

УДК 551.21

**О.Б. Селянгин**

**СТРОЕНИЕ, ВЕЩЕСТВО И БЛИЗПОВЕРХНОСТНЫЕ  
МАГМАТИЧЕСКИЕ ОЧАГИ ВУЛКАНОВ МУТНОВСКИЙ  
И ГОРЕЛЫЙ (МУТНОВСКИЙ ГЕОТЕРМАЛЬНЫЙ  
РАЙОН, КАМЧАТКА). I. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ  
ПОЛОЖЕНИЕ ВУЛКАНОВ**

*Освещаются геологическое положение двух близко расположенных действующих вулканов Южной Камчатки – Мутновского и Горелого, перспективных для геотехнологического освоения в качестве источников энергетических и сырьевых ресурсов. Многоконусные хребтообразные постройки вулканов, сопрягающиеся в общий линейный ряд, локализованы соответственно во фронтальной и ближней тыловой зонах Курило-Камчатской островодужной системы, в зоне разуплотнения земной коры с разноглубинным положением их фундамента. Эти характеристики позиций вулканов рассматриваются в качестве причин различия составов и особенностей эволюции питающих их магм.*

*Ключевые слова: вулканы, геотехнология, геологическое строение, тектоническая позиция, гравитационная аномалия.*

---

**М**утновский и Горелый – два соседних южнокамчатских вулкана, расположенные в 75 и 70 км к юго-западу от г. Петропавловска-Камчатского и в 25–35 км от берега Тихого океана, в непосредственной близости (соответственно с юга и запада) к Мутновскому геотермальному месторождению. Не исключаемая вероятность связи его парогидротерм с гидрогеологическими и, возможно, магмопроводящими структурами вулканов, а также потенциальная роль последних как самостоятельных источников энергетических и сырьевых ресурсов позволяют рассматривать их в качестве составляющих элементов обширного Мутновского геотермального района.

Изучение обоих вулканов имеет длительную, с начала позапрошлого века, историю: от ранних наблюдений и описаний феноменологического и географического характера до современных геологических, вулканологических и специализированных тематических исследований [1, 2, 4–16, 17, 19, 20, 23, 24, 26, 34]. В 1970-е г.г. в районе вулканов была выполнена

геологическая съемка 1:50 000 масштаба<sup>1</sup>, давшая подробные сведения о строении его фундамента.

Настоящее сообщение представляет основные результаты нового геолого-петрологического изучения вулканов Мутновский и Горелый, выполненного на основе их детального (1:25 000–1:50 000) геологического картирования с применением тефрохронологического метода [28, 29], с учетом новых данных других исследователей. Работа осуществлялась в рамках геотехнологического проекта освоения энергетических и сырьевых ресурсов магматических систем современных вулканов. Цель работы – получение более подробных сведений о структуре, предыстории, закономерностях и перспективах развития вулканов, а также возможных данных о строении и тенденциях эволюции их магмопитающих систем.

### **Тектоническая позиция и строение фундамента вулканов**

#### ***Геологические данные***

Вулканы Мутновский и Горелый принадлежат Камчатскому сегменту Курило – Камчатской островодужной системы (ОДС), (строже говоря – вулканической системы островной дуги, переходящей в активную континентальную окраину). Они располагаются в передовой части области перехода континент – океан: вулкан Мутновский в приокеанской, фронтальной зоне, вулкан Горелый – в 12 км западнее, в ее ближайшем тылу. Хребтообразные постройки обоих вулканов, имеющие близкое запад-северо-западное простирание, сопрягаются в единый ряд, поперечный общему северо-восточному направлению ОДС. Вследствие этого они представляют удобные объекты для исследования ее поперечной петрогеохимической зональности, выражающейся сменой толеитовых серий вулканов фронтальных зон известково-щелочными и щелочными в тылу, с повышением общей и особенно калиевой щелочности вулканитов и соответствующим изменением их геохимических харак-

---

<sup>1</sup> Лоншаков Е.А. (отв. исполнитель) Отчет о групповой геологической съемке масштаба 1:50 000, проведенной в бассейне рек Вилюча, Жировая, Фальшивая, Мутная в 1974 – 1977 г.г. Камчатское ТГУ, ГСЭ, Петропавловск-Камчатский, 1977 г.. Камч. филиал ФГУ ТФГИ по Дальневосточному округу.

теристик. Причины этих различий, в последнее время изучаемые в основном геохимическими методами, уже традиционно возводятся к условиям генерации первичных магм каждого вулкана в разноточинных областях над зонами субдукции, с различной степенью плавления мантийного субстрата и тем или иным вкладом разных субдукционных компонентов [31, 33]. Однако отмеченные особенности морфоструктур и взаиморасположения обсуждаемых вулканов, описываемые ниже различия строения их фундамента и минералого-петрографических свойств их пород позволяют – даже на основе только макрокомпонентных признаков сериальной принадлежности последних – проверить и уточнить заключения, сделанные с применением тонких геохимических методов, но без достаточного учета указанных геолого-петрологических данных. Помимо общей приуроченности к поперечному ОДС линеаменту протяженностью более 15 км, сами вулканы Мутновский и Горелый, как отмечалось, представляют собой ориентированные вдоль него многоконусные хребтообразные сооружения длиной по 3 км каждый, что позволяет сопоставить закономерности общедуговой зональности с ее проявлениями в масштабе указанных размеров построек.

Тектоническая позиция вулканов Мутновский и Горелый определяется их локализацией у северной оконечности Южно-Камчатского звена Восточно-Камчатского вулканического пояса, наложенного здесь на миоценовую складчатую структуру Южно-Камчатского прогиба. С юго-востока прогиб ограничивается складчато-глыбовой зоной (асимметричным горст-антиклинорием) Берегового хребта, сложенной дислоцированными осадочными и вулканогенными отложениями палеоген-неогенового возраста, интродуцированными миоценовыми гранитоидами. По литофациальным особенностям пород, с одной стороны, и аномальным характеристикам геофизических полей с другой, эта структура в последнее время трактовалась либо как «тело эоцен-олигоценной островной дуги», либо как южный фрагмент миоценового «террейна восточных полуостровов Камчатки» [22]. Вулкан Мутновский располагается на северо-западном крыле антиклинория, вулкан Горелый – в 15 км далее к северо-западу, ближе к оси прогиба (рис. 1, см. вкладку).

К северо-востоку от вулканов система отмеченных элементов региональной структуры, имеющих общекамчатское северо-восточное простирание, прерывается горстовой структурой Малко-Петропавловской зоны поперечных (северо-западного простирания) дислокаций. Оба вулкана, таким образом, локализованы в своеобразном «структурном углу», создаваемом указанными положительными мегаструктурами. Это область мощной вулканической аккумуляции, с перерывами развивавшейся с миоценового времени.

Ядро горст-антиклинория Берегового хребта слагает складчатая толща, включающая ряд разделяемых несогласиями свит фациально-изменчивых вулканогенно-осадочных пород и вулканогенных комплексов от олигоценового до позднемиоценового возраста<sup>2</sup>. Мощность более молодых из них нарастает к оси прогиба. По сходной степени дислоцированности и измененности пород эти образования объединяются в нижний ярус нижнего структурного этажа района. Восточнее вулкана Мутновский эта толща прорвана гранитоидами Ахомтенского массива, возраст которого отвечает границе среднего и верхнего миоцена –  $11,4 \pm 0,3$  млн. лет [3].

В ближайшем к вулкану Мутновский выходе древнейших пород основания, в междуречье Ахомтен – руч. Перевальный (рис. 1), обнажается смятая в пологие складки толща зеленокаменно-измененных и окремнелых вулканических и вулканогенно-осадочных пород мощностью до 1000 м. Низы толщи сложены преимущественно грубообломочными вулканокластическими породами основного – среднего состава: гравелитами, конгломератами и конглобрекчиями, с горизонтами плагиопорфиритов и многочисленными базальтовыми дайками и силами. Верхняя половина разреза представлена тонкослоистой флишоидной пачкой окремнелых туфогенных песчаников и алевролитов. К северу от вулкана Горелый, в бассейне р. Паратунка, этому комплексу основания соответствуют отложения преимущественно кислых вулкаников раннемиоценовой березовской свиты.

---

<sup>2</sup> В работе используется (в генерализованном виде) стратиграфическая схема Е.А. Лоншакова и др., по литологическому содержанию ближе соответствующая геологии описываемого района сравнительно с легендой для Южной Камчатки на новой геологической карте области масштаба 1:500 000 (2005 г.).

Верхний ярус нижнего структурного этажа представляет несогласно залегающая, слабо дислоцированная толща контрастных, базальтоидных и кислых вулканитов – алнейская серия (поздний миоцен – плиоцен). У северо-восточного подножия вулкана Мутновский, в долине р. Фальшивая, её породы налегают на размытые туфопесчаники и алевролиты, подобные отмеченным в составе нижнего яруса. Мощность толщи, полого погружающейся к западу, составляет здесь около 400 м. В её составе содержатся вулканиты широкого спектра составов и различного фациального облика – от базальтовых и андезитобазальтовых лав с прослоями туфов, линзами туфопесчаников и экструзиями роговообманковых андезитов в низах разреза до пемзовых туфов и кварц-роговообманковых риодацитовых игнимбритов в верхней части. Породы в разной степени пропилитизированы. К западу мощность отложений серии увеличивается до 1000–1100 м.

Верхний структурный этаж района слагают вулканиты четвертичного возраста, практически не затронутые пликативными деформациями. Древнейшие из них, относимые к раннему плейстоцену, образуют базальтоидный комплекс типа плато-лав невыдержанной распространенности, мощностью от десятков до первых сотен метров, и несколько глубоко эродированных вулканических построек. Наиболее крупные из них – базальт – андезито-базальтовый вулкан Жировской<sup>3</sup> к северо-востоку от вулкана Мутновский, а также сдвоенное, существенно андезитовое сооружение г.г. Перевал – Туманная (вулкан Перевал) на юге. Вулканы этого, ближайшего к океану ряда заложились непосредственно на размытой поверхности древнего, олигоцен-раннемиоценового комплекса фундамента района. По-видимому, к этому же возрастному интервалу относится и глубоко эродированная базальтовой постройкой с экструзией биотитовых дацитов (вулкан Вскрытый) у западного подножия вулкана

---

<sup>3</sup> При достаточно определенном стратиграфическом положении этих образований полученные значения абсолютного возраста некоторых из них крайне противоречивы, с тенденцией омоложения; так, более ранняя калий-аргоновая датировка рудоносной интрузивной жерловины вулкана Жировский дает значение 20 млн. лет [18]; её же возраст по данным уран-ториевого метода –  $288 \pm 7$  тыс. лет, а одного из потоков постройки –  $271 \pm 23$  тыс. лет [27].

Мутновский. Её останец в виде оглаженного ледником «бараньего лба» вскрывается из-под покрова позднечетвертичных игнимбритов Гореловского центра в каньоне р. Вулканная (овраг Опасный).

Предположительно ранне-среднечетвертичным временем датируются останцы крупного докальдерного андезитового – дацитового сооружения Гореловского вулканического центра (вулкана пра-Горелый) и дацит-риолитовые экструзии на севере и юге исследованного района. Этому комплексу может быть близка толща более древних пемзово-игнимбритовых отложений мощностью до 100 м, обнажающаяся в основании вулкана Мутновский в долине р. Фальшивая. В среднеплейстоценовый (возможно, до середины позднего плейстоцена) комплекс объединяются два относительно небольших разрушенных стратовулкана гор Двугорбой и Скалистой (далее – вулканов Двугорбой и Скалистый) с высокодифференцированными, базальт-дацит-риодацитовыми ассоциациями пород; абсолютный возраст позднейшего элемента в составе постройки вулкана Скалистый – внутриледниковой, по-видимому, экструзии риодацитов с потоками – составляет  $61 \pm 24$  тыс. лет [27].

К позднему плейстоцену до последнего времени относилась толща из 4-х «остывших единиц» пемзово-игнимбритовых отложений андезитового – дацитового состава, связывавшихся с образованием кальдеры вулкана Горелый. Самая нижняя из них обнажается локально у уреза р. Вулканной. Три верхних пемзово-игнимбритовых покрова, залегающих согласно в единых разрезах, формируют пологую периклиналь вокруг кальдеры как своеобразного кратера гигантского щитообразного игнимбритового вулкана. Отложения датировались временем 38–40 тыс. лет по признаку идентичного геологического положения с игнимбритами кальдеры вулкана Опала на западе, имеющими соответствующую радиоуглеродную датировку [20]. Это значение возраста кальдерообразующего извержения в Гореловском центре подтвердилось также аналогичной датировкой коррелирующего с ним пемзово-пеплового прослоя в донных осадках близлежащей части акватории Тихого океана [25].

Однако новое опробование и  $Ar^{40}/Ar^{39}$ -датирование игнимбритов в разных выходах вокруг кальдеры Горелого [32] показало, что указанный возраст имеет лишь самая верхняя

пачка (3 единицы?) игнимбритов. Три единицы, вскрытых южнее, в каньоне Опасном, показали значения (вниз по разрезу) ~227, 300, 324 и 332 тыс. лет, а игнимбриты одного из выходов к северу от кальдеры – 361 тыс. лет. В случае связи всех их с кальдерой Горелого ее формирование оказывается гораздо более многостадийным и длительным, хотя для «чистоты эксперимента» остается необходимость также прямых датировок отложений, подстилающих и перекрывающих игнимбриты, картирование распространенности последних, а также объяснения весьма ограниченного развития эрозии игнимбритовых единиц за весьма длительные перерывы между их извержениями. По геохимическим и изотопным данным считается, что в образовании магмы одной части этих игнимбритов принимали участие гидротермально-измененные породы коры, для других предполагается большая роль ассимиляции миоценовых гранитоидов Ахотенского массива, – расположенного относительно близко к кальдере Горелого, но все-таки на целый свой поперечник далее к югу от места, указанного на приводимой в работе схеме.

Непосредственное основание внутрикальдерного вулкана Горелый слагает, вероятно, мегабрекчия дна кальдеры (обломки бывшего свода частично опустошавшегося извержениями и вновь пополнявшегося магматического очага), перекрытая пирокластическими, водно-ледниковыми и пролювиально-озерными отложениями (рис. 1). Подобная структура типа «битой тарелки» предполагалась, в частности, при интерпретации ранних геофизических исследований кальдеры [10].

Вулканы Мутновский и Горелый датируются поздним плейстоценом – голоценом по их соотношениям с ледниковыми формами этого времени и данным тефрохронологии [20, 21]. Как отмечалось, их хребтообразные постройки ориентированы близко к одной линии северо-западного направления, сопрягаясь в короткий ряд, поперечный основному, северо-восточному простиранию вулканических цепей Камчатки. Это указывает на их связь с некоей общей зоной магматической проницаемости земной коры, в локализации которой достаточно очевидно влияние отмеченной системы поперечных дислокаций. Однако далее по обе стороны от пары обсуждаемых построек эта зона продолжения не имеет, на верхних её уровнях

современные вулканы Мутновский и Горелый разделены узкой непроницаемой, амагматичной зоной, а особенности состава извергаемого ими материала свидетельствуют в пользу самостоятельности питающих их магматических источников.

#### **Геофизические исследования**

В районе вулканов в разное время выполнен комплекс геофизических исследований – гравиметрических, магнитных, сейсмических, электроразведочных, магнитотеллурических и тепловых. Данные по ним синтезированы в отчетах сотрудников Центральной комплексной тематической экспедиции ПГО «Камчатгеология» Я.Б. Шварца<sup>4</sup>, В.В. Ардашева и В.А. Волкова<sup>5</sup>

В отношении глубинной структуры района и вероятного строения корневых зон вулканов наиболее существенны данные гравиметрии. По ним на территории района выделены два крупнейших структурных элемента (рис. 2): градиентная зона (с амплитудой до 80 мГал и градиентом до 5 мГал/км) у западного ограничения Южно-Камчатского горст-антиклинория (Берегового хребта), трактуемая как система крутопадающих сбросов, и примыкающая к ней с запада крупная отрицательная гравитационная аномалия, называемая Толмачевско-Гореловской депрессией или Гореловским опущенным блоком.

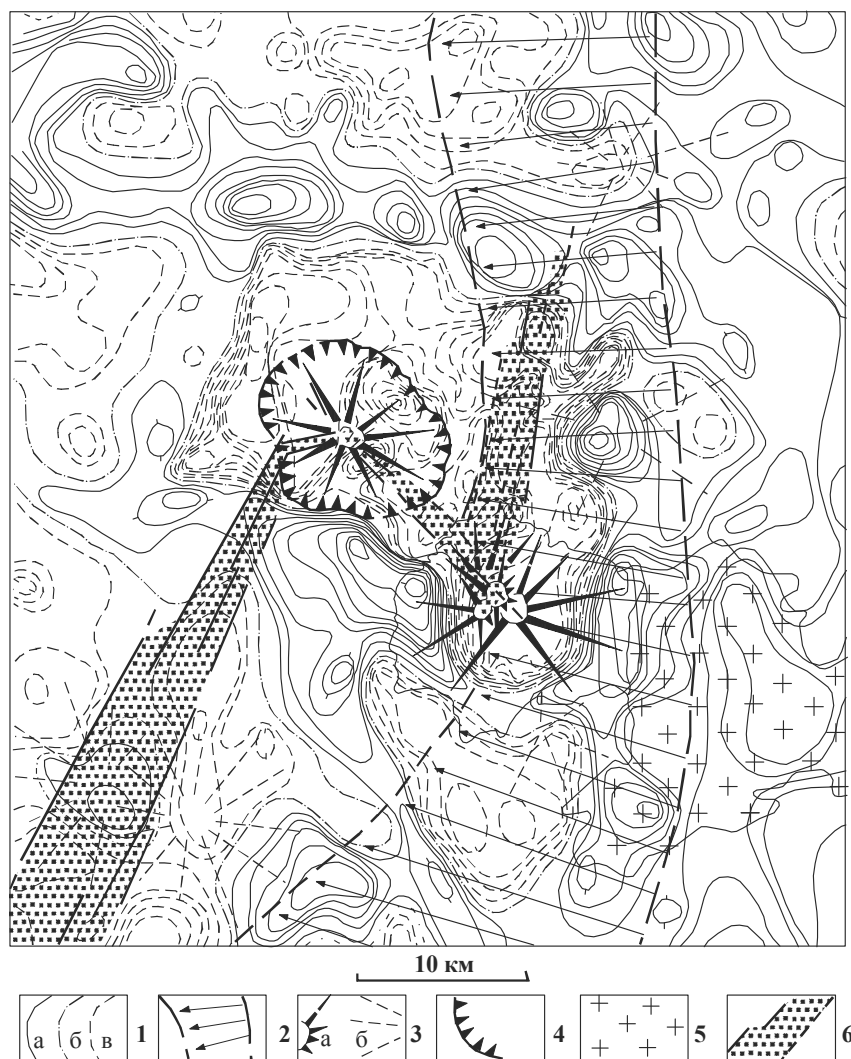
Амплитуда ограничивающей её гравитационной ступени достигает 18–20 мГал. Вулканы Горелый и Мутновский располагаются в ее пределах, причем последний — одновременно и в градиентной зоне. Кальдера вулкана Горелый занимает лишь небольшую часть депрессии и сколько-нибудь сходного по интенсивности отражения в гравитационном поле не имеет.

---

<sup>4</sup> Шварц Я.Б. (отв. исп.). Отчет о проведении детальных поисковых геофизических работ на участке «Дачный», поисковых геофизических работ на западных флангах Мутновского месторождения парогидротерм и работ по обобщению геофизических материалов по Мутновскому геотермальному району в 1987—1990 гг. Елизово, Камчатская обл., 1990. Камч. филиал ФБУ и ТФГИ по Дальневосточному округу.

<sup>5</sup> Ардашев В.В., Волков В.А. Отчет о результатах опытно-методических работ по разработке объемных геолого-геохимических и геофизических моделей основных золотосеребряных месторождений Камчатки в 1987–1991 гг. Кн. III. Геофизические модели. Елизово, Камчатская обл., 1990. Камч. филиал ФГУ и ТФГИ по Дальневосточному округу.





**Рис. 2. Схема локальных аномалий  $\Delta G$  и положение основных структурных и магматических элементов Мутновско-Гореловского района. Составлена с использованием данных В.В. Ардашева и В.А. Волкова:** 1 – изолинии значений силы тяжести – положительных, нулевых, отрицательных; 2 – региональная гравитационная ступень; 3 – крупнейшие постройки вулканов – действующих и угасших; 4 – уступ кальдеры вулкана Горелый; 5 – гранитоиды Ахотенского интрузива; 6 – региональная зона магмоконтролирующих разрывов (см. далее в тексте)

Сама депрессия никак не выражена в приповерхностной геологической структуре, за исключением участка ее юго-западной границы, совпадающего с соответствующей частью кальдерного уступа.

В работе [10] глубина до верхней кромки гравитирующего объекта Толмачевско-Гореловской аномалии оценивается более чем в 12 км; аномалия на кальдере вулкана Горелый характеризуется как сложная, но «в целом отрицательная», с глубиной залегания аномального объекта ~2 км.

Геологическая интерпретация гравитационной аномалии предполагает опускание кровли мелового фундамента района от 1,5 км на востоке до 3 км на западе. Предполагается, что она соответствует крупной погребенной кальдере. Опускание, однако, не исчерпывает рассчитанного дефекта массы, поэтому наблюдаемое разуплотнение интерпретируется внедрением корового очага-интрузива кислого состава, с которым связывается плиоцен-четвертичная вулканическая деятельность, новейшее структурообразование, гидротермы и известное в районе золотосеребряное оруденение.

По данным МТЗ, под всем опущенным блоком фиксируется зона повышенной проводимости на глубинах от 4–5 до 20 км, т.е. в пределах коры, мощность которой в районе составляет 30 км. По сейсмическим данным в пределах этой зоны устанавливаются две разобшенные области «пластичных пород» с отношением скоростей продольных и поперечных волн  $k = 1,85$ , прослеживаемые до глубины ~10 км. Одна соответствует нечетко выделяющемуся Гореловскому очагу под современной кальдерой вулкана и несколько севернее ее. Расчетное положение «кровли плутона» у восточного подножия вулкана Горелый около – 2 км. Другая область представляет Мутновский очаг, простирающийся на глубинах 7–10 км от центра постройки вулкана Мутновский до 10–12 км к северу, при ширине 5–6 км. Еще одна область повышенной пластичности среды намечается в зоне между вулканами ниже первых двух, с некоторым смещением от них к западу.

На геоэлектрическом разрезе Гореловского блока выделяются пласты высокой проводимости в верхних частях разреза и вертикальные проводящие зоны, уходящие на глубину 3–5 км и более. Они истолковываются как система при-

разломных каналов и зон растекания глубинного теплоносителя, поднимающегося от магматического очага. В тепловом поле термоаномалии вулканов Горелый и Мутновский, локализованные в их прикратерных зонах, на всю доступную исследованию глубину разобщены.

Приведенные интерпретации результатов геофизических работ достаточно спорны. Выше отмечена невыраженность Толмачевско-Гореловской депрессии в реальной геологической структуре района. Другой пример видимого противоречия в понимании природы этой аномалии как очагово-интрузивной представляет ее восточная часть, примыкающая к Ахомтенскому интрузиву: при существенно гранитоидном составе последний, тем не менее, образует крутую положительную ступень в поле силы тяжести, ограничивающую аномалию с востока (рис. 2). Возможно, это свидетельствует о пластовой форме и малой мощности интрузива, подстилаемого высокоплотными породами. Не выглядит убедительным и выделение столь обширного очага вулкана Мутновский: с гидродинамических позиций трудно представимо, что его магма, поднимавшаяся до 1800 м к действующему кратеру вулкана, не проявила себя ни одним молодым прорывом на низких уровнях в тектонически активной полосе своего залегания.

Главным контраргументом представлениям о наличии в пределах депрессии кислых магматических очагов является существенно базальтоидный состав продуктов деятельности современных вулканов. Одновременно это выдвигает и проблему – каким образом тяжелая базальтовая магма поднимается в среде низкой плотности. Наиболее вероятным источником гравитационной аномалии представляется крупный, вероятно расслоенный плутон гранит-диоритового состава, закристаллизовавшийся до эффективно-жесткого состояния, но, возможно, еще неполностью остывший.

С другой стороны, отмеченная разноглубинность положения кровли плотного мелового фундамента на востоке и западе депрессии, т.е. под вулканами Мутновский и Горелый, должна, очевидно, рассматриваться в ряду причин различия их структурной и вещественной эволюции – ввиду возможного её влияния на глубину размещения и размеры их периферических очагов.

Данная статья входит в цикл работ, посвященных строению, веществу и близповерхностным магматическим очагам вулканов Мутновский и Горелый (Мутновский геотермальный район, Камчатка) [35, 36, 37].

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вакин Е.А., Кирсанов И.Т., Пронин А.А. Активная Воронка Мутновского вулкана // Бюл. вулканол. Станций. 1966. № 40. С. 25–35.
2. Вакин Е.А., Леонов В.Л., Овсянников А.А. Мутновский геотермальный район // Активные вулканы и геотермальные системы Камчатки. Путеводитель научных экскурсий. Петропавловск-Камчатский, 1985. С. 164–197.
3. Виноградов В.И., Вишневская И.И., Григорьев В.С. Гранитообразование в зоне перехода континент-океан (на примере Ахотенского массива на Камчатке) // Сов. Геология. 1990. № 9. С. 55–61.
4. Влодавец В.И., Пийп Б.И. Каталог действующих вулканов Камчатки // Бюл. вулканол. станций. 1957. № 2. С. 5–95.
5. Геологическое строение зон активного вулканизма / Под ред. Шеймовича В.С., Патока М.Г. М.: Недра, 1989. 207 с.
6. Гриб Е.Н. Состав и условия кристаллизации лав вулканических построек Северо-Мутновской вулcano-тектонической зоны // Вулканология и сейсмология. 1989. № 4. С. 24–42.
7. Дитмар фон К. Поездка и пребывание в Камчатке в 1851–1855 гг. Ч. 1 СПб., 1901. 156 с.
8. Заварицкий А.Н., Пийп Б.И., Горшков Г.С. Изучение вулканов Камчатки // Тр. лаб. вулканол. 1954. Вып. 8 С. 18–57.
9. Зеленский М.Е., Овсянников А.А., Гавриленко Г.М., Сеньюков С.Л. Извержение вулкана Мутновский (Камчатка) 17 марта 2000 г. // Вулканология и сейсмология. 2002. № 6. С. 25–28.
10. Зубин М.И., Мелекесцев И.В., Таракановский А.А., Эрлих Э.И. Четвертичные кальдеры Камчатки // Вулканизм и глубины Земли. М.: Наука, 1971. С. 55–56.
11. Кирсанов И.Т. Вулкан Горелый, его геологическое строение, последние извержения и состав продуктов // Вулканическая деятельность, её механизм, связь с геодинамикой, прогноз извержений и землетрясений. Петропавловск-Камчатский, 1985. С. 32–33.
12. Кирсанов И.Т. Состояние вулканов Мутновского и Горелого за период с октября 1959 по октябрь 1960 г. // Бюл. вулканол. станций. 1964. № 35. С. 34–43.
13. Кирсанов И.Т., Огородов Н.В., Чирков А.М. Состояние вулканов Мутновского и Горелого за период с ноября 1960 по июнь 1961 г. // Бюл. вулканол. станций. 1964. № 36. С. 39–47.
14. Кирсанов И.Т., Озеров А.Ю. Состав продуктов и энергетический эффект извержения вулкана Горелый в 1980–1981 гг. // Вулканология и сейсмология. 1983. № 1. С. 25–42.

15. Кирсанов И.Т., Мелекесцев И.В. Вулкан Горелый // Действующие вулканы Камчатки. Т. 2. М.: Наука, 1991. С. 294–317.
16. Кирсанов И.Т., Федоров М.В. Игнимбриты вулкана Горелого // Проблемы вулканизма. Материалы ко II Всесоюз. вулканол. совещ. Петропавловск-Камчатский, 1964. С. 45–47.
17. Кулаков В.С. Вулканические наблюдения на Камчатке // Природа. 1936. № 10. С. 53–54.
18. Лоншаков Е.А. Ряды вулканотектонических структур и структурно-вещественные парагенезисы Южно-Камчатского района // Бюл. вулканол. станций. 1979. № 57. С. 79–91.
19. Маренина Т.Ю. Геолого-петрографический очерк Мутновского вулкана // Тр. лабор. вулканол. 1960. Вып. 12. С. 3–52.
20. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В. Динамика активности вулканов Мутновский и Горелый в голоцене и вулканическая опасность для прилегающих районов (по данным тефрохронологических исследований) // Вулканология и сейсмология. 1987. № 3. С. 3–18.
21. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В., Сулержицкий Л.Д. Возраст и динамика формирования действующих вулканов Курило-Камчатской области // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1990. № 4. С. 17–31.
22. Мишин В.В. Геолого-геофизическое строение юга Камчатки // Тихоокеанская геология. 1997. Т. 16. № 4. С. 69–70.
23. Новограбленов П.Т. Каталог вулканов Камчатки // Изв. Гос. геогр. о-ва. 1932. Т. 64. Вып. 1. С. 88–99.
24. Овсянников А.А., Зубин М.И. Вулкан Мутновский // Действующие вулканы Камчатки. М.: Наука, 1991. С. 316–337.
25. Плечова А.А., Портнягин М.В., Пономарева В.В., Деркачев А.Н. Петрохимическая характеристика пемз вулканического центра Горелый (Камчатка) как основа для их корреляции с тефрой из колонок северо-западной Пацифики // Материалы XX Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. 2013. Том 1. Москва: изд-во «ГЕОС». С. 249–253.
26. Поляк Б.Г., Мелекесцев И.В. Продуктивность вулканических аппаратов // Вулканология и сейсмология. 1981. № 5. С. 22–37.
27. Сандимиров И.В., Пампура В.Д., Сандимирова Г.П., Гудкова В.Н. Возраст золото-полиметаллического оруденения Жировского вулканорудного центра (Южная Камчатка) // Докл. АН. 1993. Т. 329. № 5. С. 637–639.
28. Селянгин О.Б. Новое о вулкане Мутновский: строение, развитие, прогноз // Вулканология и сейсмология. 1993. № 1. С. 17–35.
29. Селянгин О.Б., Пономарева В.В. Строение и развитие Гореловского вулканического центра, Южная Камчатка // Вулканология и сейсмология. 1999. № 2. С. 3–23.
30. Dahl S.O., Nesje A. A new approach to calculating Holocene winter precipitation combining glacier equilibrium-line altitudes and pine-tree limits: a case study from Hardangerjokulen, central southern Norway // The Holocene. 1996. V. 6. № 4. P. 381–398.
31. Duggen S., Portnyagin J., Ulfbeck K., Hoernle D., Garbe-Schonberg and Grassineau N. Drastic shift in lava geochemistry in the volcanic front to rear-arc

region of the southern Kamchatkan subduction zone: Evidence for the transition from slab surface degidration to sediment melting // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 2007,71. P. 452 – 480.

32. *Seligman A., Bindeman I., Jicha B., Ellis B., Ponomareva V. and Leonov V.* Multi-Cyclic and Isotopically Diverse Silicic Magma Generation in an Arc Volcano: Gorely Eruptive Center, Kamchatka, Russia // *Journal of Petrology.* 2014 1. P. 1–33.

33. *Simon A., Yogodzinski G.M., Robertson K., Smith E., Selyangin O., Kirukhin A., Mulcahy S.R., Walker J.D.* Evolution and genesis of volcanic rocks from Mutnovsky Volcano, Kamchatka// *J. Volcanol. Geotherm. Res.*2014. V.286.P.116–137.

34. *Taran Yu. A., Pilipenko V.P., Rozhkov A. M. and Vakin E.A.* A geochemical model for fumaroles of the Mutnovsky volcano, Kamchatka. USSR // *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 1992. V.49. P. 269–283.

35. *Селянгин О.Б.* Строение, вещество и близповерхностные магматические очаги вулканов Мутновский и Горелый (Мутновский геотермальный район, Камчатка). II. Вулкан Мутновский // ГИАБ № 11, Специальный выпуск № 31 «Камчатка-3». – 2016. С. 365–400.

36. *Селянгин О.Б.* Строение, вещество и близповерхностные магматические очаги вулканов Мутновский и Горелый (Мутновский геотермальный район, Камчатка). III. Гореловский вулканический центр Мутновского геотермального района // ГИАБ № 11, Специальный выпуск № 31 «Камчатка-3». – 2016. С. 401–437.

37. *Селянгин О.Б.*, Строение, вещество и близповерхностные магматические очаги вулканов Мутновский и Горелый (Мутновский геотермальный район, Камчатка). IV. Пути и механизмы эволюции магм вулканов Мутновский и Горелый. Геологический и энергетический аспекты// ГИАБ № 11, Специальный выпуск № 31 «Камчатка-3». – 2016. С. 438–452. **ГИАБ**

#### **КОРОТКО ОБ АВТОРЕ**

---

*Селянгин Олег Борисович* – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник; [nigt@kscnet.ru](mailto:nigt@kscnet.ru), Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук.



---

UDC 551.21

**STRUCTURE, SUBSTANCE AND NEAR-SURFACE MAGMATIC CHAMBERS OF MUTNOVSKY AND GORELY VOLCANOES (MUTNOVSKY GEOTHERMAL REGION, KAMCHATKA). I. GEOLOGICAL POSITION OF THE VOLCANOES**

Selyangin O.B., Candidate of Geological-Mineralogical Sciences, Leading Researcher, nigt@ksnet.ru, Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia.

---

*Geological position of two close active volcanoes in Southern Kamchatka – Mutnovsky and Gorely perspective for geotechnological development as sources of energy and raw materials is presented. Multicone ridged volcanoes edifices of a general linear range are localized respectively in front and rear zones of the Kuril-Kamchatka island arc system in the zone of crust decompression with different depth of their basement. The characteristics of the volcanoes positions are considered as the reasons for the differences of compositions and evolution features of magma feeding them.*

*Key words: volcanoes, geotechnology, geological structure, tectonic position, gravitational anomaly.*

#### REFERENCES

1. Vakin E.A., Kirsanov I.T., Pronin A.A. *Aktivnaja Voronka Mutnovskogo vulkana* (Active Crater of Mutnovskii volcano) // Bjul. vulkanol. Stancij. 1966. No 40. pp. 25–35.
2. Vakin E.A., Leonov V.L., Ovsjannikov A.A. *Mutnovskij geotermal'nyj rajon* (Mutnovsky geothermal area) // Aktivnye vulkany i geotermal'nye sistemy Kamchatki. Putevoditel' nauchnyh jekskursij. Petropavlovsk-Kamchatskij, 1985. pp. 164–197.
3. Vinogradov V.I., Vishnevskaja I.I., Grigor'ev V.S. *Granitoobrazovanie v zone perekhoda kontinent-okean (na primere Ahomtenskogo massiva na Kamchatke)* (The granite formation are the consequence of the transition zone continent-ocean (for example Fomchenkova array in Kamchatka)) // Sov. Geologija. 1990. No 9. pp. 55–61.
4. Vlodavec V.I., Pijp B.I. *Katalog dejstvujushih vulkanov Kamchatki* (Catalog of active volcanoes of Kamchatka) // Bjul. vulkanol. stancij. 1957. No 2. pp. 5–95.
5. *Geologicheskoe stroenie zon aktivnogo vulkanizma* (The geological structure of zones of active volcanism) / Pod red. Shejmovicha V.S., Patoka M.G. Moscow: Nedra, 1989. 207 p.
6. Grib E.N. *Sostav i uslovija kristallizacii lav vulkanicheskikh postroek Severo-Mutnovskoj vulkano-tektonicheskoj zony* (The composition and conditions of crystallization of the lavas of the volcanic structures of the North-Mutnovsky volcano-tectonic zone) // Vulkanologija i seismologija. 1989. No 4. pp. 24–42.
7. Ditmar fon K. *Poezdka i prebyvanie v Kamchatke v 1851–1855 gg.* (Trip and stay in Kamchatka in 1851–1855). Ch. 1 SPb., 1901. 156 p.
8. Zavarickij A.N., Pijp B.I., Gorshkov G.S. *Izuchenie vulkanov Kamchatki* (Study of the volcanoes of Kamchatka) // Tr. lab. vulkanol. 1954. Vyp. 8. pp. 18–57.
9. Zelenskij M.E., Ovsjannikov A.A., Gavrilenko G.M., Senjukov S.L. *Izverzhenie vulkana Mutnovskij (Kamchatka) 17 marta 2000 g.* (The eruption of the Mutnovsky volcano (Kamchatka) March 17, 2000) // Vulkanologija i seismologija. 2002. No 6. pp. 25–28.
10. Zubin M.I., Melekescev I.V., Tarakanovskij A.A., Jerlih Je.I. *Chetvertichnye kal'dery Kamchatki* (Quaternary calderas of Kamchatka) // Vulkanizm i glubiny Zemli. Moscow: Nauka, 1971. pp. 55–56.
11. Kirsanov I.T. *Vulkan Gorelyj, ego geologicheskoe stroenie, poslednie izverzhenija i sostav produktov* (Volcano, its geological structure, the last eruption and the composition of the products) // Vulkanicheskaja dejatel'nost', ejo mehanizm, svjaz' s geodinamikoj, prognoz izverzhenij i zemletrjasenij. Petropavlovsk-Kamchatskij, 1985. pp. 32–33.
12. Kirsanov I.T. *Sostojanie vulkanov Mutnovskogo i Gorelogo za period s oktjabrja 1959 po oktjabr' 1960 g.* (Status of volcanoes Mutnovsky and Gorely for the period from October 1959 to October 1960) // Bjul. vulkanol. stancij. 1964. No 35. pp. 34–43.
13. Kirsanov I.T., Ogorodov N.V., Chirkov A.M. *Sostojanie vulkanov Mutnovskogo i Gorelogo za period s nojabrja 1960 po ijun' 1961 g.* (Status of volcanoes Mutnovsky and

Gorely for the period from November 1960 to June 1961) // Bjul. vulkanol. stancij. 1964. No 36. pp. 39–47.

14. Kirsanov I.T., Ozerov A.Ju. *Sostav produktov i jenergeticheskij jeffekt izverzenija vulkana Gorelyj v 1980–1981 gg.* (Composition of products and energy effect of the eruption of the Gorely volcano in 1980–1981) // Vulkanologija i sejsmologija. 1983. No 1. pp. 25–42.

15. Kirsanov I.T., Melekescev I.V. *Vulkan Gorelyj // Dejstvujushhie vulkany Kamchatki* (Active volcanoes of Kamchatka). T. 2. Moscow: Nauka, 1991. pp. 294–317.

16. Kirsanov I.T., Fedorov M.V. *Ignimbrity vulkana Gorelogo* (Ignimbrite of Gorely volcano) // Problemy vulkanizma. Materialy ko II Vsesojuz. vulkanol. soveshh. Petropavlovsk-Kamchatskij, 1964. pp. 45–47.

17. Kulakov V.S. *Vulkanicheskie nabljudenija na Kamchatke* (Volcanic observations at Kamchatka) // Priroda. 1936. No 10. pp. 53–54.

18. Lonshakov E.A. *Rjady vulkanotektonicheskikh struktur i strukturno-veshhestvennye paragenezisy Juzhno-Kamchatskogo rajona* (Rows volcanotectonics structures and structural-material assemblages of the South-Kamchatka region) // Bjul. vulkanol. stancij. 1979. No 57. pp. 79–91.

19. Marenina T.Ju. *Geologo-petrograficheskij ocherk Mutnovskogo vulkana* (Geological and petrographical sketch of Mutnovsky volcano) // Tr. labor. vulkanol. 1960. Vyp. 12. pp. 3–52.

20. Melekescev I.V., Brajceva O.A., Ponomareva V.V. *Dinamika aktivnosti vulkanov Mutnovskij i Gorelyj v golocene i vulkanicheskaja opasnost' dlja prilgajushhij rajonov (po dannym tefrohronologicheskikh issledovanij)* (Dynamics of activity of Mutnovsky and Gorely volcanoes in Holocene and volcanic hazard for adjacent areas (according tephrochronological studies)) // Vulkanologija i sejsmologija. 1987. No 3. pp. 3–18.

21. Melekescev I.V., Brajceva O.A., Ponomareva V.V., Sulerzhickij L.D. *Vozrast i dinamika formirovanija dejstvujushhij vulkanov Kurilo-Kamchatskoj oblatsi* (Knows what he wants Age and dynamics of formation of the active volcanoes of the Kuril-Kamchatka region) // Izv. AN SSSR. Ser. geol. 1990. No 4. pp. 17–31.

22. Mishin V.V. *Geologo-geofizicheskoe stroenie juga Kamchatki* (Geological and geophysical structure of the southern Kamchatka) // Tihookeanskaja geologija. 1997. T. 16. No 4. pp. 69–70.

23. Novograblenov P.T. *Katalog vulkanov Kamchatki* (Catalogue of volcanoes of Kamchatka) // Izv. Gos. geogr. o-va. 1932. T. 64. Vyp. 1. pp. 88–99.

24. Ovsjannikov A.A., Zubin M.I. *Vulkan Mutnovskij // Dejstvujushhie vulkany Kamchatki* (Mutnovsky Volcano). Moscow: Nauka, 1991. pp. 316–337.

25. Plechova A.A., Portnjagin M.V., Ponomareva V.V., Derkachev A.N. *Petrohimicheskaja harakteristika pemz vulkanicheskogo centra Gorelyj (Kamchatka) kak osnova dlja ih korreljacii s tefroj iz kolonok severo-zapadnoj Pacifiki* (Petrochemical characteristics of PEMs of the Gorely volcanic center (Kamchatka) as a basis for their correlation with tephra from the speakers of the North-West Pacific) // Materialy HH Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii (Shkoly) po morskoy geologii. 2013. Tom 1. Moscow: izd-vo «GEOS». pp. 249–253.

26. Poljak B.G., Melekescev I.V. *Produktivnost' vulkanicheskikh apparatov* (Productivity of volcanic edifices) // Vulkanologija i sejsmologija. 1981. No 5. pp. 22–37.

27. Sandimirov I.V., Pampura V.D., Sandimirova G.P., Gudkova V.N. *Vozrast zoloto-polimetallicheskogo orudenenija Zhirovskogo vulkano-rudnogo centra (Juzhnaja Kamchatka)* (The age of gold-polymetallic mineralization zhirovskie volcano-ore centre (southern Kamchatka)) // Dokl. AN. 1993. T. 329. No 5. pp. 637–639.

28. Seljagin O.B. *Novoe o vulkane Mutnovskij: stroenie, razvitie, prognoz* (New data on Mutnovsky volcano: structure, development, forecast) // Vulkanologija i sejsmologija. 1993. No 1. pp. 17–35.



29. Seljagin O.B., Ponomareva V.V. *Stroenie i razvitie Gorelovskogo vulkanicheskogo centra, Juzhnaja Kamchatka* (Structure and development of Gorelovsky volcanic center, southern Kamchatka) // Vulkanologija i sejsmologija. 1999. No 2. pp. 3–23.

35. Seljagin O.B., *Stroenie, veshhestvo i blizpoverhnostnye magmaticheskie ochagi vulkanov Mutnovskij i Gorelyj (Mutnovskij geotermal'nyj rajon, Kamchatka). II. Vulkan Mutnovskij* (Structure, substance and subsurface magma chambers of the volcanoes Mutnovsky and Gorely (Mutnovsky geothermal area, Kamchatka). II. The Mutnovsky volcano) // GIAB No 11, Special'nyj vypusk No 31 «Kamchatka-3». 2016. pp. 365–400.

36. Seljagin O.B. *Stroenie, veshhestvo i blizpoverhnostnye magmaticheskie ochagi vulkanov Mutnovskij i Gorelyj (Mutnovskij geotermal'nyj rajon, Kamchatka). III. Gorelovskij vulkanicheskij centr Mutnovskogo geotermal'nogo rajona* (Structure, substance and subsurface magma chambers of the volcanoes Mutnovsky and Gorely (Mutnovsky geothermal area, Kamchatka). III. Gorelovsky volcanic center of the Mutnovsky geothermal area) // GIAB No 11, Special'nyj vypusk No 31 «Kamchatka-3». 2016. pp. 401–437.

37. Seljagin O.B. *Stroenie, veshhestvo i blizpoverhnostnye magmaticheskie ochagi vulkanov Mutnovskij i Gorelyj (Mutnovskij geotermal'nyj rajon, Kamchatka). IV. Puti i mehanizmy jevoljucii magm vulkanov Mutnovskij i Gorelyj. Geologicheskij i jenergeticheskij aspekty* (Structure, substance and subsurface magma chambers of the volcanoes Mutnovsky and Gorely (Mutnovsky geothermal area, Kamchatka). IV. Ways and mechanisms of the evolution of the magmas of the volcanoes Mutnovsky and Gorely. Geological and energy aspects) // GIAB No 11, Special'nyj vypusk No 31 «Kamchatka-3». 2016. pp. 438–452.