

Взаимосвязь физических и физико-механических свойств базальтов вулкана Толбачик с их составом и строением

С.А. Малофеев

МГУ им. М. В. Ломоносова, 119991; e-mail: semen.malofeef@gmail.com

Введение

В работе рассмотрены скальные эффузивные грунты – базальты – продукты различных извержений вулкана Плоский Толбачик. Целью работы является изучение особенностей состава, строения и свойств этих базальтов.

Помимо данных о химическом составе, структуре, текстуре, получают важные сведения о трех главных параметрах пород: пористости, скорости упругих волн и прочности. Первые не только характеризуют породу и значительно влияют на другие свойства, но и дают важную информацию о состоянии и деятельности недр нашей Земли.

Сравнительные данные по пористости четвертичных эффузивов позволяют сделать вывод об увеличении газовыделения от нижнечетвертичных к голоценовым эффузивам, т.е. нынешние катаклизмы возможно связаны именно с этим.

Изучение землетрясений, извержений, поиски новых месторождений невозможно без сейсмических исследований, а они основаны на определении скоростей упругих волн.

Для разработки месторождений, карьеров, бурения, необходимо знать о прочностных характеристиках породы: для расчета количества взрывчатых веществ, подбора алмазных инструментов, определения устойчивости откосов и т.д. В работе была предпринята попытка показать, как и отчего меняются эти свойства, на примере эффузивов одного вулкана.

Такой процесс, как вулканизм, до сих пор не до конца изучен, в том числе и на Камчатке. Существует множество вопросов об источнике магмы Ключевской группы вулканов, к которой относится Плоский Толбачик, о магмаводах и о строении самого вулкана. Очень многие исследователи пытаются решить эти вопросы, но редко кто обращается за этим к свойствам эффузивов. Возможно, эта работа поможет в дальнейших исследованиях Ключевской группы вулканов.

Всего было изучено: 33 образца ТТИ-50, 56 образцов Северного прорыва БТТИ, 71 образец Южного прорыва БТТИ и 9 образцов более древних извержений вулкана Плоский Толбачик, отобранных на его южном склоне (далее «южные»).

Структурные и текстурные особенности исследованных пород

Структурные и текстурные особенности базальтов определялись с помощью макроописания и рассмотрения шлифов образцов. В результате, были получены следующие закономерности:

1. Образцы базальтов южных лавовых потоков в целом характеризуются массивной текстурой в основании потока, также имеется тренд к увеличению пористости образца при движении вверх по потоку. Структуры базальтов – исключительно порфиновые, с крупными вкрапленниками и гломеропорфировыми сростками плагиоклаза, вкрапленниками пироксенов меньшего размера и совсем редкими вкрапленниками оливина. Структуры основной массы – интерсерральная и микролитовая с низким содержанием стекла (до 40% и до 10% соответственно).

2. Образцы лав ТТИ-50 характеризуются пористыми текстурами с изометричными порами размером до 5 мм. Также встречаются образцы с ориентированными порами длиной до нескольких сантиметров. Что касается структуры, то преобладают афировая и интерсерральная. Также часто встречается гиалопилитовая структура, что говорит о высоком темпе кристаллизации магмы на поверхности. Также необходимо отметить, что для образцов с массивной текстурой

характерна порфировая гиалопилитовая структура, а, в свою очередь, для низкопористых образцов присуща структура афировая гиалопилитовая.

3. Для образцов лав Большого трещинного Толбачинского извержения 1975-1976 гг. свойственна афировая структура с интерсертальной структурой основной массы, чуть реже встречается гиалопилитовая. Также необходимо отметить, что у некоторых образцов Южного прорыва имеется порфировая структура, чего нельзя сказать о Северном прорыве.

Физические и физико-механические свойства исследованных пород

Что касается физических свойств, то для лав южных потоков, а также для лав Северного прорыва БТТИ наиболее характерны очень плотные (по ГОСТ 25100-2011) разновидности грунтов, несколько уступают им плотные. В противоположность этому, гораздо более низкие значения плотности имеют образцы южного прорыва БТТИ, для которых наиболее характерны разновидности средней плотности. Некое промежуточное место занимают образцы лав ТТИ-50, для которых почти в пятидесяти процентах случаев характерна плотная разновидность грунтов. Также у базальтов южных потоков наблюдается связь плотности со структурой основной массы: для микролитовой структуры характерны более высокие значения плотности по сравнению с интерсертальной структурой.

Для изучения магнитных свойств для всех образцов была определена величина магнитной восприимчивости $\chi \cdot 10^{-3}$ единиц СИ. В результате, лавы всех извержений были отнесены к парамагнитным.

В ходе проведения испытаний по измерению времени прохождения продольных и поперечных волн были получены весьма различные данные скоростей распространения этих волн. Для образцов южных потоков в целом характерны довольно низкие значения скоростей продольных волн: абсолютно все образцы имеют скорости от 2,0 до 3,6 км/с, за исключением одного, для которого значение скорости составляет 4,1 км/с. Также необходимо упомянуть, что у данных образцов отсутствует какая-либо связь с пористостью и плотностью пород (рис. 1). Несколько иная ситуация имеет место быть у образцов извержения 2012-2013 гг. Здесь разброс значения гораздо больше – от 2,1 до 5,6 км/с, но 80% образцов характеризуются значениями не менее 3,5 км/с. Также присутствует некий тренд снижения скорости продольных волн с увеличением пористости.

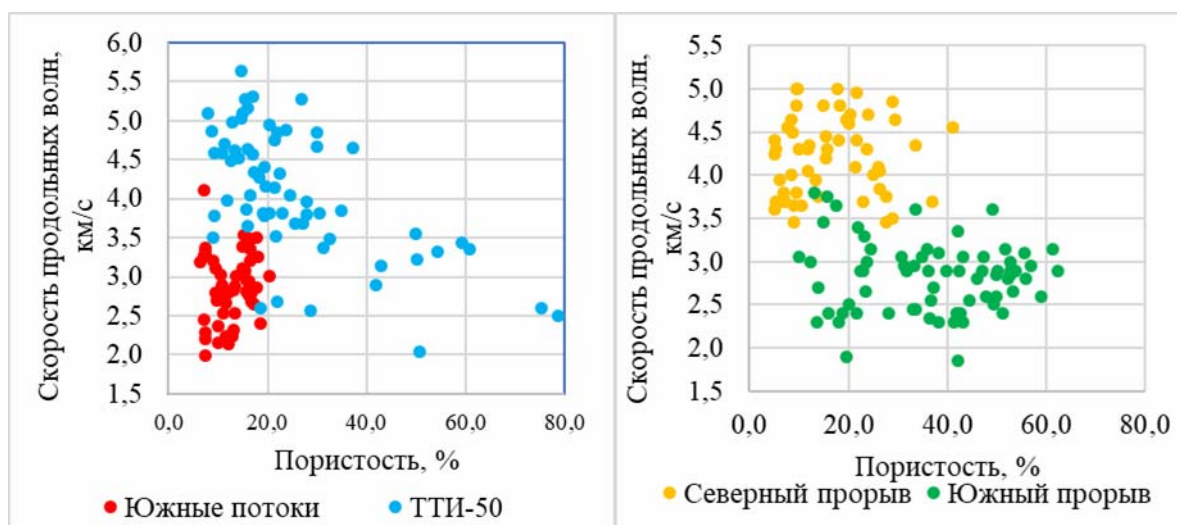


Рис. 1. Зависимость скорости прохождения продольных волн от пористости образцов

Столь существенные различия в скоростях распространения продольных волн могут быть обусловлены столь же существенными различиями в структуре образцов

данных извержений. Например, образцы южных потоков характеризуются исключительно порфировой структурой, которая, в свою очередь, характеризуется большим количеством крупных вкрапленников, являющихся столь же крупными неоднородностями. Данные неоднородности могут существенно замедлять упругие волны. У образцов ТТИ-50 доминирует афировая структура, в которой практически отсутствуют какие-либо крупные вкрапленники, и, соответственно, эти породы гораздо более однородны, нежели образцы более древних извержений.

Также необходимо отметить, что абсолютные значения скоростей распространения продольных волн нехарактерно малы для базальтов. Здесь, скорее всего, главную роль играет микротрещиноватость, образовавшаяся при остывании и кристаллизации расплава и определяющая упругие характеристики породы [2]. С течением времени (первые сотни тысяч лет) за счет смыкания микротрещин и релаксации напряжений, взаимодействия атомов, находящихся на границах микротрещин и восстановления кристаллической структуры минералов, происходит заметное увеличение величины V_p эффузивной породы [3]. На такую микротрещиноватость указывает существенное увеличение скоростей продольных волн в водонасыщенных образцах. Например, в образцах южных потоков диапазон данных значений составляет от 3,8 км/с до 5,1 км/с, а увеличение значений, по сравнению с воздушно-сухим состоянием образцов, достигает 2 км/с (рис. 2).

Для изучения прочностных свойств пород были определены прочности на одноосное сжатие и одноосное растяжение в воздушно-сухом и водонасыщенном состояниях. Данные показатели у лав различных извержений существенно отличаются. В таблице показана классификация исследованных пород по прочности на одноосное сжатие согласно ГОСТ 25100-2011.

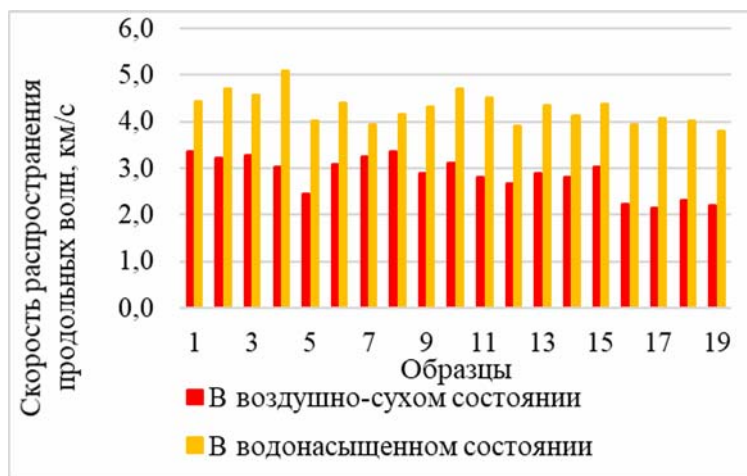


Рис. 2. Значения скоростей распространения упругих волн для образцов южных потоков

Таблица. Классификация пород по прочности на одноосное сжатие согласно ГОСТ 25100-2011

Разновидности	Значение R_c , МПа	Количество образцов			
		Южные потоки	Северный прорыв БТТИ	Южный прорыв БТТИ	ТТИ-50
Очень прочные	>120	-	31	3	2
Прочные	50-120	4	35	14	13
Средней прочности	15-50	5	13	44	8
Малопрочные	5-15	-	1	6	-

Из таблицы видно, что наиболее прочными породами являются лавы Северного прорыва БТТИ. Почти 40% образцов данного прорыва имеют прочность свыше 120

МПа, и более 80% - свыше 50 МПа, а максимальное значение прочности на одноосное сжатие достигает 239 МПа. Что касается южного прорыва БТТИ, то здесь преобладают породы средней прочности (15-50 МПа), наиболее прочные образцы имеют значения 203 и 142 МПа. Далее, 90% образцов лав Трещинного Толбачинского Извержения относятся к грунтам прочным и средней прочности, а у лав голоценовых извержений и вовсе все образцы попадают под эти две разновидности скальных грунтов.

Что касается связи прочности с физическими свойствами лав, то здесь наблюдается классические зависимости: прямая с плотностью и обратная с пористостью (рис. 3).

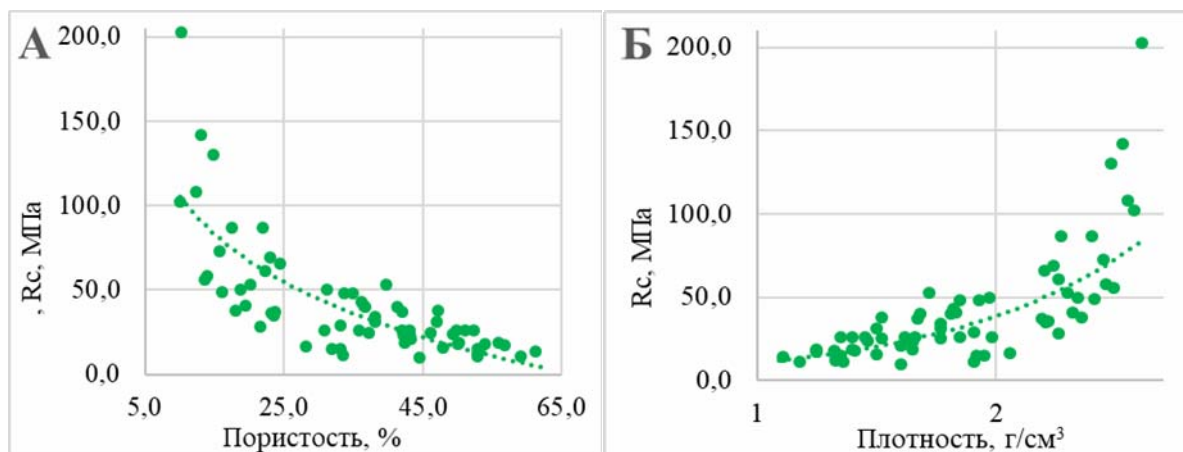


Рис. 3. Зависимость прочности образцов БТТИ на одноосное сжатие от пористости (А) и плотности (Б)

Выводы

Лавы всех исследованных извержений (несмотря на единый центр извержения) имеют различный химический состав, разнообразные структуры и текстуры и свойства. Для образцов более древних извержений характерна массивная структура, для более молодых – пористая; для лав с порфировой структурой характерна массивная текстура.

Анализ показал, что намечается тенденция уменьшения плотности (увеличение пористости) от древних пород к более современным; причем надо отметить, что полностью массивные породы (непористые) отсутствуют.

У лав более древних извержений наблюдается связь плотности со структурой основной массы: для микролитовой структуры характерны более высокие значения плотности по сравнению с интерсертальной структурой.

Исследования показали, что практически все базальты (как сильно, так и слабо пористые) характеризуются низкими значениями скоростей упругих волн, причем заметной зависимости значения V_p от пористости не наблюдается. Это нарушает общие геофизические положения о взаимосвязи между величиной плотности и скоростями распространения продольных волн. Эта особенность голоценовых эффузивов всего мира найдена и доказана сотрудниками нашей кафедры, и связана с микротрещиноватостью, образующейся при быстром застывании эффузивов [3].

Список литературы

1. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. Официальное издание. М.: МНТК СТНС, 1995. 31 с.
2. Ладыгин В.М., Округин В.М. Петрофизические свойства базальтов Большого трещинного Толбачинского извержения // Вестник МГУ. Сер. геол. 1998. № 3. С. 45-49.
3. Ладыгин В.М., Фролова Ю.В., Спиридонов Э.М. О явлении аномально низких значений скоростей продольных волн современных базальтоидов // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2018. Вып. 37. № 1. С. 20-31.