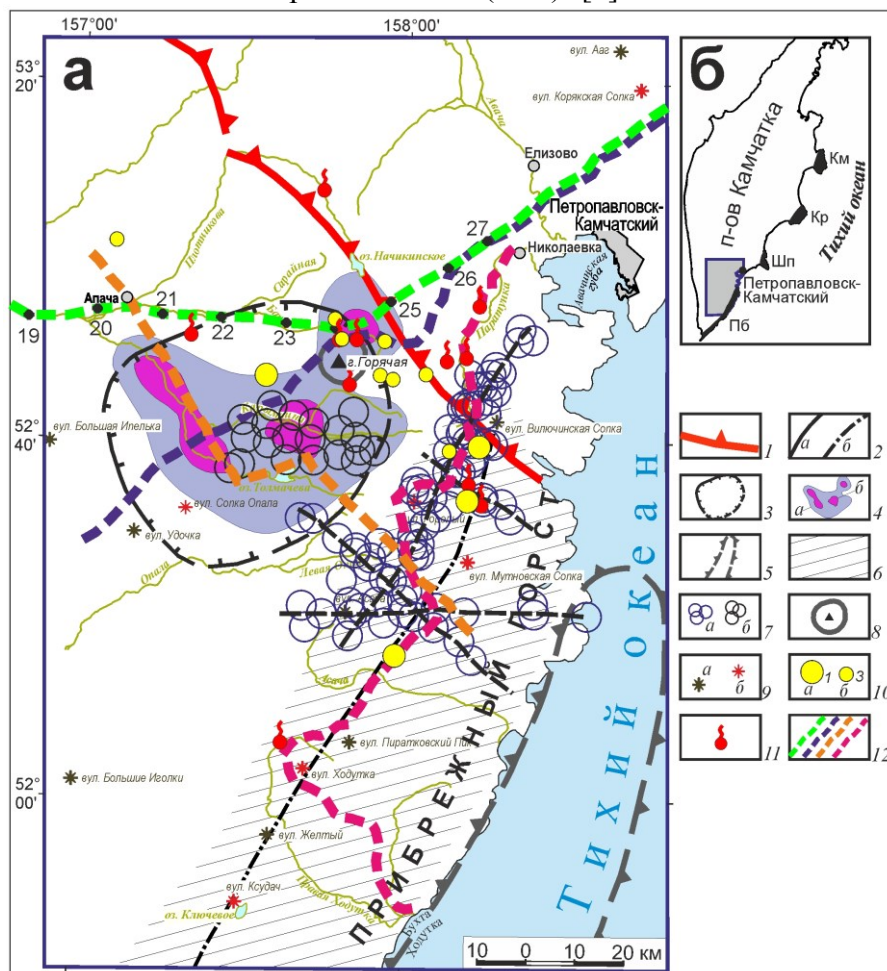


Рис. 1. Обзорная схема (а). 1 – юго-западная граница Начикинской зоны поперечных дислокаций; 2 – разломы, выходящие на дневную поверхность (а) и перекрытые вышележащими образованиями (б); 3 – граница коромантийной аномалии электропроводности, сформированной в зоне Толмачевского активного магматического центра; 4 – контуры зоны разуплотнения в переходном слое на глубине ~40 км (а), участки максимального разуплотнения в интервале глубин 35-45 км (б); 5 – гравитационный максимум; 6 – зона высокоградиентного поля силы тяжести – район современного активного вулканизма; 7 – эпицентры землетрясений ( $h=0-40$  км), зарегистрированных за периоды времени 1981-1985 гг. (а) и 1987-1988 гг. (б); 8 – контуры палеовулкана сопки Горячей; 9 – вулканы потухшие (а) и действующие (б); 10 – месторождения (а) и рудопроявления (б) золото-серебряной формации; 11 – источники и месторождения гидротерм; 12 – геофизические профили: окрашен зеленым цветом – профиль п. Усть-Большерецк – п-ов Шипунский (МТЗ – 1979-1982 гг.), синим – г. Опала – р. Вахиль (МОВЗ-МТЗ – 1989-1992 гг.), оранжевым – п. Апача – бух. Мутная (МОВЗ-МТЗ – 1987-1989 гг.), пурпурным – бух. Ходутка – с. Николаевка (МОВЗ-МТЗ – 2009-2010 гг.). На врезке (б) показаны контуры исследуемой территории и террейны зоны восточных полуостровов – с юга на север: Пб – Прибрежный, Шп – Шипунский, Кр – Кроноцкий, Км – Камчатский.

Гипоцентры землетрясений расположены на глубине порядка 8 км и в плане совпадают с участком максимальной плотности шлаковых конусов в зоне ареального вулканизма. Землетрясения интерпретируются [8] как вулканотектонические

<sup>2</sup> Пак Г., Смирнов В.С., Апрельков С.Е. Результаты геофизических исследований на Петропавловск-Шипунском прогностическом полигоне и региональном геофизическом профиле бух. Мутная – п. Апача. Отчет Камчатской Комплексной Геофизической Партии региональных исследований, проведенных на Южной Камчатке по программе прогноза землетрясений и извержений вулканов в 1987-1989 годах. ЕГФЭ ПГО «Камчатгеология», 1989. 236 с.

землетрясения, которые непосредственно с извержением вулканов не связаны, а объясняются продвижением магматического расплава по ослабленным зонам. Комплексный анализ совокупности данных указывает на то, что в исследуемом районе расположен значительный по масштабам глубинный объект, представленный блоком земной коры, насыщенный интрузиями основного и ультраосновного состава, к востоку от которого расположен интрузивный массив среднего-среднекислого состава. Массив постоянно подпитывается из глубин верхней мантии магматическими расплавами и мощными тепловыми потоками [8]. Объект получил название Толмачевский активный магматический центр (ТАМЦ) [3].

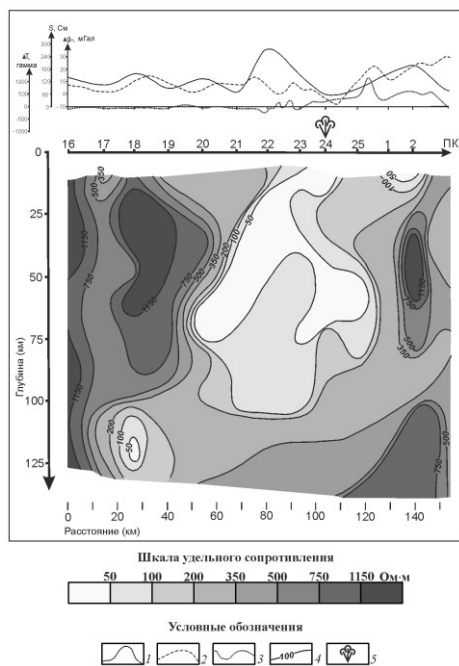


Рис. 2. Фрагмент геоэлектрического разреза вдоль профиля п. Усть-Большерецк – п-ов Шипунский [6]. 1 – график суммарной продольной проводимости; 2 – график поля силы тяжести (в редукции Буге, уровень условный); 3 – график напряженности магнитного поля; 4 – изолинии удельного электрического сопротивления (Ом·м); 5 – район Банных источников.

Впоследствии была создана трехмерная (3D) плотностная модель земной коры и верхней мантии Южной Камчатки с ее детализацией в районе ТАМЦ [3] (методика 3D плотностного моделирования представлена в статье [4]). В соответствии с полученной моделью в районе ТАМЦ выделена зона, где в результате субдукционного взаимодействия литосферных плит сформирован своеобразный выступ границы Мохо (М), в районе которого на глубине 35-45 км образовался переходный слой между границей М нависающей континентальной литосферы и кровлей погружавшегося в геологическом прошлом океанического слэба. Слой характеризуется пониженной плотностью ( $3.0-3.1 \text{ г/см}^3$  на фоне  $\geq 3.2-3.3 \text{ г/см}^3$ ), отдельные участки максимального разуплотнения ( $\leq 2.8-3.0 \text{ г/см}^3$ ) отождествляются с очагами плавления. Контуры слоя вынесены на рис. 1. К востоку от ТАМЦ расположена зона высокоградиентного поля силы тяжести – район современного активного вулканизма (рис. 1). В соответствии с 3D-моделью, данная зона унаследована от области максимального перегиба палеослэба. Подъем магмы происходит по протяженной эруптивной трещине–магмоводу. Внедрение магмы в верхние горизонты сопровождается активными сейсмическими событиями<sup>2</sup> [8], эпицентры которых образуют протяженный (~70 км) сейсмический линеамент (рис. 1).

### Обсуждение результатов

Представим временную последовательность, в течение которой происходило формирование литосферы на юго-востоке Камчатки [8]. До эоцена включительно, происходило погружение океанической литосферы под нависающую континентальную. В конце эоцена – начале олигоцена произошло приращение островодужного блока (Прибрежного террейна) к континентальному склону Палео-Камчатки, что привело к блокированию зоны субдукции и ее перескоку на восток, в акваторию океана. Начало

формирования рифтогенной зоны, вероятно, заложено в олигоцене. После чего, в олигоцен-четвертичное время, в ней активизировалась вулканическая деятельность. Высокоамплитудная (50-60 км) левосторонняя сдвиговая дислокация вдоль Начикинской зоны произошла в плиоцен-раннеплейстоценовое время [7], и она (дислокация) не затронула структуры ТАМЦ. Предполагается, что зарождение структур ТАМЦ произошло в результате взаимодействия литосферных плит в процессе погружения океанической литосферы под материковую, то есть, до блокирования зоны субдукции Прибрежным террейном. Таким образом, начало формирования ТАМЦ, вероятно, произошло не позднее эоцена. И в этом случае к названию объекта «Толмачевский активный магматический центр» необходимо добавить определение «долгоживущий».

В результате 3D плотностного моделирования определены границы мантийного выступа, в пределах которого на глубине 35-45 км находятся очаги плавления (рис. 3).

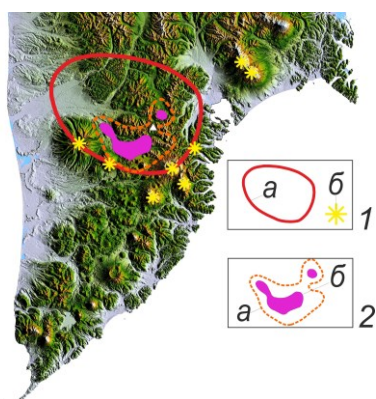


Рис. 3. Зона Толмачевского активного магматического центра на юге Камчатки. 1 – контуры мантийного выступа (а), действующие вулканы (б); 2 – контуры зоны разуплотнения в переходном слое на глубине 35-45 км (а) с участками максимального разуплотнения – очагами плавления (б).

### Список литературы

1. Мороз Ю.Ф., Нурмухамедов А.Г., Лоцинская Т.А. Магнитотеллурическое зондирование земной коры Южной Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1995. № 4-5. С. 127-138.
2. Нурмухамедов А.Г., Недядько В.В., Ракитов В.А., Липатьев М.С. Границы литосферы на Камчатке по данным метода обменных волн землетрясений // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2016. № 1. Вып. 29. С. 35-52.
3. Нурмухамедов А.Г., Сидоров М.Д. Модель глубинного строения Южной Камчатки по результатам плотностного 3D-моделирования и комплексу геолого-геофизических данных // Тихоокеанская геология. 2022. Т. 41. № 2. С. 23-43. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2022-41-2-25-43>
4. Нурмухамедов А.Г., Сидоров М.Д. Строение литосферы и ее влияние на золотоносность Юго-Восточной Камчатки // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2023. № 3. Вып. 59. С. 20-41. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2023-3-59-20-41>
5. Нурмухамедов А.Г., Сидоров М.Д., Мороз Ю.Ф. Модель глубинного строения земной коры и верхней мантии в районе Карымшинского золоторудного узла по геофизическим данным (Южная Камчатка) // Георесурсы. 2020. № 1. Т. 22. С. 63-72. <https://doi.org/10.18599/grs.2020.1.63-72>
6. Нурмухамедов А.Г., Смирнов В.С. Результаты глубинных электромагнитных исследований на Южной Камчатке // Геология и полезные ископаемые Корьякско-Камчатской складчатой области. Материалы V Камчатской геологической конференции, апрель 1983 г. Петропавловск-Камчатский, 1985. С. 69-82.
7. Петренко И.Д. Золото-серебряная формация Камчатки. СПб: Изд-во картографической фабрики ВСЕГЕИ, 1999. 116 с.
8. Сидоров М.Д., Нурмухамедов А.Г. Объемное изображение плотностной модели земной коры на примере Южной Камчатки // Геология и геофизика. 2022. Т. 63. № 10. С. 1433-1452. <https://doi.org/10.15372/GiG2021155>  
Nurmukhamedov A.G., Sidorov M.D. Deep structure and geothermal potential along the regional profile set from Opala Mountain to Vakhil' River (Southern Kamchatka) // 2nd International Geothermal Conference. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 249. Art. 012041. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/249/1/012041>