



XIII Международная научно-практическая конференция
«Морские исследования и образование»

XIII International conference
«Marine research and education»

MARESEDU-2024

**ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ
CONFERENCE PROCEEDINGS**

Том IV (IV) / Volume IV (IV)

28 октября - 01 ноября 2024 г.

г. Москва

www.maresedu.com



Бергаль-Кувикас Ольга Валерьевна^{1,2}, Акбашев Ринат Рафикович^{2,3}

¹ ИВиС ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский,

² КамГУ им. В. Беринга, г. Петропавловск-Камчатский,

³ Камчатский филиал ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский.

Bergal-Kuvikas Olga Valeryevna^{1,2}, Akbashev Rinat Rafikovich^{2,3}

¹ Institute of Volcanology and Seismology FEB RUS, Petropavlovsk-Kamchatsky,

² Vitus Bering Kamchatka State University, Petropavlovsk-Kamchatsky,

³ Kamchatka Branch, Geophysical Survey, RUS, Petropavlovsk-Kamchatsky.

Введение

Большая часть населения Камчатки (78%, ~240 тыс. чел.) проживает в городах Петропавловск-Камчатский, Елизово и Вилючинск [Федеральная..., 2022]. Перечисленные населенные пункты локализованы на побережье Авачинской губы, включающей в себя бухты Сероглазка, Богатыревка, Крашенинникова (рис. 1, 2). В 70-е годы прошлого века вышли публикации, описывающие вулканические конуса в Авачинской губе и предполагающие наличие лавовых потоков, экструзионных куполов вблизи населенных пунктов [Дубик, Огородов, 1970; Дмитриев, Еззов, 1977] (рис. 2).

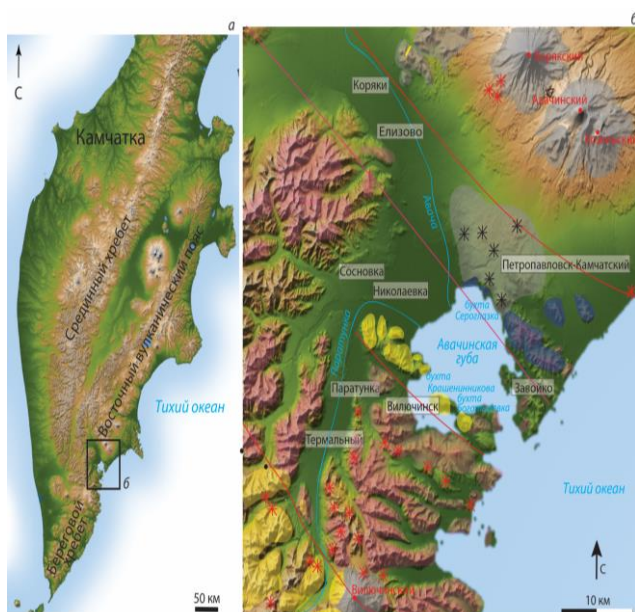


Рис. 1. Схема расположения района изучения (б) на Камчатке (а). Разным цветом показаны возраста формирования магматических пород по данным Государственной геологической карты [2000]: фиолетовым цветом > 38 млн. л., розовым – 14.4-11.5 млн. л., желтым – 5.1-1.6 млн. л., серый – 0.8-0.01 млн. л.. Красные звездочки показывают локализацию моногенных ареальных конусов, черные положение экструзивных куполов. Голубым курсивом обозначены названия рек, бухт и океана. Красным цветом написаны названия вулканов. Красные линии – региональные разломы по данным Государственной геологической карты [2000].

Современные аппаратные комплексы позволяют проводить детальные исследования верхней части геологического разреза в акваториях неинвазивными методами. В Авачинской губе такие исследования с научной целью ранее не проводились. Целью настоящего исследований являлось: во-первых, оценка возможности применения сейсмоакустических методов исследований для уточнения строения верхнего осадочного чехла в акватории Авачинской бухты, а также проведение исследований с целью подтверждения признаков наличия моногенных вулканических образований в акватории Авачинской губы и лавовых потоков, которые были обозначены в работе Дмитриева и Ежова [1977]. Задачей являлось проведение одноканального сейсмического профилирования с электроискровым источником.

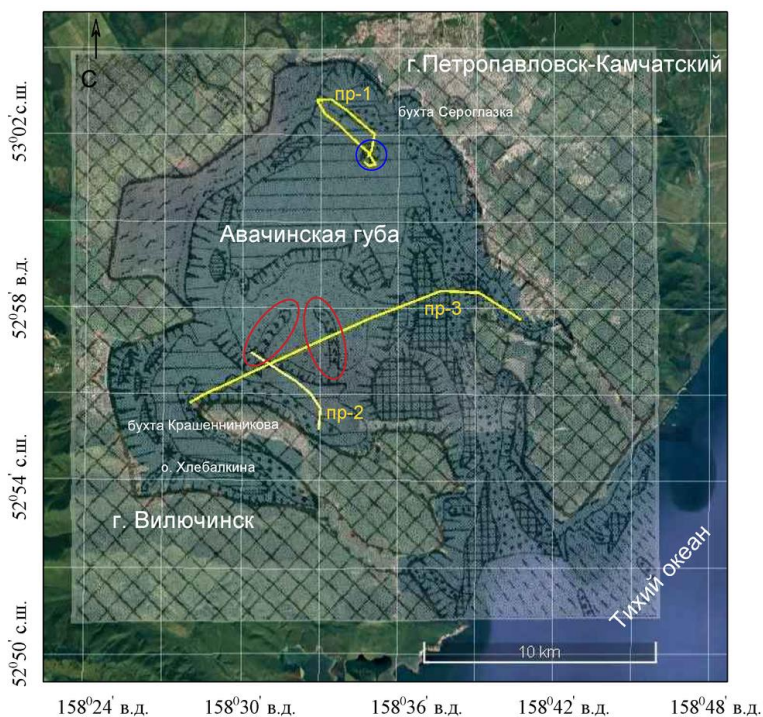


Рис. 2. Схема расположения предполагаемых лавовых потоков (красные овалы) и экструзивного купола (синий круг) в Авачинской губе по данным В.Д. Дмитриева и Б.Д. Ежова [1977]. Желтыми линиями показаны сейсмоакустические профили на рис. 5, 6, 7.

Геолого-геофизическая характеристика изучаемого района

Современная Курило-Камчатская зона субдукции состоит из трех сегментов — Восточно-Камчатского, Южно-Камчатского и Курильского — с разной историей тектонического развития и разными геодинамическими режимами [Авдейко и др., 2001] (рис. 1). Южно-Камчатский сегмент с севера ограничен Малко-Петропавловской зоной поперчных дислокаций (МПЗ), выраженный в аномалии по геофизическим параметрам слэба [Гордеев, Бергаль-Кувикас, 2022] и в проявлении моногенного вулканизма [Bergal-Kuvikas et al., 2022], приуроченного к повышенной трещиноватости земной коры [Агибалов и др., 2023]. По результатам сейсмотомографии на поверхности слэба фиксируется Авачинский разлом [Bushenkova et al., 2023], который вероятно является южной границей аккреции Кроноцкой палеодуги в Восточно-Камчатском сегменте [Авдейко, Бергаль-Кувикас, 2015].

Авачинская губа, включающая в себя многочисленные бухты, имеет тектоническое происхождение [Апрелков, Светляковский, 1989] и заложилась по понижению рельефа в МПЗ (рис. 1, 2). Формирование МПЗ началось в кайнозое [Шанцер, 1987], в позднее миоцен-плиоценовое время [Апрелков и др., 1999; Дмитриев, Ежов, 1977]. В результате растяжения был образован грабен МПЗ, заполненный осадками, мощностью несколько сотен метров [Государственная..., 2000; Шеймович, Сидоров, 2000]. Авачинская губа состоит из подводной части дельты, пляжей и нескольких уровней террас [Дмитриев, Ежов, 1977] (рис. 2).



Методика исследований

Для проведения одноканального сейсмоакустического профилирования использовался сейсмоакустический комплекс «Геонт-Шельф» (рис. 3), производства ООО Спектр-Геофизика по методике, описанной в публикации Поротова и др. [2014].

В состав комплекса «Геонт-Шельф» входят: сейсмический накопитель энергии ISPES-1200, многоэлектродный излучатель спаркер с высоковольтным кабелем, электродинамический излучатель – «Бумер», одноканальная сейсмическая коса, система сбора данных Spectra-Geo SDAS-1-5, программное обеспечение для сбора данных, программное обеспечение для предварительной обработки данных, навигационный приемник GPS/GLONASS, персональный компьютер (рис. 3).

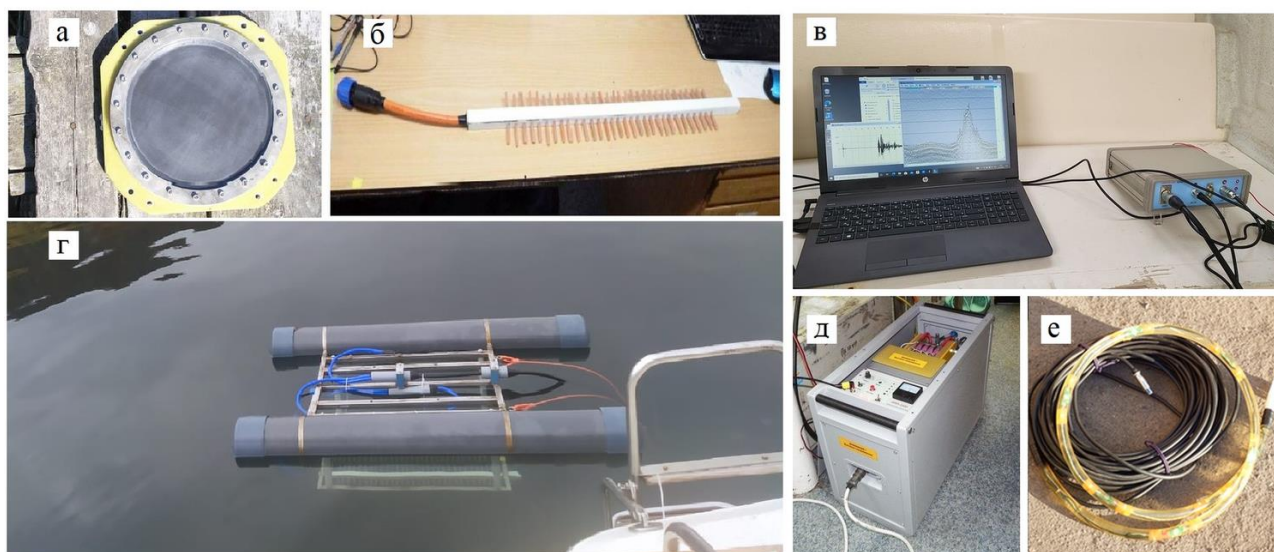


Рис. 3. Сейсмоакустический комплекс «Геонт-Шельф»: а – электродинамический излучатель типа «Бумер»; б – элемент электроискрового излучателя типа «Спаркер»; в – система сбора данных Spectra-Geo SDAS-1-5; г – плот с установленным источником сейсмоакустического сигнала, д – сейсмический накопитель энергии ISPES-1200; е – одноканальная сейсмическая коса.

Сейсмическое одноканальное приемное устройство (коса) (рис. 3е) предназначена для приема отраженного сигнала и состоит из нескольких гидрофонов, помещенных в полиуретановый шланг и залитых диэлектрической жидкостью (вазелиновым маслом). Основные технические характеристики приемного устройства: количество гидрофонов 10 шт., расстояние между гидрофонами 300 мм, диаметр шланга 22 мм, длина полиуретанового шланга 4 м, длина кабеля 30 м. Система сбора данных Spectra-Geo SDAS-1-5 (рис. 3в) состоит из сейсмостанции, персонального компьютера и программного обеспечения. Сейсмостанция предназначена для усиления, фильтрации и ввода сейсмических сигналов в персональный компьютер, формирования импульса запуска сейсмического источника, ввода навигационных данных с GPS приемника. Сейсмостанция подсоединяется к персональному компьютеру через интерфейс USB. Программное обеспечение системы сбора позволяет осуществлять ввод основных параметров регистрации (период работы источника, частота дискретизации, количество выборок, имя файла и т.п.) и визуализации (линии разметки, оттенки серого, режим осциллографа для выбранного канала и т.п.), а также ввод навигационных данных и фиксацию их в заголовках сейсмограмм. Запись данных на диск производится в формате SEG-Y.

В процессе сейсмических работ использовался навигационный приемник GARMIN GPS-18. Поток данных с приемника поступал одновременно на COM-порты сейсмостанции и персонального компьютера. Параллельно с работой системы сбора, запускалась программа для навигационного контроля за движением и положением судна, визуализации глубины, скорости движения, курса и записи трэка. Для этой цели использовалась программа OpenCPN, свободно распространяемая в интернете.

Описанная выше аппаратура была установлена на катере Yamaha F24 длиной 7/3 м и шириной 2.4 м. Приемное устройство и электроискровой излучатель буксировались с борта с помощью выстрела, длиной 2 м. Расстояние от кормы катера до источника и приемника составляло 10 м, глубина буксировки – 0.5-0.8 м, скорость буксировки – 7-9 км/ч (рис. 4).

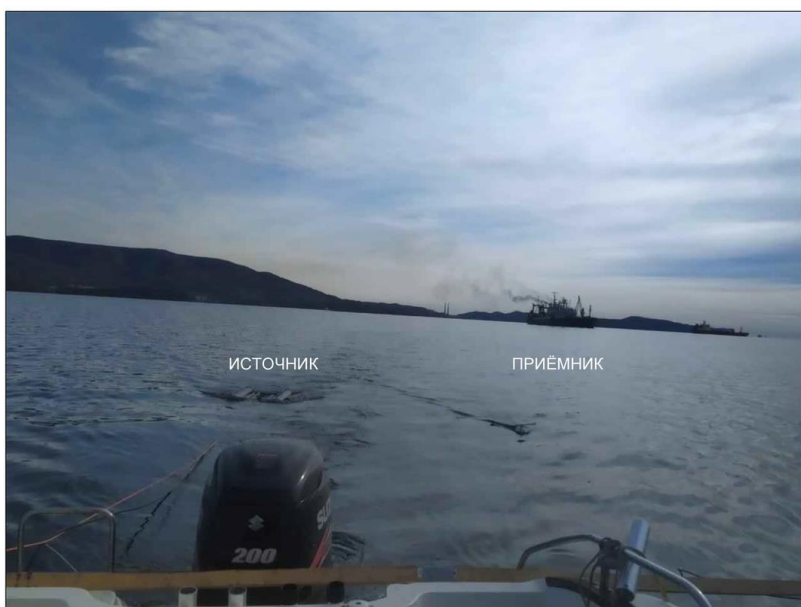


Рис. 4. Буксировка сейсмоакустического излучателя (слева на фотографии) и сейсмоакустического приемника (справа на фотографии).

Результаты сейсмоакустических исследований на акватории Авачинской губы

В Авачинской губе на первом этапе исследований были выполнены профили в точках предполагаемого расположения экструзивного купола и лавовых потоков согласно работе [Дмитриев В.Д., Ежов Б.В.]. На рис. 2 показаны расположения сейсмоакустических профилей. На рис. 5, 6 представлены результаты сейсмоакустического профилирования.

По результатам сейсмоакустического профилирования на акватории Авачинской губы сделаны следующие выводы:

1. На расстояниях 30-50 м от береговой линии на дне сформирован слой илистых отложений с различной степенью плотности и газонасыщения. Данный слой имеет мощность не менее 8-10 м. Данный слой не позволяет исследовать геологическую структуру ниже данного слоя, так как газонасыщенные илы являются естественным ограничением для используемого метода исследований.

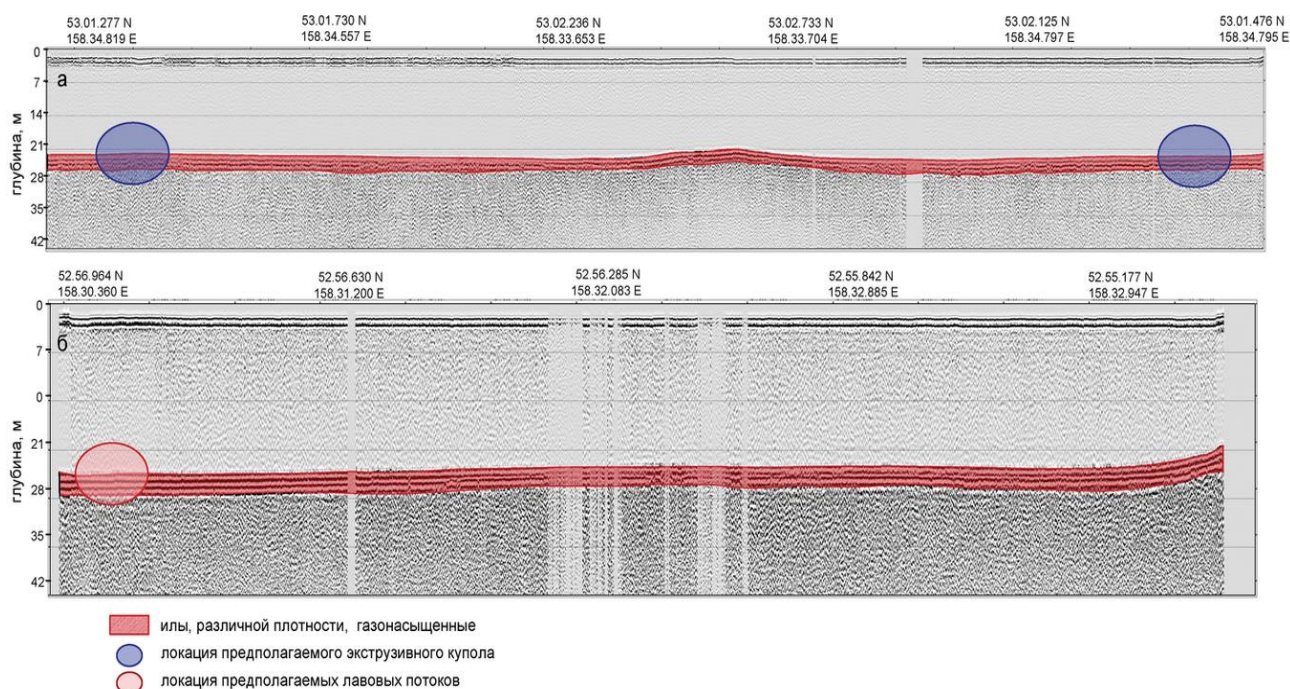


Рис. 5. Сейсмоакустический профиль: а – ПР-1, б – ПР-2. Локализация профиля на рис. 2.

2. Геологическая структура хорошо прослеживается там, где мощность илов не значительная (до 50 м от береговой линии). На рис. 6 в, г представлены области, где такая структура хорошо выделяется.
3. Выступ плотных пород, не перекрытый мощной толщей осадков, в районе координат $52.58.2929^0$ с. ш., $158.39.376^0$ в. д. (рис. 6 б, г), по-видимому, продолжает структуру полуострова Завойко, сложенной прибрежным вулканическим комплексом миоценового возраста [Государственная..., 2006].
4. Наличие рвущих контактов структур, обнаруженных в северном обрамлении на профиле 3 (рис. 6) подтверждает тектоническую природу заложения МПЗ и Авачинской губы соответственно, что ранее предполагалось Апрельковым и Светляковским [1989].

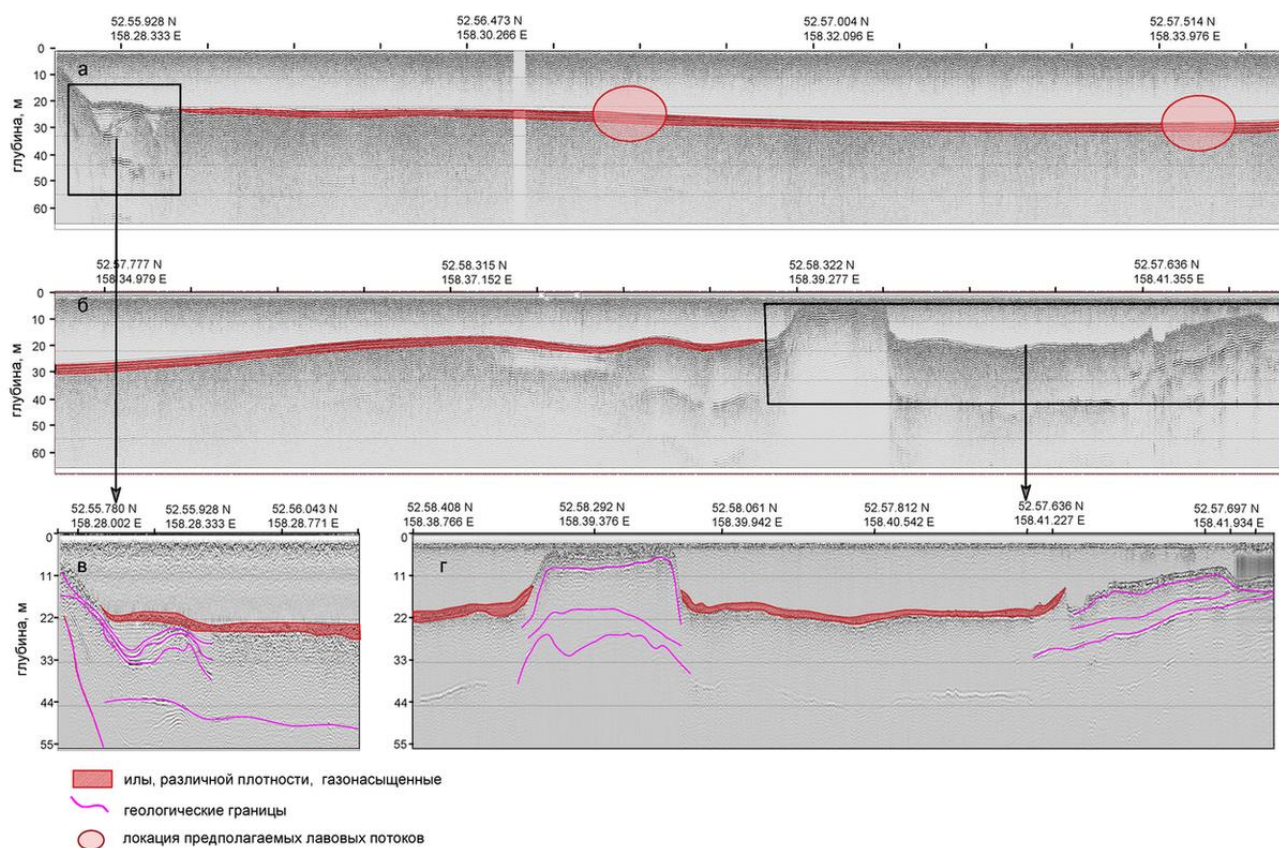


Рис. 6. Сейсмоакустический профиль ПР-3: а – первая часть профиля; б – вторая часть профиля; в, г – фрагменты профиля, на которых выделяется геологическая структура. Локализация профиля на рис. 2.

Заключение

В результате проведенных работ выполнены три сейсмоакустические профиля бухт Сероглазка, Богатыревка, входящих в акваторию Авачинской губы с применением современного оборудования «Геонт-Шельф» российского производства. Результаты изучения свидетельствуют о наличии мощного осадочного чехла, свидетельства локализаций коренных магматических пород плейстоцен-голоценового возраста на изучаемых профилях отсутствуют. Однако наличие рвущих контактов в северном обрамлении губы, скрытых под водой, скорее всего продолжают структуру прибрежного вулканического комплекса миоценового возраста и косвенно свидетельствует о тектонической природе заложения МПЗ.

Благодарности

Выражаем благодарность Д.В. Ластовецкому, капитану маломерного судна, за помощь в проведении работ в акватории Авачинской губы. Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 22-77-10019, <https://rscf.ru/project/22-77-10019/>.

Список литературы

1. Агибалов А.О., Бергаль-Кувикас О.В., Зайцев В.А. и др. Взаимосвязь морфометрических параметров рельефа, характеризующих трещиноватость верхней части литосферы, и проявлений вулканизма Малко-Петропавловской зоны // Геофизические процессы и биосфера. - 2023. - № 22 (2). - С.122-133.
2. Авдейко Г.П., Бергаль-Кувикас О.В. Геодинамические условия

- образования адакитов и Nb обогащенных базальтов (NEAB) на Камчатке // Вулканология и сейсмология. - 2015. - № 5. - С. 1—13.
3. Авдейко Г.П., Попруженко С.В., Палуева А.А. Современная тектоническая структура Курило-Камчатского региона и условия магмообразования // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Г. Петропавловск-Камчатский. - 2001. - С. 9—33.
 4. Апрельков С.Е., Иванов Б.В., Попруженко С.В. Тектоника и геодинамическая эволюция юго-восточной Камчатки (Петропавловский геодинамический полигон) // Тихоокеанская геология. - 1999. - № 18. - 4. - С. 16-28.
 5. Апрельков С.Е., Святловский А.Е. Происхождение Авачинской бухты на Камчатке // Тихоокеанская геология. - 1989. - № 4. - С. 108-111.
 6. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 2000. Масштаб 1:200 000. Южная Камчатка. Листы: Issue Sothern Kamchatka. Lists N-57-XXVII, N-57-XXXIII. ВСЕГЕИ. Санкт-Петербург.
 7. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 2006. Масштаб 1:1000000. Серия Корякско-Камчатская. Лист N-57: Объяснительная записка. ВСЕГЕИ. Санкт-Петербург. 2006. 376 с.
 8. Гордеев Е.И., Бергаль-Кувикас О.В. Строение и вулканизм зоны субдукции на Камчатке // Доклады академии наук. - 2022. - 502. - № 2. - С. 72—76.
 9. Дубик Ю. М., Огородов Н. В. Вулканический конус в Авачинской губе // Вопросы географии Камчатки. - 1970. - № 6. - С. 171-172.
 10. Дмитриев В. Д., Ежов Б. В. К вопросу о происхождении Авачинской губы // Вопр. геогр. Камчатки. - 1977. - 7. - С. 45-49.
 11. Поротов А.В., Мысливец В.И., Зинько В.Н. и др. Развитие рельефа побережья Керченского пролива в районе мыса Камыш-Бурун в позднем голоцене (по данным геoarхеологических и сейсмоакустических исследований) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. - 2014. - № 2. - С. 41—48.
 12. Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> Дата обращения 15.12.2022.
 13. Шанцер А.Е. Меловое развитие Камчатки – формирование и нестабильность подъема орогенов. Эссе тектонического развития Камчатки. Наука. Москва. - 1987. - С. 109-164.
 14. Шеймович В. С., Сидоров, М. Д. Строение фундамента вулканического пояса Юго-Восточная Камчатка // Вулканология и сейсмология. - 2000. - № 5. - С. 28-35.
 15. Bergal-Kuvikas O., Bindeman I., Chugaev A. et al. Pleistocene-Holocene monogenetic volcanism at the Malko-Petropavlovsk zone of transverse dislocations on Kamchatka: Geochemical features and genesis // Pure and Applied Geophysics. - 2022. - 179. - 11. - p. 3989-4011.
 16. Bushenkova N., Koulakov I., Bergal-Kuvikas O. et al. Connections between arc volcanoes in Central Kamchatka and the subducting slab inferred from local earthquake seismic tomography // Journal of Volcanology and Geothermal Research. - 2023. - 435. - 107768.