

## К вопросу о формировании «радиаторной» столбчатой отдельности

Большаков И.Е.<sup>1</sup>, Нуждаев А.А.<sup>2</sup>, Житова Е.С.<sup>2</sup>

### On the issue of «radiator» columnar joints formation

Bolshakov I.E., Nuzhdaev A.A., Zhitova E.S.

<sup>1</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва;

e-mail: bolshakov.ilya.210@yandex.ru

<sup>2</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский

Рассматривается вопрос условий образования специфических обнажений вулканитов, имеющих облик «радиаторной» столбчатой отдельности. Приводятся данные о расположении известных обнажений, рассматриваются условия образования столбчатой отдельности, а также делаются предположения о возможных причинах формирования подобных обнажений.

#### Введение

Столбчатая отдельность – специфическая форма строения массивов эффузивных пород, образующаяся за счет уменьшения объема и растрескивания горных пород при остывании. Наиболее характерен данный вид отдельности для базальтов, однако, встречается и у массивов эффузивных пород иного состава. Вопросам характеристики условий образования столбчатых отдельностей посвящен ряд работ [1-3], но многие аспекты все еще остаются неясными.

#### Закономерности строения «радиаторной» столбчатой отдельности

В процессе полевых работ в 2023 г. на Северных Курильских островах (остров Шумшу) был обнаружен специфический массив, характеризующийся наличием как столбчатой отдельности, так и ортогональных оси столбов слоистости (рис. 1), придающей им облик, напоминающий радиаторы или гофрированные трубы. Вместе с тем, стоит отметить, что подобная картина не является уникальной и встречается в разных уголках нашей планеты (рис. 2).



Рис. 1. «Радиаторная» столбчатая отдельность в обнажении вблизи мыса Свердловск (остров Шумшу).

Вероятно, наблюдаемое строение обусловлено специфическими процессами дифференциации остывающей магмы. При этом, учитывая строение массива, в целом, можно достоверно утверждать, что это не гравитационная дифференциация, так как в субгоризонтально залегающих столбах данная слоистость оказывается

субвертикальной (рис. 1). Поэтому, вероятно, возникновение этой дифференциации обусловлено именно процессом охлаждения.

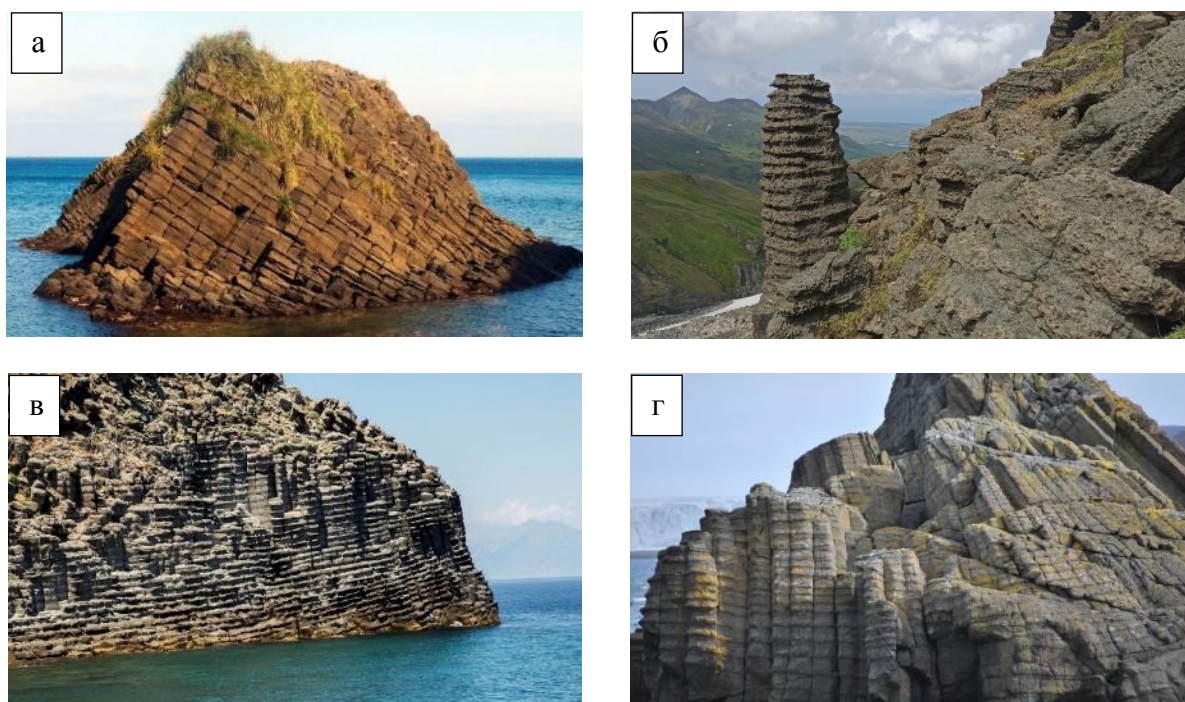


Рис. 2. «Радиаторная» столбчатая отдельность в обнажениях: а – остров Монерон, Сахалинская область [5]; б – г. Верхняя Андриановка, Камчатка (фото Нуждаева А.А.); в – остров Гекчеада, Турция [6]; г – остров Барриентос, Южные Шетландские острова [4].

Кроме того, в строении массива отчетливо видно, что особенности отдельных «слоев» оказываются весьма выдержаны по их простиранию и закономерно наблюдаются на множестве соседних столбов. Так, особенно неустойчивые к физическому воздействию слои являются наиболее «впадающими» в массив практически на всем его протяжении. Можно предположить, что в процессе остывания данного массива первична была именно дифференциация застывающей магмы, которая лишь впоследствии (после окончательного затвердевания) была разбита трещинами, образовавшими столбчатую отдельность.

При этом важно отметить, что в большинстве мест, где распространены подобные массивы, породы оказываются в условиях активного воздействия различных агентов физического выветривания, которое, скорее всего, в значительной мере и обеспечивает наглядность и яркую выраженность подобного облика.

### **Состав и строение «радиаторного» базальта**

Для изучения состава и строения этих образований был отобран ряд образцов, наиболее крупный из которых включал в себя часть как выпуклого (более прочного), так и слабого слоев (рис. 3). В макроскопическом строении отчетливо заметно (за счет желтоватой окраски), что слабый слой в большей степени подвержен процессам вторичных преобразований. Однозначно определить различия в минералогическом составе из макроскопического описания не удалось, хотя создается впечатление, что слабый слой содержит большее количество рудных минералов.

Пожалуй, наиболее отчетливо заметной и интересной особенностью строения данной породы является наличие в выпуклом слое серии темных полос толщиной в несколько миллиметров, которые стабильно располагаются перпендикулярно оси столбчатости (рис. 3).



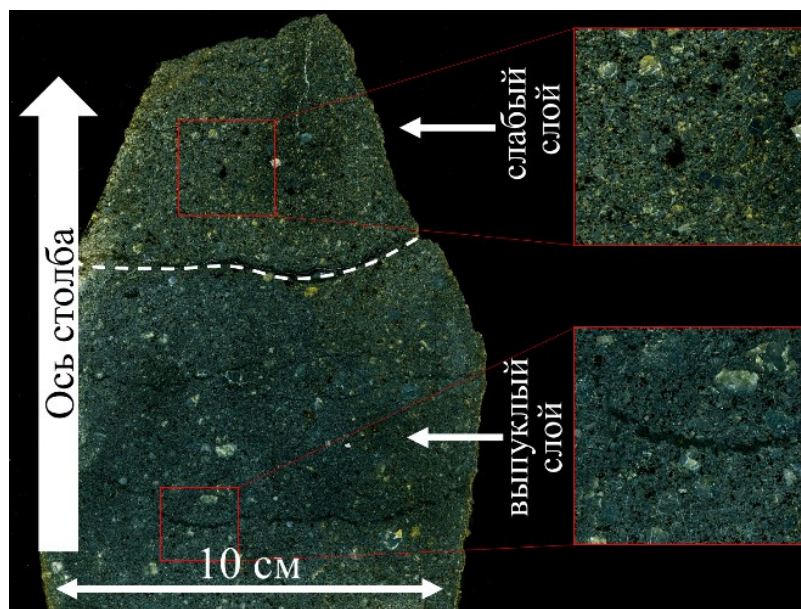


Рис. 3. Общий вид «радиаторного» базальта.

Благодаря анализу шлифов (рис. 4), было выяснено, что эти полосы (в верхней части фотографий шлифов выпуклого слоя) сложены слабо раскристаллизованной массой, составленной в основном микролитами плагиоклаза, характерными для основной массы резко застывающих эффузивных пород. По одной из таких полос проходит трещина, разделяющая два различных слоя, обозначенная белым пунктиром на рис. 3. При этом во всей остальной породе подобные микролиты практически отсутствуют. Большая часть породы хорошо раскристаллизована и сложена крупными кристаллами плагиоклаза (размером 0.5-2 мм) и более редкими крупными кристаллами пироксена. Пироксен также широко распространен в виде мелких кристаллов в пространстве между крупными кристаллами плагиоклаза.

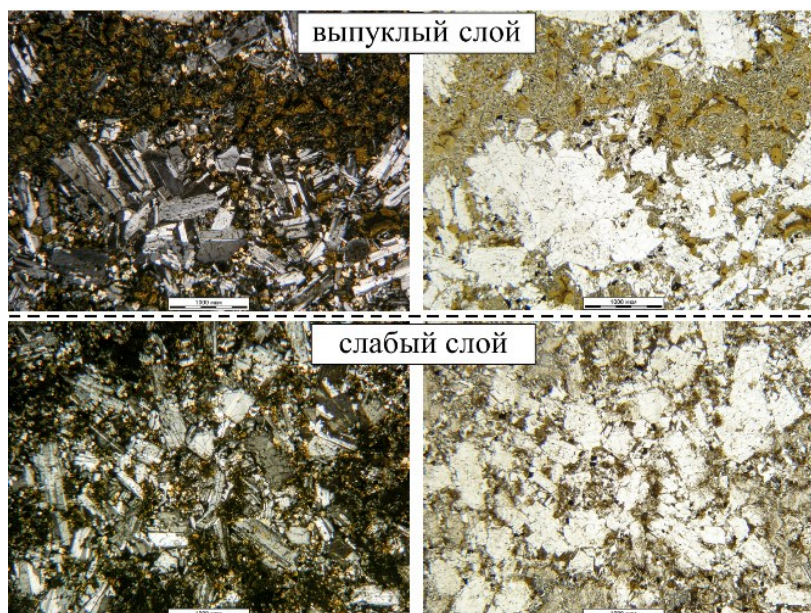


Рис. 4. Общий вид слоев «радиаторного» базальта под микроскопом в одном (справа) и двух (слева) николях.

Таким образом, вероятно, образование этих плохо раскристаллизованных прослоев связано с процессом неравномерного застывания массива и в то же время образования особенностей, обеспечивающих «радиаторный» облик массива на макроуровне.

Для более детального понимания различий было произведено исследование химического состава двух слоев. Определение химического состава проб выполнено методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (XRF) на вакуумном спектрометре Axios mAX. Результаты представлены в таблице. К сожалению, полученные данные не обеспечивают полноценного понимания различий двух слоев, так как их составы весьма близки и в то же время, за счет вторичных изменений в породах, могут быть в определенной степени искажены.

Таблица. Химический состав различных слоев «радиаторных» базальтов

Образец	ППП 1000 °С	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S + SrO + ZrO <sub>2</sub> + BaO
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
выпуклый слой	0.55	2.46	4.51	20.49	49.06	0.57	10.61	0.89	0.17	10.5	0.12	<0.20
слабый слой	0.68	2.49	5.17	20.56	48.61	0.54	10.14	0.81	0.19	10.5	0.10	<0.20

### Выводы

В результате анализа состава и строения пород, слагающих массив, характеризующийся специфическим «радиаторным» строением столбчатой отдельности, был выявлен ряд особенностей, причины возникновения которых достоверно определить пока не удалось. Для полноценного ответа на вопрос о причинах возникновения подобных образований требуются дополнительные исследования.

### Список литературы

1. *Budkewitsch P., Robin P.Y.* Modeling the evolution of columnar joints // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 1994. V. 59. P. 219-239.
2. *Goehring L., Morris S.W.* Order and disorder in columnar joints // Europhysics Letters. 2005. V. 69. P. 739-745.
3. *Kantha L.H.* Basalt fingers – origin of columnar joints // Geological Magazine. 1981. V. 118. P. 251-264.
4. [https://commons.m.wikimedia.org/wiki/Category:Barrientos\\_Island](https://commons.m.wikimedia.org/wiki/Category:Barrientos_Island)
5. <http://test.idilesom.com/sakh/places/post/1043>
6. <https://www.gokceada.bel.tr/kaskaval-burnu>