

Маары хребта Кумроч (Восточная Камчатка): водородная гипотеза образования Савельев Д.П.

Maars of the Kumroch Ridge (Eastern Kamchatka): hydrogen hypothesis of formation Savelyev D.P.

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;
e-mail: savelyev@kscnet.ru*

Приведены сведения о трубках взрыва (маарах), расположенных в северной части хребта Кумроч, в обрамлении Кротонского гипербазитового массива. Предложена гипотеза, связывающая образование этих мааров со взрывом водорода, выделившегося при серпентинизации гипербазитов и накопившегося в ловушках в серпентинитовом меланже.

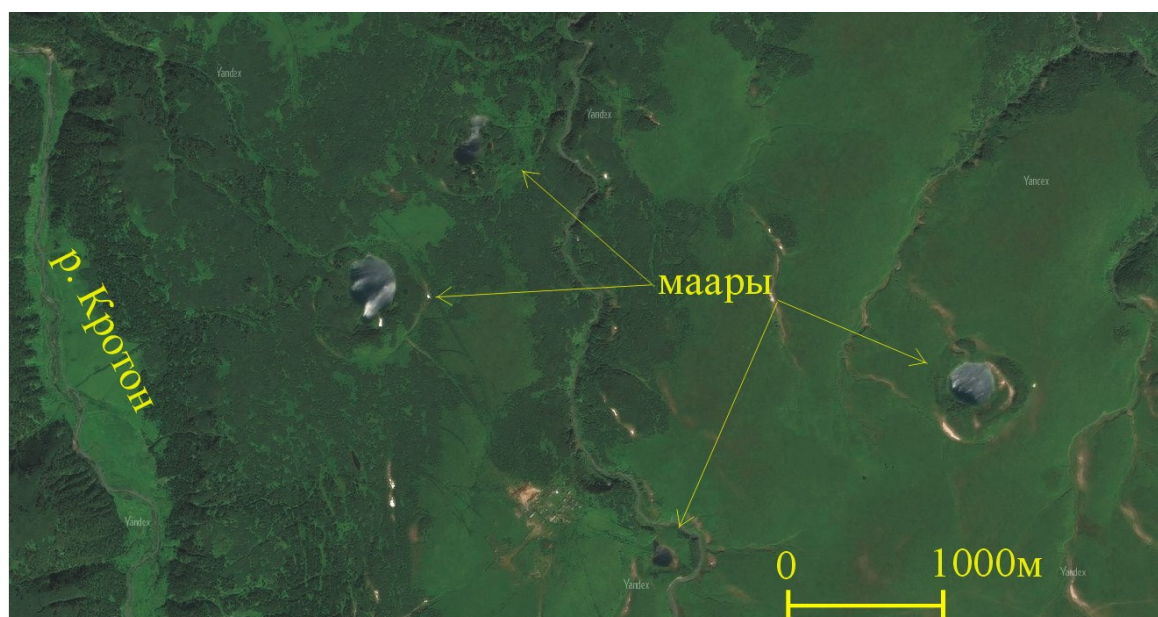
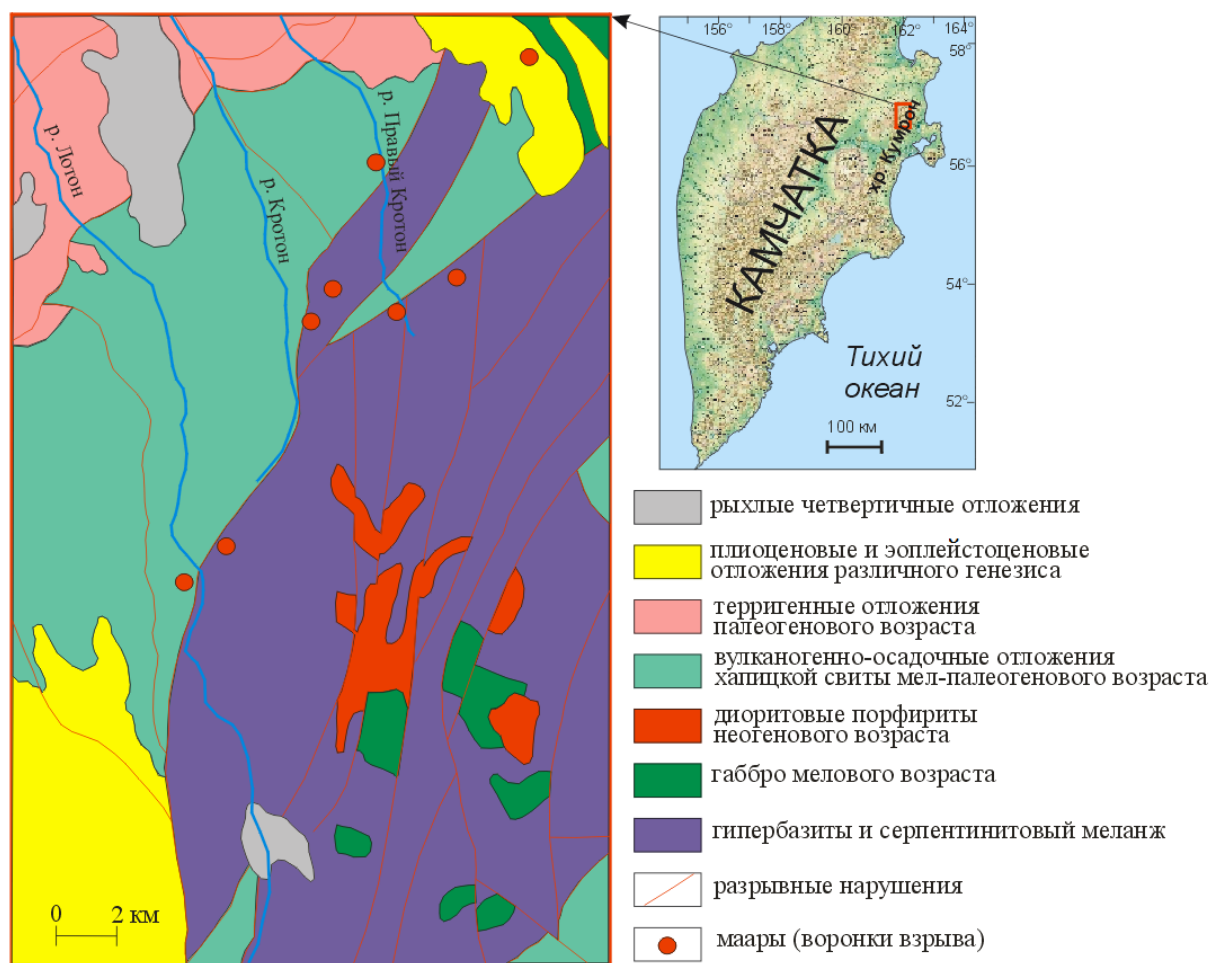
Мааром обычно называют относительно плоскодонный вулканический кратер без конуса, окруженный невысоким валом из рыхлых отложений, часто с озером в центре. Иногда к маарам относят также трубки взрыва, имеющие невулканическое происхождение. Такие трубки взрыва образуются при накоплении и выбросе метана из тающих газогидратов в полярных областях в условиях многолетней мерзлоты [1, 6].

На Камчатке газовые трубки взрыва закартированы в северной части хр. Кумроч, в долинах рек Лотон и Кротон (рис. 1). На изданных геологических картах масштаба 1:200 000 они показаны как маары (лист О-57-XXX [4]) и воронки взрыва (лист О-57- XXV [3]). Описания этих объектов приведены в записках к геологическим картам этих листов. Они представляют собой воронки округлой формы диаметром 300-1000 м, окруженные валом высотой 15-40 м и шириной до 80 м (рис. 2). Кольцевые валы сложены серпентинитовыми брекчиями с песчаным и глинистым цементом [3, 4]. Геологи отнесли их к голоценовым образованиям. В работе М.М. Певзнер [2] маары верховьев р. Правый Кротон отнесены к вулканическим центрам доголоценового возраста на основании того, что на поверхности насыпных валов фиксируется полный голоценовый почвенно-пирокластический чехол, и на основании датировки одного из горизонтов пеплов внутри маара [2]. Ювенильной пирокластике в отложениях валов не обнаружено. Рельефные формы воронок и валов позволяют считать их моложе последнего позднеплейстоценового оледенения. По мнению геологов-съемщиков В.С. Успенского и Н.А. Пилипчука, эти маары являются результатом одноактных взрывов прорывающих газов [4].

В пользу гипотезы о газовом, а не вулканическом генезисе мааров междуречья Кротон-Лотон, кроме отсутствия ювенильного вулканического материала в кольцевых валах, служит также достаточная удаленность вулканических построек и конусов. Ближайшие экструзивные тела андезитов и андезибазальтов позднеплейстоценового шишейского комплекса закартированы в 40 км к северо-западу [4]. На площади листа О-57-XXX (в 50 км к северо-западу от Кротонского массива) закартирован маар, который можно отнести к вулканическим, поскольку его вал сложен обломками риолитов, аналогичными породам шишейского комплекса, в пределах экструзивного тела которого он находится [4]. Однако, в случае принятия газовой гипотезы происхождения мааров Лотона-Кротона, необходимо объяснить один факт – их очень кучное расположение вблизи границы Кротонского гипербазитового массива и отсутствие в других местах. Именно этот факт позволяет уточнить газовую гипотезу и предположить состав и источник этого газа.

При исследовании щелочных источников и травертиновых шлейфов в пределах Солдатского гипербазитового массива на п-ове Камчатский Мыс Ю.А. Тараном с коллегами было обнаружено, что вода некоторых источников содержит растворенный водород (до 0.77 ммоль/л) [7]. Этот водород выделяется при серпентинизации оливина по такой реакции [5]: $(\text{Mg,Fe}^{2+})_2\text{SiO}_4 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 + \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2$. На Солдатском массиве щелочные источники находятся на склоне горы, гипербазиты трещиноваты и не перекрыты чехлом рыхлых отложений. Поэтому был зафиксирован

только остаточный растворенный в воде водород, из-за отсутствия ловушек он не может скапливаться в больших объемах.



Кротонский массив, также, как и массив горы Солдатской, серпентинизирован неравномерно. Наибольшая серпентинизация может быть обеспечена при интенсивной

тектонической переработке гипербазитов, т.е. в зонах меланжа. Чем более интенсивно происходит серпентинизация гипербазитов, тем интенсивнее выделяется водород. При этом серпентинитовые глины, слагающие матрикс меланжа, являются хорошей крышкой, непроницаемой для воды и газов. Такая структура (зона серпентинитового меланжа, перекрывающая основное тело гипербазитового массива) создает условия для возникновения ловушек, в которых может скапливаться водород, выделяющийся при серпентинизации. При смешении с кислородом из воздуха в близповерхностных резервуарах может образоваться взрывоопасная смесь. Тогда искра от пожаров или от сухих гроз может вызвать взрыв и формирование кратера, аналогичного тем, что образуются при взрыве смеси биогенного метана с воздухом на Ямале [1]. Описанные процессы (серпентинизация перидотитов и выделение водорода) происходят в Кротонском массиве непрерывно сотни тысяч (а может быть, и миллионы) лет – с момента попадания воды по трещинам в объем массива гипербазитов. Для формирования скоплений водорода нужны только специфические геологические условия – наличие газонепроницаемых ловушек над гипербазитами. Если такие условия возникают, то взрывы газа и образование взрывных кратеров будут повторяться постоянно.

Предложенная модель объясняет наблюдаемый факт – скопление трубок взрыва (мааров) в пределах полосы шириной 2-4 км вдоль северо-восточной границы Кротонского гипербазитового массива.

Автор благодарен В.С. Каменецкому за лекцию, в которой им была предложена идея образования кимберлитовых трубок взрыва за счет водорода, выделяющегося при серпентинизации оливина. Также благодарность коллегам и водителю КАМАЗа И.А. Утешеву, с которыми мы безуспешно пытались доехать до мааров хребта Кумроч, но не доехали, поэтому описание кратеров сделано по материалам предшественников.

Работа выполнена при финансировании по теме НИР № FWME-2024-0012 Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

Список литературы

1. *Богоявленский В.И., Сизов О.С., Мажаров А.В. и др.* Дегазация Земли в Арктике: дистанционные и экспедиционные исследования катастрофического Сеяхинского выброса газа на полуострове Ямал // *Арктика: экология и экономика*. 2019. № 1. Т. 33. С. 88-105. <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2019-1-88-105>
2. *Певзнер М.М.* Голоценовый вулканизм Срединного хребта Камчатки / *Труды Геологического института*. Вып. 68 / Отв. ред. М.А. Федонкин. М.: ГЕОС, 2015. 252 с.
3. *Сляднев Б.И.* Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Восточно-Камчатская. Лист О-58-XXV, XXVI (р. Уколка). Л.: Ленинградская картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 1989. + Записка к карте 99 с.
4. *Успенский В.С., Пилипчук Н.А.* Государственная геологическая карта и карта полезных ископаемых Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Восточно-Камчатская. Лист О-57-XXX (соп. Острая). СПб: Санкт-Петербургская картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2006. + Записка к карте 120 с.
5. *Таран Ю.А., Савельев Д.П., Пальянова Г.А., Покровский Б.Г.* Щелочные воды ультраосновного массива г. Солдатской (Камчатка): химический и изотопный состав, минералогия и ^{14}C -возраст травертинов // *Доклады РАН. Науки о Земле*. 2023. Т. 510. № 1. С. 30-37. <https://doi.org/10.1134/S1028334X23600093>
6. *Andreassen K., Hubbard A., Winsborrow M. et al.* Massive blow-out craters formed by hydrate-controlled methane expulsion from the Arctic seafloor // *Science*. 2017. V. 356. № 6341. P. 948-953. <https://doi.org/10.1126/science.aal4500>
7. *Taran Yu., Kalacheva E., Savelyev D. et al.* Hyperalkaline waters and travertines of the ophiolite complex of Mt. Soldatskaya, Kamchatsky Mys Peninsula, Kamchatka, Russia // *Geochemical Journal*. 2024. V. 58. № 3. Art. GJ24011. P. 127-137. <https://doi.org/10.2343/geochemj.GJ24011>