

**ИЗМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СИЛЛОВ ПРИ
ВНЕДРЕНИИ В ОСАДОЧНЫЙ ПОКРОВ, ВПАДИНА ГУАЙМАС, КАЛИФОРНИЙСКИЙ
ЗАЛИВ (СКВАЖИНЫ DSDP 477, 477A, 478, 481/481A)**

В.Б. Курносков, Ю.И. Коновалов

ФГБУН Геологический институт РАН, Пыжевский пер. 7, г. Москва, 119017;
e-mail: vic-kurnosov@rambler.ru, yukonov@mail.ru

Поступила в редакцию 16 июня 2020 г.

Во впадине Гуаймас Калифорнийского залива изучены изменения минерального и химического состава силлов разной мощности в гидротермальных системах, образующихся при внедрении горячих силлов в молодые (плейстоценовые) холодные осадки, в которых поры заполнены морской водой. В районах с высоким и низким тепловым потоком пробурены скважины DSDP 477, 477A (высокий тепловой поток), 478 и 481/481A (низкий тепловой поток). Силлы большой мощности (47 и 30 м) из скважин 477 и 477A и 112 м из скважины 478 свежие или очень слабо изменены в основном из-за того, что в силлы практически не проникала вода, выделенная из вмещающих плейстоценовых осадков при их нагревании. Оливин, содержание которого небольшое (первые проценты), остался свежим. В мезостазице, количество которого также составляет первые проценты, присутствуют глинистые минералы. Высокий тепловой поток в районе скважин 477 и 477A (1250 мВт/м²) не изменил неблагоприятную ситуацию для изменения минерального и химического состава силлов большой мощности без поступления в них воды. Тонкие силлы мощностью от 0.1 до 0.65 м и силлы с относительно небольшой мощностью от 1.2 до 4.5 м, которые встречены в скважинах 478 и 481/481A, изменены. Они трещиноваты и соответственно благоприятны для проникновения в них воды, изгнанной из разогретых вмещающих осадков. Кроме того, в этих силлах большой объем занимает мезостазице (в основном от 18 до 45 %, в отдельных образцах от 53 до 70 %), замещенный в разной степени глинистыми минералами, оливин часто полностью замещен глинистыми минералами. В тонких базальтовых силлах при их изменении сильно уменьшается содержание К. В отдельных случаях, в небольшом количестве в них уменьшается содержание Mn, Mg, P, Na, Ti. Низкий тепловой поток, который замерен в районах бурения скважин 478 и 481/481A (150 и 16 мВт/м²), указывает на то, что установленные минеральные и химические изменения тонких силлов произошли за счет собственных ресурсов, без тепломаассопривноса из конвективных долгоживущих гидротермальных систем.

Ключевые слова: базальтовые силлы, глубоководные скважины, впадина Гуаймас, Калифорнийский залив.

ВВЕДЕНИЕ

Мариам Кастнер [11] при изучении измененных осадков во впадине Гуаймас Калифорнийского залива из скважин 477, 477A, 478 и 481/481A DSDP (Deep Sea Drilling Program) ввела понятие кратковременных гидротермальных систем, которые возникают при внедрении базальтовых силлов в осадочный покров по латеральным трещинам разрыва. Силлы, проникая в нелитифицированные осадки (турбидиты, гемипелагические осадки и диатомовые илы), в которых поры, трещины и микротрещины заполнены морской водой, разогревают их. В процессе взаимодействия

вода-порода происходит изменение минерального и химического состава осадков и одновременно трансформация химического состава морской воды. Кроме того, при разогреве осадков вода из них изгоняется.

Модель М. Кастнер рассматривает тепловое влияние силлов на изменение вещественного состава вмещающих осадков, содержащих морскую воду. Изменение минерального и химического состава осадков в Калифорнийском заливе под влиянием внедрившихся в них силлов рассмотрено в нескольких статьях [1–6, 10–12, 17]. В то же время, возникающие гидротермальные системы при внедрении силлов в

осадочный покров охватывают не только вмещающие осадки, но и сами силлы. Соответственно, необходимо изучить, что происходит также в самих силлах в этих гидротермальных системах.

Предполагается, что часть воды, выделенной из осадков, расположенных под силлами, проникает в остывающие силлы по трещинам и микротрещинам. Взаимодействие ее с силлами приводит к формированию вторичных минералов и оказывает влияние на изменение химического состава базальтов. Попавшая в силлы вода в процессе ее взаимодействия с базальтами трансформируется и в конечном итоге может поступать во вмещающие осадки и участвовать в изменении их минерального и химического состава.

Задача проведенного исследования заключалась в том, чтобы проверить это предположение и получить точное знание об этом процессе на основе изучения петрографии и химического состава силлов разной мощности, от дециметра до нескольких десятков метров, встреченных в глубоководных скважинах DSDP 477, 477A, 478, 478/481A, пробуренных во впадине Гуаймас Калифорнийского залива.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Микроскопическое изучение образцов из силлов проведено в прозрачных шлифах (оптический микроскоп BiOptic BP-100). Содержание макроэлементов (оксидов) в валовых образцах (скважины 477, 477A, 478 и 481/481A) получено методом рентгено-флюоресцентного анализа в лаборатории химико-аналитических исследований в Геологическом институте РАН. Содержание H_2O^+ в ряде образцов из силлов определено в Институте минералогии и геохимии редких элементов. Содержание H_2O^+ , наряду с данными петрографии, использовано в качестве индикатора степени изменения базальтов. Привлечение H_2O^+ для этой цели сделано на основании того, что изменение этих пород выражено в формировании главным образом глинистых минералов [7], в кристаллическую решетку которых входит гидроксил. Кроме того, этот индикатор отражает более полно степень изменения породы, так как содержание H_2O^+ определяется из гомогенизированного порошка, подготовленного для силикатного анализа, массой 10–15 грамм, в то время как шлиф характеризует только небольшой участок образца породы. При неравномерном изменении породы в изучаемом образце шлиф может не отражать изменение всего образца, по которому проведен химический анализ.

Выбор свежих образцов (реперов), с которыми проведено сравнение измененных пород для выявле-

ния уменьшения или увеличения в них содержания макроэлементов (оксидов) при взаимодействии водопорода, сделан на основании петрографического изучения шлифов и низкого содержания в них H_2O^+ .

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Калифорнийский залив венчает Восточно-Тихоокеанское поднятие в его северной части и продолжается на Северо-Американском континенте в виде зоны разломов Сан-Андреас (рис. 1, а). Калифорнийский залив рассматривается как модель формирования океанической коры при рифтинге континентальных окраин [8, 13, 16] со своей спецификой. Она заключается в накоплении с большой скоростью осадков мощностью до 3–4 км, а также в том, что в этих условиях магматические расплавы не изливаются на поверхность дна в течение формирования осадочного покрова, состоящего из верхнечетвертичных нелитифицированных осадков, содержащих морскую воду, а внедряются в них в виде силлов.

Впадина Гуаймас расположена в центре Калифорнийского залива. В ней находятся южный и северный трюги, представляющие собой спрединговые центры, разделенные трансформными разломами (рис. 1, б). Это депрессии шириной 3–4 км. Северный трюг протягивается на 35 км, южный – на 25 км. Во впадине Гуаймас пробурены скважины 477, 477A, 478 и 481/481A. В них встречены силлы разной мощности, которая определена с привлечением результатов каротажа [8].

Скважины 477 и 477A. В южном трюге скважина 477 проникла в осадочный покров на 191 м. Скважина 477A продолжила ее до глубины 267 м. Расстояние между скважинами 165 м. В месте бурения этих скважин глубина залива 2003 м. Скважины расположены на фланге активной долгоживущей конвективной гидротермальной системы. В районе скважины 477A замерен высокий тепловой поток (1250 мВт/м^2) [10, 14, 19]. В самой скважине замерена температура 50°C на глубине 49 м и 87°C на глубине 168 м [8]. В этих двух скважинах встречены силлы большой мощности. В скважине 477 силл имеет мощность 47 м и расположен в интервале глубин 58–105 м, в скважине 477A силл мощностью 30 м установлен в интервале глубин 32.5–62.5 м (рис. 2).

Скважина 481/481A. В северном трюге пробурена скважина 481/481A до глубины 384 м (рис. 1, б) при глубине залива 1998 м. Скважина расположена в районе с низким тепловым потоком, который составляет $\sim 167 \text{ мВт/м}^2$ [10, 14, 19]. Она вскрыла в разрезе плейстоценового осадочного покрова многочисленные силлы, в основном небольшой мощности.

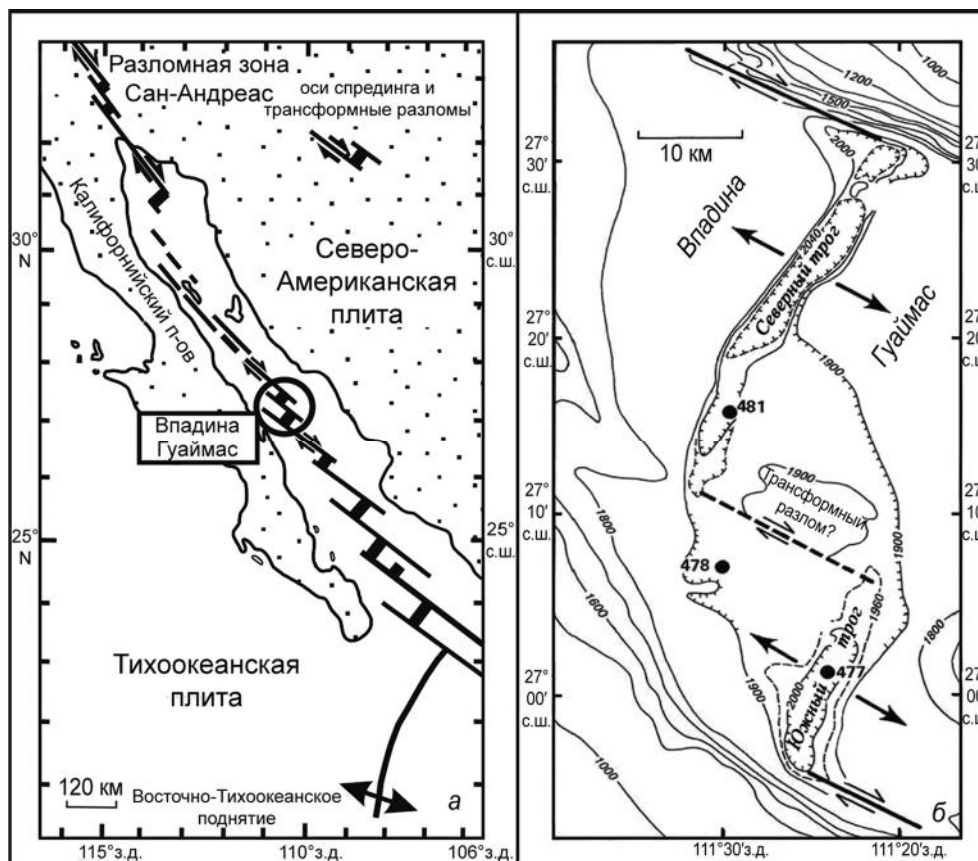


Рис. 1. Структурная схема Калифорнийского залива (а) и расположение скважин глубоководного бурения во впадине Гуаймас – стрелки показывают направление движения плит (б) [15].

В интервале 170.55–196 м встречен комплекс чередующихся преимущественно тонких силлов и маломощных кремнистых осадков (рис. 3).

Мощности силлов из этого комплекса изменяются в пределах 0.29–3.5 м.

В керне 15/2 встречен хорошо выраженный контакт силла и осадка (фото 1).

Скважина 478. В центральной части впадины Гуаймас, между северным и южным трогами, пробурена скважина 478 (рис. 1, б). Глубина залива в точке бурения скважины 1889 м. Она вскрыла до глубины 464 м разрез верхнеплейстоценовых осадков и комплекс силлов в них. В районе скважины 478 тепловой поток, как и в районе скважины 481/481А, низкий и составляет 153 мВт/м² [10, 14, 19].

В этой скважине так же, как в скважине 481/481А, изменение минерального и химического состава силлов произошло без воздействия на них основной конвективной гидротермальной системы. Это обстоятельство позволяет на примере этих двух скважин 478 и 481/481А выяснить, какие изменения происходят с силлами за счет собственных энерго-

ресурсов при их внедрении в нелигитифицированные осадки, содержащие морскую воду.

В скважине 478 встречены силлы разной мощности, от 1.2 до 10.5 м (рис. 4).

В интервале 338–339 м (скв. 478), в керне 40, секция 2, находится контакт силла с гидротермально измененным осадком (фото 2).

В интервале 339.15–451.5 м: керны от 40 (секция 3) до 53 (секция 4) – встречена базальт-долеритовая толща мощностью 112 м (выход керна составил 82.6 м). Участники рейса DSDP 64 отнесли ее к одному силлу как единому телу. Они приняли непрерывность этой толщи на основании результатов каротажа [8]. Из этой толщи, из керна 40, секция 3 (40/3), а также из кернов от 41 до 46 и от 49 до 52, изучены образцы 2755–2757 и 4169–4181 (рис. 4).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Петрография силлов

Скважины 477, 477А. В скважинах 477 и 477А силлы большой мощности (47 и 30 м, соответственно)

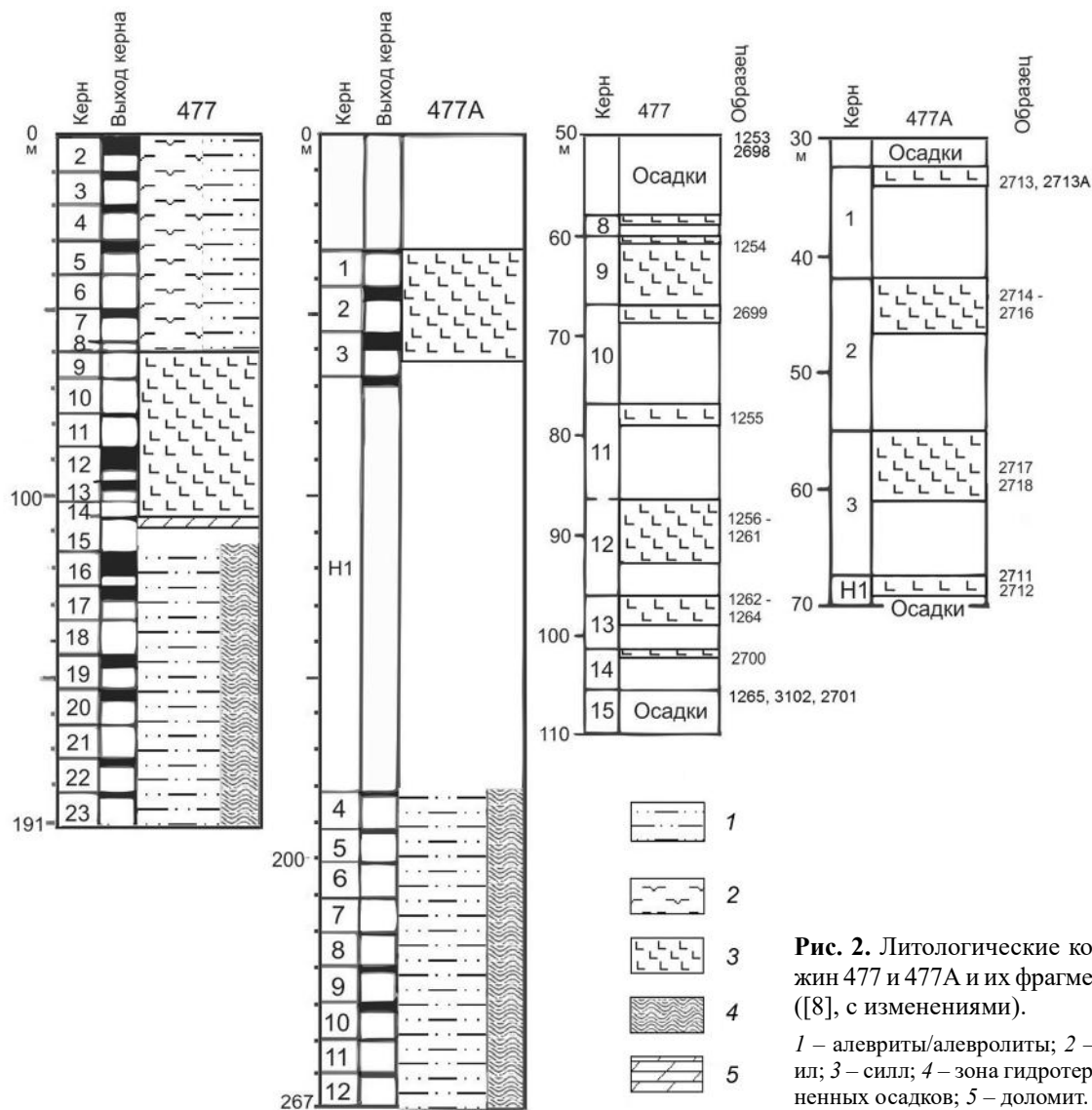


Рис. 2. Литологические колонки скважин 477 и 477А и их фрагменты (силлы) ([8], с изменениями).

1 – алевриты/алевролиты; 2 – диатомовый ил; 3 – силл; 4 – зона гидротермально измененных осадков; 5 – доломит.

состоят преимущественно из долеритов и реже из базальтов (табл. 1).

Породы базальтового состава представлены афировыми и порфиоровыми разновидностями. Минералы-вкрапленники составляют от 5 до 10 % объема породы и представлены в основном плагиоклазом. Редко, совместно с плагиоклазом, присутствует оливин (от единичных зерен до 3 %). Основная масса состоит из плагиоклаза (40–60 %), клинопироксена (25–45 %), оливина (3–7 %, редко 10–15 %), рудного минерала (1–5 %), мезостазиса 1–5 % (в редких случаях его содержание 7 %). В интерстициях между минеральными зернами (в мезостазисе) находятся глинистые минералы. Кроме того, мезостазис часто насыщен рудными минералами, в нем встречаются также редкие мелкие кристаллы клинопироксена (образец 2716) и релик-

ты нацело измененных темноцветных минералов. Эти породы массивные, в них практически нет везикул.

Первичное описание шлифов во время рейса DSDP 64 [8] и после рейса [18] показало, что породы силлов из скважин 477 и 477А представлены в основном долеритами, базальты встречаются реже. Все породы свежие или слабо измененные.

Образцы долеритов и базальтов, которые изучены нами из скважин 477 и 477А, под микроскопом выглядят также практически свежими или слабо измененными. В большинстве образцов в мезостазисе находятся глинистые минералы. Плагиоклаз, клинопироксен, оливин остались свежими. Микротрещины и поры в этих силлах встречаются редко.

Рентгенодифрактометрическая диагностика вторичных минералов в этих магматических породах

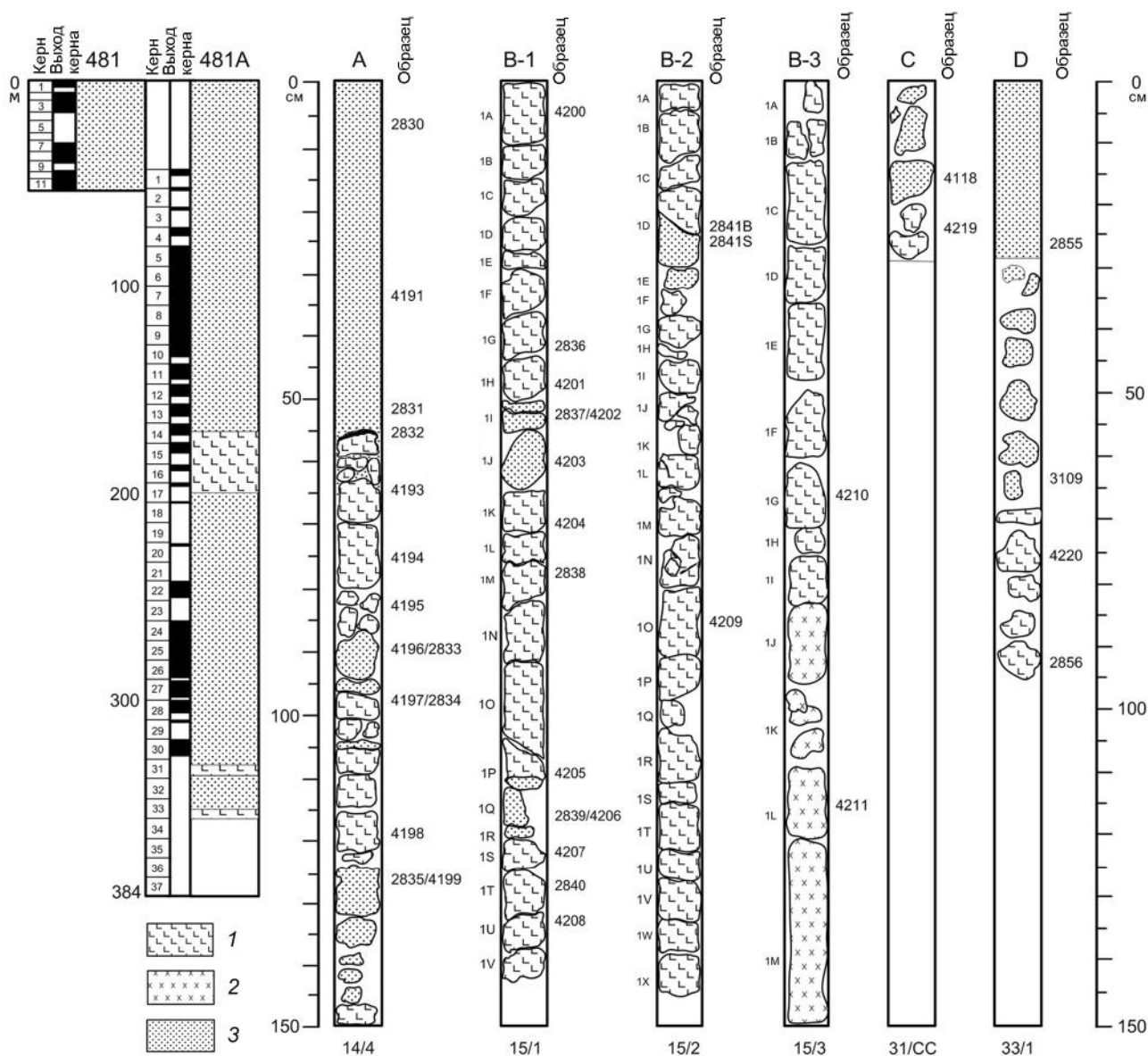


Рис. 3. Литологическая колонка скважины 481/481А; зоны контактов силлов и осадков: А (кern 14, секция 4), В-1 (кern 15, секция 2), В-2 (кern 15, секция 2), В-3 (кern 15, секция 3), С (кern 31/СС), D (кern 33/1) ([8], с изменениями). 1 – базальты; 2 – долериты; 3 – осадки.

показала [7], что вторичные минералы представлены триоктаэдрическим смешанослойным смектит-хлоритом с примесью хлорита, дефектным хлоритом, тальком. В виде небольшой примеси установлены также амфибол, карбонат кальция, кристобалит.

Силлы большой мощности (30 и 47 м) в основном представлены хорошо раскристаллизованными породами с незначительным объемом мезостазиса (в основном от 1 до 5 %), свежими оливином, клинопироксеном и плагиоклазом. В целом эти силлы неблагоприятны для формирования большого объема вторичных

минералов в данных условиях. В них микротрещины и поры, заполненные вторичными минералами, редки. Устремляющаяся вверх вода при разогреве содержащих ее осадков, которые находятся под силлами, проникает внутрь остывающих магматических тел в очень небольшом количестве. Согласно представлениям [9, 10], вода, изгнанная из осадков, поднимаясь вверх, в основном мигрирует в самих осадках в латеральном направлении под подошвами пластовых интрузий.

Высокий тепловой поток в районе скважин 477 и 477А (1250 мВт/м²) не изменил неблагоприятную си-

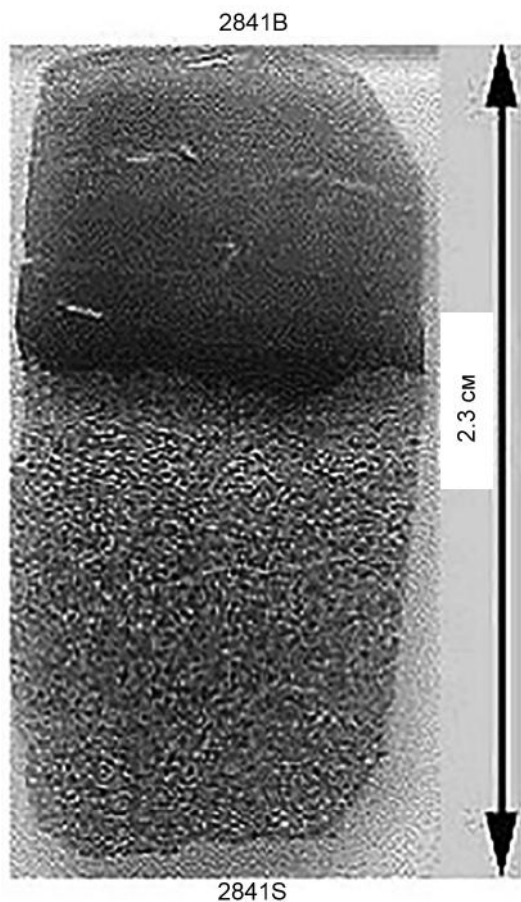


Фото 1. Контакт подошвы силла и осадка: Скважина 481/481А, керн 15/2, кусок # 1D, образцы 2841В – базальт и 2841S – осадок (рис. 3, В-2).

туацию для изменения минерального и химического состава силлов большой мощности без поступления в них воды.

Скважины 478, 481/481А. Силлы мощностью от 0.1 до 0.65 м из скважины 478 и из скважины 481/481А представлены в основном редкопорфировыми и афировыми базальтами (табл. 2, 3).

В этих образцах встречено небольшое количество минералов-вкрапленников (от единичных зерен до 7–10 %), которые представлены плагиоклазом. В них редко встречается клинопироксен, оливин обнаружен только в образце 2832. Основная масса состоит из плагиоклаза (25–60 %), клинопироксена (5–35 %), рудного минерала (от единичных зерен до 5 %), оливина (от единичных зерен до 7 %). Оливин в основном нацело замещен глинистыми минералами. Мезостазис составляет 10–40 % объема породы, в гиалобазальтах его содержание от 53 до 83 %. В мезостазисе установлены глинистые минералы, которые, вероятно, образованы по стеклу. Кроме того, в мезостазисе

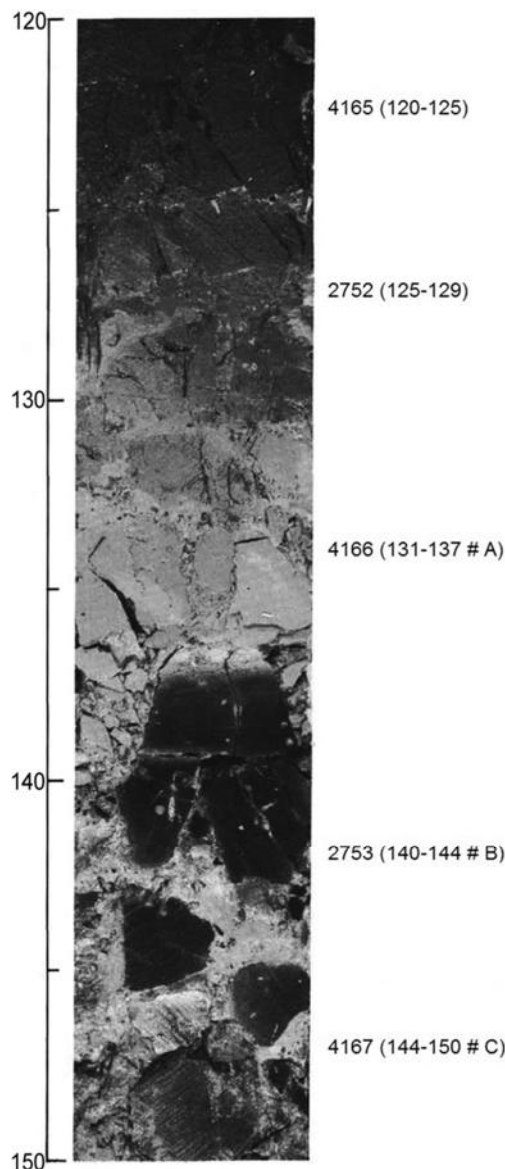


Фото 2. Контакт кровли силла мощностью 0.12 м (образцы 2753 # В и 4167 # С) с гидротермально измененным осадком (образец 4166) [8]. Скважина 478, керн 40, секция 2 (40/2), интервал 120–150 см (см. рис. 4).

Примечание. Около номеров образцов в скобках интервалы их отбора (см) и номер куска керна (#).

часто находятся рудный минерал, микролиты плагиоклаза и темноцветный минерал.

Силлы мощностью от 1.2 до 4.5 м, отнесенные к силлам относительно небольшой мощности, из скважины 478 и из скважины 481/481А состоят также в основном из афировых и редкопорфировых базальтов, долериты встречаются редко (табл. 2, 3). Возможно, что базальтовые толщи с неизвестной мощностью из скважины 481/481А (образцы 4219; 4220, 2856) яв-

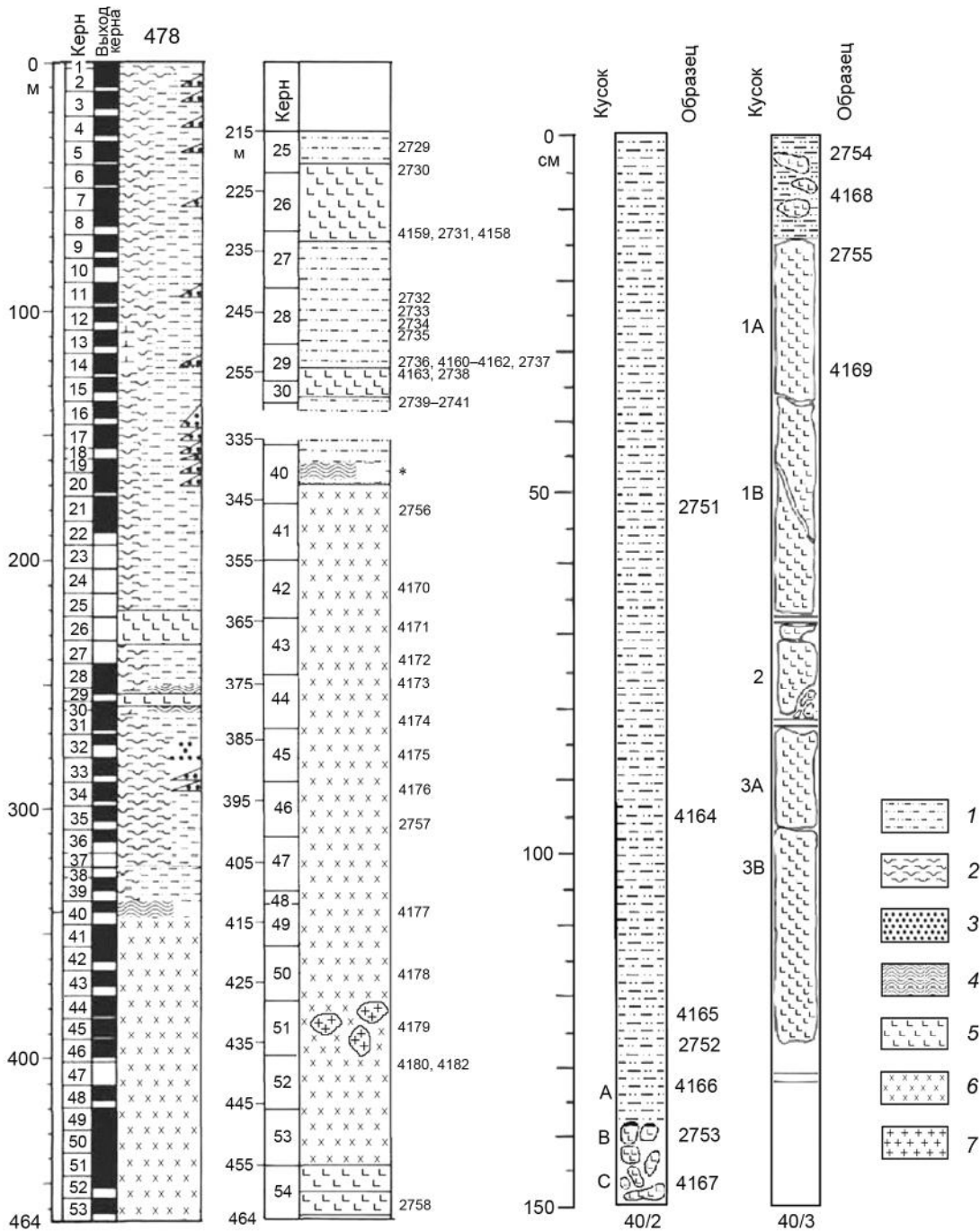


Рис. 4. Литологическая колонка скважины 478, колонка с фрагментами скважины с силлами; * – зоны контактов силлов и осадков в керне 40 (секции 2 и 3) ([8], с изменениями).

1 – алевриты/алеволиты; 2 – диатомовый ил; 3 – осадки; 4 – гидротермальная зона; 5 – базальты; 6 – долериты; 7 – габбро.

ляются также силлами небольшой мощности, т.к. они представлены редкопорфировыми и афировыми базальтами, а также базальтами с 65 и 25 % мезостаза (образцы 4220 и 2856, соответственно).

Результаты петрографического изучения базальтов из скважин 478 и 481/481А показали, что в усло-

виях быстрого остывания тонких (от 0.1 до 0.65 м) и относительно маломощных силлов (от 1.2 до 4.5 м) они претерпели значительные изменения.

Эти результаты можно объяснить тем, что маломощные силлы относительно быстро остывают при внедрении в осадочный покров в районах с низким

Таблица 1. Минеральный состав силлов из скважин 477 и 477А, впадина Гуаймас, Калифорнийский залив.

Скважина	477												
Мощность силла* (м)	47												
Образец, номер	1254	2699	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	2700
Керн	9	10	11	12	12	12	12	12	12	13	13	13	14
Секция	1	1	2	1	2	3	4	4	5	1	2	2	СС
Интервал (см)	57–59	16–20	61–63	49–52	70–73	39–42	6–9	76–80	46–50	53–62	13–17	146–150	2–5
Кусок керна, номер	10	4	5А	4	3С	3С	1А	1Е	1Н	3В	3	8	1
Глубина (м)	60.57	67.66	79.11	86.99	88.70	89.89	91.06	91.76	92.95	96.53	97.68	98.81	101.52
Порода	Долерит	Долерит	Долерит	Долерит	Долерит	Долерит	Долерит	Долерит	Долерит	Базальт	Базальт	Базальт	Базальт
<i>Вкрапленники (%)</i>													
Плагиоклаз						5			5	5	10	10	9
Клинопироксен													
Оливин												3	1
<i>Основная масса (%)</i>													
Плагиоклаз	60	45	45	55	40	45	45	50	50	50	40	40	40
Клинопироксен	35	35	40	30	40	30	40	35	25	30	40	40	45
Оливин		10	5	5	10	10	7	7	15	5	5	6	4
Рудный минерал	2	5	5	5	5	3	3	3	1	3	4	1	1
Мезостазис	3	5	5 ¹	5	5 ¹	7	5 ¹	5 ¹	5 ¹	7 ¹	1 ¹		
<i>Везикулы (%)</i>													

Таблица 1. (Окончание).

Скважина	477А						
Мощность силла* (м)	30						
Образец, номер	2713	2714	2715	2716	2717	2718	2712
Керн	1	2	2	2	3	3	Н1
Секция	1	1	3	4	3	5	1
Интервал (см)	5–7	47–48	36–43	28–33	30–35	12–16	7–12
Кусок керна, номер	1	6В	4	3	5	2	3
Глубина (м)	32.55	42.47	45.36	46.78	58.30	61.12	67.57
Порода	Базальт	Базальт	Базальт	Базальт	Базальт	Базальт	Базальт
<i>Вкрапленники (%)</i>							
Плагиоклаз	3	5	5	5	10	7	9
Клинопироксен				Ед.	Ед.		
Оливин	1 ¹			Ед.	Ед.	3	1
<i>Основная масса (%)</i>							
Плагиоклаз	1	50	45	55	40	50	45
Клинопироксен		40	35	35	35	35	40
Оливин		3	5	4	5	4	3
Рудный минерал	1	2	1	1	5	1	1
Мезостазис	93		4		5		1 ¹
<i>Везикулы (%)</i>							
	1 ²		5				

Примечание. ¹ – изменён; ² – везикулы с вторичными минералами; * – мощность силла по [8].

Таблица 2. Минеральный состав силлов из скважины 478, впадина Гуаймас, Калифорнийский залив.

Скважина	478											
	10.5	1.2	4.5		0.12	112 (см. продолжение базальт-долеритовой толщи)						
Мощность силла* (м)												
Образец, номер	2730	2731	4163	2738	2753	2755	4169	2756	4170	4171	4172	
Керн	26	27	29	29	40	40	40	41	42	43	43	
Секция	1	1	2	СС	2	3	3	1	3	1	3	
Интервал (см)	32–37	61–65	133–140	0–4	140–144	16–19	29–37	20–24	135–140	40–50	50–60	
Кусок керна, номер	5	5			В	1А	1А	2А	5D	1D	1D	
Глубина (м)	220.32	232.11	253.23	254.30	338.90	339.16	339.29	345.70	359.35	364.9	368	
Порода	Базальт	Базальт	Гиало-базальт	Базальт	Гиало-базальт	Базальт	Долерит	Долерит	Долерит	Долерит	Долерит	
<i>Вкрапленники (%):</i>												
Плагиоклаз					ед.							
Клинопироксен				4								
Оливин												
<i>Основная масса:</i>												
Плагиоклаз	45	45	<5	40	10	35	40	45	40	30	30	
Клинопироксен	30	30		10	5	25	30	30	40	55	50	
Оливин	4 ¹	2 ¹		4 ¹		7 ¹	10	10	<5			
Рудный минерал	1	3	15	1		3	10	2	<5	<5	<5	
Мезостазис	20 ¹	20 ¹	80	40 ¹	78 ¹	25 ¹	10 ¹	13 ¹	15 ¹	10 ¹	15 ¹	
Везикулы (%)		1		1	2	5 ²						

Таблица 2. (Окончание).

Скважина	478										
	Мощность силла* (м)	112 (продолжение базальт-долеритовой толщи)									
Образец, номер	4173	4174	4175	4176	2757	4177	4178	4179	4180	4181	2758
Керн	44	44	45	46	46	49	50	51	52	52	54
Секция	1	5	2	1	5	1	3	2	1	3	4
Интервал (см)	0–10	115–125	30–40	5–11	50–53	140–150	0–7	42–50	0–10	7–15	75–80
Кусок керна, номер	1А	1F	2А	1В	1С	11	1А	1С	1А	1В	1С
Глубина (м)	374.00	378.15	384.80	392.05	398.50	413.40	422	429.92	437.00	440.03	460.25
Порода	Долерит	Долерит	Долерит	Долерит	Долерит	Долерит	Долерит	Долерит	Долерит	Долерит	Базальт
<i>Вкрапленники (%):</i>											
Плагиоклаз											5
Клинопироксен											5
Оливин											
<i>Основная масса (%):</i>											
Плагиоклаз	45	50	65	65	50 ¹	50	55	60	45	50	30
Клинопироксен	35	30	20	20	30	20	25	15	45	25	30
Оливин					7	15	10	15		10	1 ¹
Рудный минерал	<5	<5	5	5	3	5	5	5	1–2	1–2	1
Мезостазис	15 ¹	15 ¹	10 ¹	10 ¹	10 ¹	10 ¹	5 ¹	5 ¹	10 ¹	15 ¹	28 ¹
Везикулы (%)											

Примечание. ¹ – изменён; ² – везикулы с вторичными минералами; * – мощность силла по [8], с нашими изменениями.

тепловым потоком. В результате формируются базальты с большим содержанием интерстициального стекла. Для изменения их минерального и химического состава необходима вода. При движении расплава по латеральным трещинам разрыва в осадках и его остывании силлы ломаются и растрескиваются. В результате в них образуются многочисленные макро- и микротрещины, по которым проникает вода из разогретых силлами вмещающих осадков. Несмотря на то, что расплав относительно быстро застывает в данных случаях, реакция взаимодействия вода-порода успевает приводить к замещению оливина и интерстициального стекла вторичными минералами, в основном глинистыми.

Рентгенодифрактометрическая диагностика показала, что глинистые минералы, извлеченные из тонких силлов и силлов относительно небольшой мощности, представлены триоктаэдрическими смектитами [7]. Они заполняют микротрещинки в породе, микротрещины в кристаллах плагиоклаза и клинопироксена и редкие везикулы. Но в основном они находятся в интерстициях между минеральными зернами в основной массе породы.

Силл мощностью 112 м (скважина 478) состоит из долеритов (табл. 2). Основная масса в них представлена плагиоклазом (30–65 %), клинопироксеном (15–55 %). В отдельных образцах встречен оливин (от 5 до 15 %). Эти минералы, включая оливин, не изменены. В долеритах присутствует небольшое количество рудного минерала (в основном от 1–2 до 5 %). Мезостазис составляет 5–15 %. В базальте (образец 2755) из кровли силла содержание мезостазиса составляет 30 %. Интерстициальное стекло во всех изученных образцах замещено глинистыми минералами. По данным [8, 18], в центральной части силла найдены габбро.

Результаты петрографического изучения силла большой мощности (112 м) показали, что эта толща в основном представлена хорошо раскристаллизованными породами с объемом мезостазиса, сопоставимым с его содержанием в силлах мощностью 47 и 30 м из скважин 477 и 477А. Таким образом, силл мощностью 112 м из скважины 478 так же, как силлы мощностью 47 и 30 м из скважин 477 и 477А, состоящий из долеритов, в целом неблагоприятен для проникновения в него воды и формирования больших объемов вторичных минералов в данных условиях.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СИЛЛОВ

Силлы большой мощности

Согласно петрографическим данным, породы силлов большой мощности (47 и 30 м из скважин 477

и 477А) свежие или слабо изменены. Низкое содержание в них H_2O^+ также указывает на то, что породы не изменены или изменены слабо. В скважине 477 в большинстве образцов содержание H_2O^+ от 0.1 до 0.5 % (табл. 4), что характерно для свежих долеритов и базальтов. Только в образцах 1255, 1260, 1261 содержание H_2O^+ немного больше и составляет от 0.6 до 0.8 %. В скважине 477А в изученных образцах содержание H_2O^+ от 0.6 до 1.1 %. Все они слабо изменены.

Для оценки изменения химического состава силлов большой мощности выбраны самые свежие образцы (реперы) 1262, 1263, 1264 (скважина 477) с очень низким содержанием H_2O^+ 0.1% (табл. 4), с которыми проведено сравнение измененных базальтов.

Предварительно построенные спайдерграммы для каждого образца из скважин 477 и 477А (47 и 30 м), а также из силла мощностью 112 м из скважины 478, показали, что они практически одинаковые. Поэтому на рис. 5 показана спайдерграмма для среднего содержания оксидов макроэлементов в этих образцах, нормированная по среднему содержанию макроэлементов в свежих образцах.

Отсутствие существенного изменения химического состава слабо измененных долеритов и базальтов соответствует данным их петрографического изучения. Силлы мощностью в несколько десятков метров (30, 47 и 112 м) практически не претерпели изменения химического состава и соответственно не могли оказать геохимического влияния на изменение вмещающих осадков. Таким образом, изменение исходных вмещающих осадков, содержащих морскую воду, связано только с тепловым воздействием на них силлов большой мощности, которое запускает процесс взаимодействия вода-осадки [1, 3, 4, 11, 12].

Силлы малой мощности

По петрографическим данным, тонкие силлы из скважин 478 и 481/481А изменены заметно больше, чем силлы большой мощности из скважин 477, 477А, 478. Содержание в них H_2O^+ составляет от 1 до 3.5 % (табл. 5). Свежие базальты с содержанием $H_2O^+ < 0.5$ % не встречены среди изученных образцов. При построении спайдерграмм в качестве реперов для стекловатых базальтов использованы образцы 2834 и 2840 из скважины 481/481А с минимальным для образцов базальтов из тонких и относительно маломощных силлов содержанием H_2O^+ 1 %. Реперы из скважины 477 с содержанием H_2O^+ 0.1 % использовать не корректно для стекловатых базальтов из скважин 478 и 481/481А. Поэтому на рис. 6 изменение химического состава базальтов отражено не в полном объеме, которое можно было бы получить при сравнении с хи-

Таблица 3. Минеральный состав силлов из скважины 481А, впадина Гуаймас, Калифорнийский залив.

Скважина		481А										
Мощность силла* (м)	0.3			0.29		0.52				0.47		
Образец, номер	2832	4193	4194	4195	2834	4198	4200	2836	4201	4204	2838	4205
Керн	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15
Секция	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1
Интервал (см)	55-56	60-72	72-80	80-86	96-100	115-123	0-10	40-45	45-50	66-74	76-79	108-112
Кусок керна, номер							1А	1G	1H	1K	1M	1P
Глубина (м)	170.55	170.60	170.72	170.80	170.96	171.15	175	175.40	175.45	175.66	175.76	176.08
Порода	Гиаглобазальт	Базальт	Базальт	Базальт	Базальт	Базальт	Базальт	Базальт	Базальт	Гиаглобазальт	Базальт	Гиаглобазальт
<i>Вкрапленники (%):</i>												
Плагиоклаз	2	5-7	7-10	5-7	2	ед.	ед.	ед.	ед.	ед.	ед.	ед.
Клинопироксен												ед.
Оливин	ед. ¹											
<i>Основная масса (%):</i>												
Плагиоклаз	30	35	35	40	45	40	45	45	35	25	45	30
Клинопироксен	5	25	30	30	25	35	15	15	35	15	35	
Оливин	5 ¹	ед.	3-5	5 ¹	5 ¹			5 ¹	ед.		3	
Рудный минерал	5	1-3	1-2	1-2	5	ед.	1-3	5	ед.	ед.	2	1-3
Мезостазис	53 ¹	30 ¹	25 ¹	30 ¹	18 ¹	25 ¹	40 ¹	30 ¹	30 ¹	60 ¹	15 ¹	70 ¹
Везикулы	ед. ²				ед.					ед.		

Таблица 3. (Окончание).

Скважина		481А											
Мощность силла (м)	0.5	~ 3.3 (Возможно больше)			~ 3.5 (Возможно больше)			~1.75 (Возможно больше)	Неизвестна	Неизвестна			
Образец, номер	4207 2840 4208 2841	4209 4210 4211	2842 4212 4214	16 16 16	16 16 16	16 16 16	2843	4219	4220 2856				
Керн	15 15 15	15 15 15	15 15 15	15 15 15	16 16 16	16 16 16	17	31	33 33				
Секция	1 1 1	2 2 2	3 3 3	1 1 1	2 2 2	3 3 3	2	СС	1 1				
Интервал (см)	120-125 125-128 132-137	22-30 80-90 62-70	110-118 55-59 110-120	30-40 30-40	10-14 10-14	20-27 73-77	90-93						
Кусок керна, номер	1S 1T 1U 1D 1G 1L 1E 1C 3A 1B												
Глубина (м)	176.20 176.25 176.32 176.72 177.30 178.62 179.18 185.05 187.10 187.80 195.60												
Порода	Гиало- базальт	Гиало- базальт	Гиало- базальт	Гиало- базальт	Долерит	Долерит	Базальт	Базальт	Базальт	Гиало- базальт	Базальт		
<i>Вкрапленники (%):</i>													
Плагиоклаз	2	1	ед.	1	1	2	ед.						
Клинопироксен													
Оливин													
<i>Основная масса (%):</i>													
Плагиоклаз	40	35	40	25	40	10	45	40	50	40	60	20	45
Клинопироксен	15	25	30	30	30	5	30	20	20	20	10	10	25
Оливин	ед.	5 ¹											
Рудный минерал	1-3	3	1-3	4	1-2	1	5	5	1-3	3	3	5	3
Мезостазис	45 ¹	30 ¹	30	70 ¹	30	80	15	30 ¹	20	40	25	10	65
Везикулы (%)	5												

Примечание. 1 – изменён; 2 – везикулы с вторичными минералами; * – мощности силлов, по [8], с изменениями.

Таблица 4. Химический состав (вес. %) силлов из скважин 477 и 477А, впадина Гуаймас, Калифорнийский залив.

Скважина	477									
	Образец	1254	2699	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261
Керн-секция, интервал (см)	9–1, 57–59	10–1, 16–20	11–2, 61–63	12–1, 49–52	12–2, 70–73	12–3, 39–42	12–4, 6–9	12–4, 76–80	12–5, 45–50	13–1, 53–62
Номер куска	# 10	# 4	# 5	# 4	# 3С	# 3С	# 1А	# 1Е	# 1Н	# 3Н
Глубина, м	60.57	67.66	79.11	86.99	88.7	89.89	91.06	91.76	92.95	96.53
SiO ₂	48.1	47.85	47.1	46.8	47.0	49.3	46.6	46.4	46.6	47.3
TiO ₂	2.17	1.55	1.37	1.56	1.52	1.31	1.60	1.60	1.65	1.72
Al ₂ O ₃	13.7	17.18	16.0	15.5	16.2	14.1	14.9	14.7	15.3	15.8
Fe ₂ O ₃	4.09	4.21	2.96	4.33	3.37	5.04	4.53	4.46	5.30	3.90
FeO	6.93	5.53	7.01	6.08	6.68	5.13	6.07	6.19	4.96	6.31
MnO	0.18	0.12	0.14	0.16	0.15	0.13	0.17	0.15	0.15	0.15
MgO	8.38	7.78	9.79	10.2	9.52	6.29	10.9	11.2	9.69	8.83
CaO	11.3	11.20	10.9	10.8	10.8	8.0	10.3	10.3	10.6	10.8
K ₂ O	0.12	0.09	0.10	0.11	0.10	0.25	0.11	0.13	0.11	0.14
Na ₂ O	3.80	3.20	3.00	3.01	3.15	3.46	3.15	3.08	3.07	3.37
P ₂ O ₅	0.21	0.24	0.18	0.16	0.19	0.14	0.15	0.14	0.17	0.20
ппп	0.25	0.43	0.72	0.56	0.60	6.29	0.89	0.99	1.82	0.81
Сумма	99.22	99.38	99.23	99.33	99.25	99.42	99.32	99.30	99.44	99.30
H ₂ O-	0.43	0.33	0.46	0.40	0.60	1.17	0.67	0.58	1.08	0.80
H ₂ O+	0.13	0.51	0.61	0.2	0.43	0.33	0.42	0.62	0.79	0.1
Плотность, г/см ³	2.47	2.44	2.67	2.62	2.75	2.69	2.84	2.68	2.66	2.89

Таблица 4. (Окончание).

Скважина	477					477А				
	Образец	1263	1264	2700	2713	2714	2715	2716	2717	2718
Керн-секция, интервал (см)	13–2, 13–17	13–2, 146–150	14–СС, 2–5	1W–1, 5–7	2–1, 47–48	2–3, 36–43	2–4, 28–33	3–3, 30–35	3–5, 12–16	1Н–1, 7–12
Номер куска	# 3	# 8	# 1	# 1	# 6	# 4	# 3	# 5	# 5	# 3
Глубина, м	97.68	98.81	101.52	32.55	42.47	45.36	46.78	58.3	61.12	67.57
SiO ₂	47.6	48.0	48.13	46.77	47.99	47.94	48.13	47.98	47.60	47.82
TiO ₂	1.71	1.73	1.68	1.70	1.54	1.74	1.66	1.56	1.66	1.67
Al ₂ O ₃	16.6	17.0	17.42	14.93	17.73	17.05	17.57	18.08	17.34	17.67
Fe ₂ O ₃	3.94	4.04	4.76	5.84	3.72	4.14	4.51	3.47	4.83	3.72
FeO	6.08	6.05	5.30	4.38	5.82	5.89	5.20	5.95	5.03	6.33
MnO	0.14	0.14	0.13	0.19	0.13	0.14	0.14	0.13	0.14	0.13
MgO	8.02	7.06	6.68	7.38	7.42	7.38	6.93	6.93	7.39	6.65
CaO	11.1	11.3	11.21	10.97	11.37	11.22	11.47	11.55	11.33	11.21
K ₂ O	0.15	0.14	0.14	0.16	0.15	0.12	0.15	0.14	0.14	0.15
Na ₂ O	3.43	3.51	3.52	3.24	3.24	3.50	3.42	3.29	3.44	3.54
P ₂ O ₅	0.23	0.25	0.27	0.18	0.24	0.22	0.25	0.25	0.25	0.27
ппп	0.25	0.22	0.18	3.77	0.01	0.24	0.01	0.01	0.30	0.14
Сумма	99.31	99.35	99.42	99.51	99.35	99.58	99.43	99.33	99.45	99.31
H ₂ O-	0.42	0.33	0.32	1.13	0.35	0.33	0.22	0.72	0.51	0.33
H ₂ O+	0.1	0.1	0.38	1.7	1.0	0.60	1.0	0.72	0.68	1.11
Плотность, г/см ³	2.90	2.92	2.79	2.73	2.34	2.78	2.60	2.71	2.76	2.77

мическим составом максимально свежих аналогов, в которых содержание H₂O⁺ 0.1 %.

Спайдерграммы для образцов измененных базальтов из тонких силлов (0.1–0.65 м), показанные на рис. 6, демонстрируют близкую картину в изменении их химического состава. В них наиболее сильно уменьшилось содержание K₂O. В отдельных образ-

цах произошло небольшое уменьшение содержания MnO, MgO, P₂O₅. Спайдерграммы для образцов измененных силлов мощностью 1.2–4.5 м (рис. 7) похожи на спайдерграммы, показанные на рис. 6 для измененных силлов мощностью 0.1–0.65 м. Главное, в образцах измененных силлов мощностью 1.2–4.5 м также сильно уменьшилось содержание K₂O. Во всех

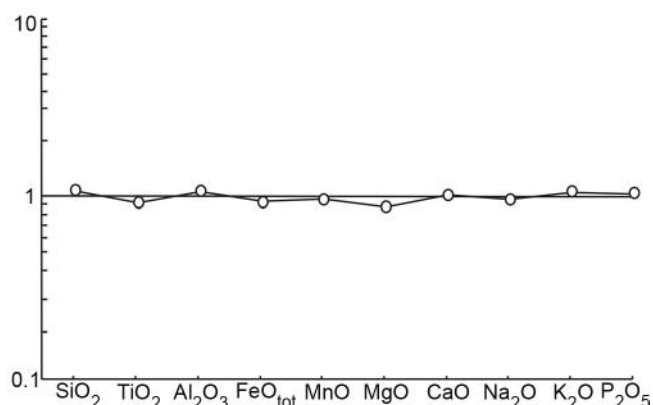


Рис. 5. Среднее содержание химических элементов в слабо измененных силлах мощностью 47 и 30 м из скважин 477 и 477А.

Нормировано по среднему составу неизмененных долеритов из скважины 477 (образцы 1262, 1263, 1264).

Примечание. FeO_{tot} – суммарное железо в виде FeO.

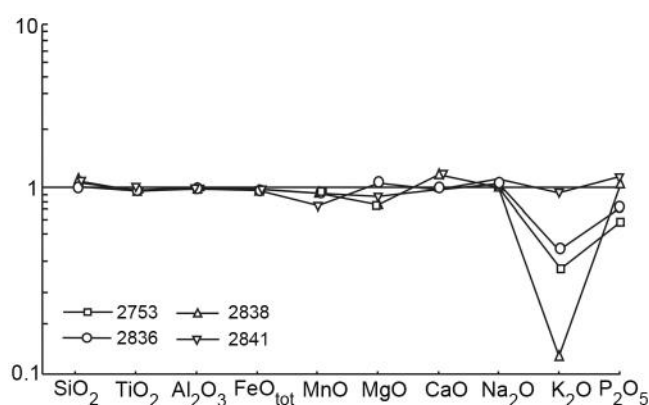


Рис. 6. Содержание химических элементов в измененных маломощных силлах мощностью от 0.1 до 0.65 м из скважин 478 и 481А.

Нормировано по среднему составу слабо измененных базальтов из скважины 481А (образцы 2834, 2840).

Примечание. FeO_{tot} – суммарное железо в виде FeO. Цифры около условных знаков – номера образцов.

Таблица 5. Химический состав (вес. %) силлов малой мощности из скважин 478 и 481А, впадина Гуаймас, Калифорнийский залив.

Образец	2730	2731	2738	2753	2832	2834	2836	2838	2840	2841Б	2842	2843	2856
Керн-секция, интервал (см)	26–1, 32–37	27–1, 61–65	29–СС, 0–4	40–2, 140–144	14–4, 55–56	14–4, 96–100	15–1, 40–45	15–1, 76–79	15–1, 120–123	15–2, 22–30	16–1, 55–59	17–2, 10–14	33–1, 90–93
Номер куска	# 5	# 5		# В			# 1G	# 1М	# 1S	# 1D	# 1E	# 1В	# 5
Глубина, м	220.32	232.11	254.3	338.9	170.55	170.96	175.4	175.76	176.2	176.7	185.05	195.6	346.9
SiO ₂	48.29	48.44	48.00	47.77	47.25	46.85	47.37	47.66	47.68	47.75	47.69	46.48	48.79
TiO ₂	1.84	1.66	1.94	1.89	2.05	2.13	2.08	2.08	2.16	2.18	2.09	2.03	2.32
Al ₂ O ₃	13.21	13.61	13.29	12.99	13.93	13.38	13.24	13.58	13.57	13.84	12.73	12.73	12.26
Fe ₂ O ₃	6.24	6.10	6.04	7.53	3.84	4.20	4.85	4.62	5.23	4.39	5.15	4.24	4.79
FeO	4.93	4.75	4.88	3.24	6.50	6.82	5.71	5.88	5.58	6.33	5.62	6.21	6.37
MnO	0.14	0.13	0.16	0.16	0.23	0.20	0.14	0.14	0.14	0.16	0.14	0.13	0.16
MgO	10.01	9.55	9.35	9.04	10.31	11.66	11.82	11.44	10.82	10.24	12.36	13.97	8.70
CaO	10.52	10.68	10.73	10.46	9.34	9.22	9.04	9.19	9.28	9.09	8.83	9.24	10.35
K ₂ O	0.05	0.05	0.09	0.09	1.35	0.77	0.29	0.34	0.37	0.54	0.16	0.08	0.22
Na ₂ O	3.46	3.38	3.75	3.65	3.12	3.42	3.83	3.83	3.86	4.03	4.00	3.16	3.85
P ₂ O ₅	0.12	0.13	0.15	0.16	0.16	0.14	0.12	0.13	0.15	0.17	0.11	0.06	0.17
ппп	0.65	1.02	1.08	2.69	1.20	0.47	0.87	0.49	0.55	0.56	0.49	1.00	1.30
Сумма	99.46	99.49	99.46	99.66	99.28	99.25	99.37	99.38	99.40	99.29	99.38	99.33	99.30
H ₂ O ⁻	1.52	1.74	1.61	3.57	0.63	0.81	1.91	1.61	1.51	1.00	2.26	2.10	1.46
H ₂ O ⁺	1.5	2.1	1.6	3.2	1.5	1.0	1.8	1.8	1.0	1.6	1.6	2.5	1.5
Плотность, г/см ³	2.78	2.69	2.36	2.44	2.6	2.56	2.63	2.65	2.61	2.46	2.53	2.7	2.49

образцах уменьшилось содержание MnO, а в отдельных образцах – MgO, Na₂O, P₂O₅, TiO₂ (рис. 6, 7).

Таким образом, эти макроэлементы могли мигрировать в растворе из силлов во вмещающие их осадки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во впадине Гуаймас Калифорнийского залива изучено изменение минерального и химического со-

става силлов разной мощности в гидротермальных системах, возникших при внедрении силлов в осадочный покров в районах высокого и низкого теплового потока, в которых пробурены скважины 477, 477А (высокий тепловой поток), 478 и 481/481А (низкий тепловой поток).

Силлы большой мощности 47 и 30 м из скважин 477 и 477А, соответственно, и силл мощностью

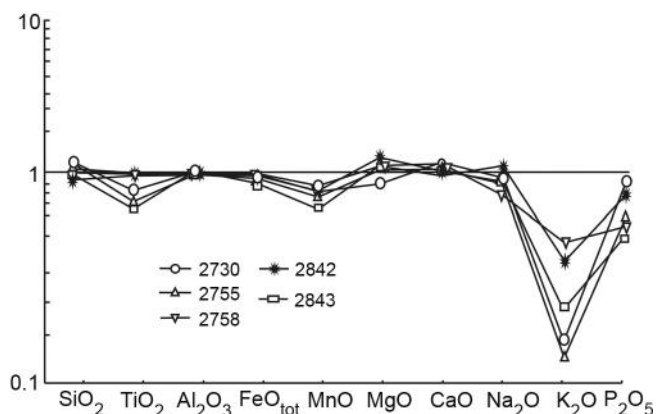


Рис. 7. Содержание химических элементов в измененных маломощных силлах мощностью от 1.2 до 4.5 м из скважин 478 и 481А.

Нормировано по среднему составу слабо измененных базальтов из скважины 481А (образцы 2834, 2840).

Примечание. FeO_{tot} – суммарное железо в виде FeO. Цифры около условных знаков – номера образцов.

112 м из скважины 478 очень слабо изменены. Наиболее потенциально благоприятные для изменения в этих условиях интерстициальное стекло (мезостази) и оливин, содержание которых в породах небольшое (первые проценты), остались в большинстве случаев свежими из-за того, что в силлы практически не проникла вода, освобожденная из вмещающих плейстоценовых осадков при их нагревании. Высокий тепловой поток в районе скважин 477 и 477А (1250 мВт/м²) не улучшил ситуацию с изменением минерального и химического состава силлов большой мощности без поступления в них воды.

В тонких базальтовых силлах мощностью от 0.1 до 0.65 м и от 1.2 до 4.5 м при их изменении сильно уменьшается содержание К. В отдельных случаях в небольшом количестве в них уменьшается также содержание Mn, Mg, P, Na, Ti.

Изменение базальтов, которое привело к уменьшению в них содержания ряда макроэлементов, связано с тем, что при быстром остывании силлов значительный объем базальтов занимает интерстициальное стекло (мезостази), которое замещено преимущественно глинистыми минералами. Замещение стекла и оливина произошло при проникновении в трещиноватые силлы воды из разогретых вмещающих осадков.

Низкий тепловой поток, который замерен в районах бурения скважин 478 и 481/481А (150 и 165 мВт/м²), подтверждает, что установленные минеральные и химические изменения базальтов произошли за счет только собственных энергоресурсов,

без тепломассопривноса из удаленных конвективных долгоживущих гидротермальных систем.

В этом исследовании использованы образцы пород, отобранные в кернохранилище Программы океанского бурения (Ocean Drilling Program – ODP), г. Колледж Стейшн, Техас, США. Исследование проведено по гостеме № 0135-2019-0053.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинова Е.В., Курносов В.Б. Гидротермальные изменения осадков в южном трого впадины Гуаймас Калифорнийского залива и трансформация состава растворов // Литология и полез. ископаемые. 2015. № 6. С. 491–509.
2. Гончаров Е.О., Курносов В.Б., Коновалов Ю.И., Гептнер А.Р., Галин К.Р., Игнатъев Н.Н. Гидротермально измененные осадки из зон контактов с силлами в северном трого впадины Гуаймас, Калифорнийский залив, скважина DSDP 481/481А // Океанология. 2020. № 1. С. 114–124.
3. Курносов В.Б., Блинова Е.В. Гидротермальные изменения осадков и трансформация состава растворов во впадине Гуаймас Калифорнийского залива // Докл. АН. 2015. Т. 461, № 6. С. 197–200.
4. Курносов В.Б., Сахаров Б.А., Блинова Е.В. Глинистые минералы в осадках гидротермально активного южного трого впадины Гуаймас, Калифорнийский залив // Литология и полез. ископаемые. 2016. № 4. С. 287–306.
5. Курносов В.Б., Сахаров Б.А., Гептнер А.Р., Коновалов Ю.И., Гончаров Е.О. Глинистые минералы в осадках из контактных зон с базальтовыми силлами // Литология и полез. ископаемые. 2019. № 3. С. 234–247.
6. Курносов В.Б., Сахаров Б.А., Гептнер А.Р., Коновалов Ю.И., Гончаров Е.О. Глинистые минералы в осадках центральной части впадины Гуаймас, Калифорнийский залив, скважина 478 // Тихоокеан. геология. 2019. Т. 13, № 5. С. 479–491.
7. Курносов В.Б., Сахаров Б.А., Гептнер А.Р., Коновалов Ю.И., Гончаров Е.О. Глинистые минералы в базальтовых силлах из осадочного покрова впадины Гуаймас, Калифорнийский залив // Литология и полез. ископаемые. 2020. № 2.
8. Curray J.R., Moore D.G., Aguayo J.E. et al. Initial Reports Deep Sea Drilling Project. 1982. V. 64. P. 1. 507 p.
9. Einsele G. Mechanism of sill intrusion into soft sediment and expulsion of pore water // Init. Repts. DSDP. Washington: U.S. Govt. Printing Office. 1982. V. 64. Pt. 2. P. 1169–1178.
10. Gieskes J.M., Kastner M., Einsele G., Kelts K., Niemitz J. Hydrothermal activity in the Guaymas Basin, Gulf of California: a synthesis // Init. Repts. DSDP. 1982. V. 64. P. 2. P. 1159–1167.
11. Kastner M. Evidence for two distinct hydrothermal systems in the Guaymas Basin // Init. Repts. DSDP. Washington: U.S. Govt. Printing Office, 1982. V. 64. Pt. 2. P. 1143–1158.
12. Kelts K. Petrology of hydrothermally metamorphosed sediments at deep sea drilling Site 477, southern Guaymas Basin rift, Gulf of California // Init. Repts. DSDP. Washington: U.S. Govt. Printing Office, 1982. V. 64. Pt. 2. P. 1123–1136.
13. Larson R.L. Bathymetry, magnetic anomalies, and plate tectonic history of the mouth of the Gulf of California // Bull. Geol. Soc. Am. 1972. V. 83. P. 3345–3360.

14. Lawver L.A., Williams D.L. Heat flow in the central Gulf of California // *J. Geophys.* 1979. V. 84. P. 3465–3478.
15. Lonsdale P., Bischoff J.L., Burns V.M. et al. A high-temperature hydrothermal deposit on the seabed at a Gulf of California spreading center // *Earth & Planet. Sci. Lett.* 1980. V. 49. P. 8–20.
16. Moore D.G. Plate-edge deformation and crustal growth, Gulf of California structural province // *Geol. Soc. Am. Bull.* 1973. V. 84. P. 1884–1906.
17. Niemitz J. Geochemistry of sediments, Leg 64, Gulf of California // *Init. Repts. DSDP. Washington: U.S. Govt. Printing Office, 1982. V. 64. Pt. 2. P. 695–715.*
18. Saunders A.D., Fornari D., Joron J-L., Tarney J., Treuil M. Geochemistry of basic igneous rocks, Gulf of California, Deep Sea Drilling Project Leg 64 // *Init. Repts. DSDP. Washington: U.S. Govt. Printing Office, 1982. V. 64. Pt. 2. P. 595–642.*
19. Williams D.L., Becker K., Lawver L.A., Von Herzen R.P. Heat flow at the spreading centers of the Guaymas Basin, Gulf of California // *J. Geophys. Res.* 1979. N 84. P. 6757–6796.

Рекомендована к печати И.Б. Цой

после доработки 12.12.2021 г.

принята к печати 19.01.2022 г.

V.B. Kurnosov, Yu.I. Kononov

Changes in the mineral and chemical composition of sills when intruding into the sedimentary cover, Guaymas Basin, Gulf of California (DSDP wells 477, 477A, 478, 481/481A)

In the Guaymas Basin of the Gulf of California, changes in the mineral and chemical composition of sills of different thicknesses were studied in hydrothermal systems, which formed during the intrusion of hot sills into highly porous young (Pleistocene) cold sediments filled with seawater. Holes DSDP 477 and 477A were drilled in the high heat flow area and Holes 478 and 481/481A in the low heat flow area. Thick sills from Holes 477, 477A, and 478 (47 m, 30 m and 112 m, respectively) are fresh or very weakly altered mainly due to the fact that practically no water released from the host Pleistocene sediments during their heating penetrated into the sills. Olivine, whose content is small in these sills (a few percent) is unaltered. In mesostasis, the amount of which is also a few percent, there are clay minerals. The high heat flow in the area of Holes 477 and 477A (1250 mW/m²) did not change the unfavorable situation for changes in the mineral and chemical composition of the thick sills without water entering them. Thin sills with a thickness of 0.1 to 0.65 m and sills with a relatively small thickness of 1.2 to 4.5 m, which were intersected in Holes 478 and 481/481A are altered. They are fractured and therefore favorable for the penetration of water released from the heated sediments. In addition, in these sills a large volume is occupied by mesostasis (mainly from 18 to 45 %, in some samples from 53 to 70 %) replaced to varying degrees by clay minerals. Olivine is often completely replaced by clay minerals. In thin basalt sills, their alteration strongly decreases K contents. In some cases, the content of Mn, Mg, P, Na, and Ti decreases in them insignificantly. The low heat flow measured in the areas where Holes 478 and 481/481A (150 and 165 mW/m²) were drilled indicates that mineral and chemical changes in the thin sills occurred without heat and mass input from the convective long-lived hydrothermal systems.

***Key words:* basalt sills, deep-sea holes, Guaymas Basin, Gulf of California.**