

УДК 549.742.1

## СТАБИЛЬНОСТЬ КАРБОНАТОВ ПРИ СУБДУКЦИИ: ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ДЕФЛЮИДИЗАЦИИ ХЛОРСОДЕРЖАЩЕГО ПЕЛИТА

© 2023 г. А. Г. Сокол<sup>1,\*</sup>, А. Н. Крук<sup>1</sup>, О. А. Козьменко<sup>1</sup>,  
член-корреспондент РАН Ю. Н. Пальянов<sup>1</sup>

Поступило 26.10.2022 г.

После доработки 03.11.2022 г.

Принято к публикации 08.11.2022 г.

При давлении 3.0, 5.5 и 7.8 ГПа и температуре 750–1030°C хлор- и карбонатсодержащий пелит претерпевает серию реакционных превращений, которые обеспечивают его трансформацию в эклогитоподобную ассоциацию твердых фаз и образование хлорсодержащего преимущественно водно-углекислого флюида. С ростом *PT*-параметров экспериментов в соответствии со средней и горячей субдукционными геотермами эклогитоподобная ассоциация фаз остается стабильной, но карбонат полностью растворяется во флюидной фазе уже при  $P \geq 5.5$  ГПа. При этом содержание  $\text{CO}_2$  в закаленном флюиде достигает 20–30 мас. %. Однако предварительная дефлюидизация пелита при 3.0 ГПа и 750°C с выносом из него всего хлора, приводит к тому, что карбонат оказывается стабильным в равновесии со следующими, не содержащими хлора порциями флюида как при 5.5 ГПа, так и при 7.8 ГПа. Сопоставление имеющихся данных для упрощенных модельных систем и новых данных для хлор- и карбонатсодержащего пелита свидетельствуют о том, что хлориды существенно увеличивают растворимость карбоната во флюиде. Таким образом, эффективность транспорта в мантию карбонатов зависит от режима выноса хлора из зон субдукции.

*Ключевые слова:* субдукция, пелиты, глубинный цикл углерода, карбонаты, флюид, эксперимент, алмазная ловушка

DOI: 10.31857/S2686739722602381, EDN: THTDZE

### ВВЕДЕНИЕ

Поведение карбонатных минералов в зонах субдукции определяет тренд перераспределения углерода между глубинными резервуарами и поверхностью [1, 2]. Согласно современным оценкам в мантию ежегодно субдуцируется около 80 млн тонн углерода в виде карбонатов, при этом большая его часть в составе метаосадков – пелитов [1]. При этом только 30% субдуцированного углерода возвращается на поверхность. Тем не менее субдукция осадков с высоким содержанием карбонатов обеспечивает максимальные по объему выбросы изотопно-тяжелого  $\text{CO}_2$  через остро-водужные вулканические системы [1].

По мере погружения богатые летучими карбонатсодержащие пелиты, имеющие низкую температуру солидуса и располагающиеся в верхней наиболее горячей части субдуцируемых плит, могут претерпевать плавление [3–6]. При давлении

до второй критической точки в пелитовой системе с летучими солидус контролируется перитектической реакцией фенгит + клинопироксен + коэсит + водный флюид = гранат + расплав, которая обеспечивает образование кислых богатых калием расплавов [4–6]. Согласно имеющимся оценкам, плавление карбонатсодержащих пелитов до глубин 200 км считается маловероятным [7, 8]. Карбонаты в них остаются стабильными и не вступают в реакции декарбонатизации с силикатами при характерных для зон субдукции редокс условиях [2, 6–9]. Однако карбонаты могут интенсивно растворяться в богатых водой флюидах, которые образуются за счет дегидратации как самих пелитов, так и ниже расположенных в слэбе серпентинизированных перидотитов [8, 9]. Растворимость  $\text{CO}_2$  в сверхкритическом флюиде находится, по-видимому, на уровне 5 мас. % или несколько выше [9]. Более того, судя по данным экспериментов в модельных системах, растворимость  $\text{CaCO}_3$  во водном флюиде может существенно расти в присутствии хлоридов [10, 11]. Поведение карбонатов принципиально меняется при достижении глубин 200–250 км. На этих уровнях при пересечении геотерм слэбов с солидусами карбонатсодержащих пелитов образуются

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии  
Сибирского отделения Российской академии наук,  
Новосибирск, Россия

\*E-mail: sokola@igm.nsc.ru

**Таблица 1.** Состав майкопского пелита в сравнении с составом среднестатистического субдукционного осадка GLOSS-II [3]

	Пелит	GLOSS-II
SiO <sub>2</sub>	55.9	56.6
TiO <sub>2</sub>	0.9	0.6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.3	1.5
FeO	7.3	5.7
MnO	0.1	0.4
MgO	3.6	2.8
CaO	2.6	6.2
Na <sub>2</sub> O	1.4	2.5
K <sub>2</sub> O	3.0	2.2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.1	0.2
Cl	0.1	—
CO <sub>2</sub>	1.9	3.1
H <sub>2</sub> O	5.4	7.1
SO <sub>3</sub>	0.5	—
Сумма	100.0	99.9

Примечание. Содержание Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в пелите – 2.6 мас. %.

не силикатные, а богатые щелочами маловязкие карбонатные расплавы [2, 7].

Актуальным вопросом глубинного цикла углерода является определение *PT*-условий и флюидного режима, при которых карбонаты могут оставаться стабильными в пелитах и достигать при субдукции глубин 200–250 км. В данной работе экспериментально изучена стабильность карбонатов в природном карбонат- и хлорсодержащем пелите при разных режимах его дефлюидизации.

## МЕТОДИКА

Для экспериментов использовали глубоководный морской осадок (пелит) Майкопской свиты (Таманский полуостров, Россия) (табл. 1) [12]. Пелит состоит из (мас. %): 52 – мусковита, 20 – кварца, 15 – иллитов, 5 – альбита, 5 – каолинита, 2 – кальцита и 1.7 – сидерита. Согласно термогравиметрическому анализу, он содержит 1.87 мас. % CO<sub>2</sub> и 5.4 мас. % H<sub>2</sub>O. Содержание хлор-ионов в пелите составляет 0.1 мас. %. Определение хлоридов проводилось турбодиметрическим методом. Чувствительность метода – 1 мкг хлоридов в пробе. Суммарная погрешность результата определения хлор-иона с доверительной вероятностью  $P = 0.95$  составляет 15%.

Тонкоизмельченный порошок пелита размещали в Pt- или Au-ампулы диаметром 6 или 10 мм и толщиной стенки 0.2 мм. Вес образцов варьировал от 120 до 500 мг. Для отделения флюида от пе-

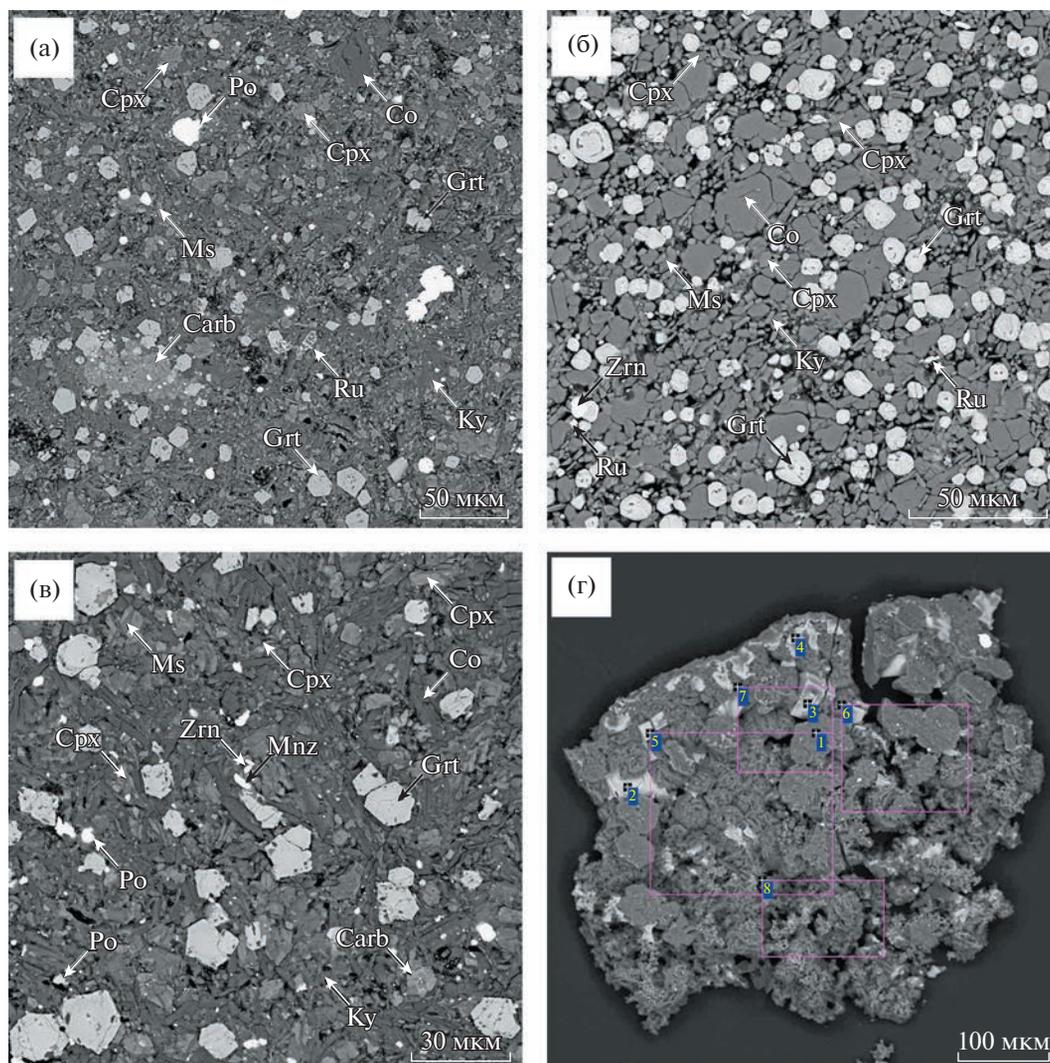
литового образца нами использован метод алмазной ловушки [13]. Метод заключается в том, что для улавливания флюида в экспериментальных образцах при высоких *PT*-параметрах в ампулу добавляется слой (около 30% от массы образца) из микрокристаллов синтетического алмаза, размерностью 14–20 мкм. Количество газообразных и жидких продуктов дегидратации и декарбонатизации в образцах пелита (закаленного флюида) после экспериментов определяли путем взвешивания ампул до и после вскрытия. После прокола перед взвешиванием ампулы сушили в течение 24 ч при 100°C.

Проведено две серии экспериментов с двумя разными сценариями дефлюидизации. В экспериментах по первому сценарию использован исходный, неизменный образец пелита. Второй сценарий предусматривал поэтапную дефлюидизацию образцов при 3.0 → 5.5 → 7.8 ГПа. Начиная со второй стадии, каждый последующий эксперимент серии, моделирующий погружение с ростом *PT*-параметров, выполнен с использованием частично дефлюидизированного образца из предыдущего эксперимента (высушенного и без вещества, захваченного ловушкой). Без использования алмазных ловушек проведение экспериментов с поэтапной дефлюидизацией было невозможно. Поскольку продукты закалки высококонцентрированных флюидов оставались бы межзерновом пространстве образцов. Использование ловушек позволяло отделять практически весь, возникающий при дегидратации и декарбонатизации флюид от образцов.

Эксперименты длительностью 40 ч проведены на многопуансонном аппарате типа “БАРС” [14]. Точность контроля давления и температуры составляла ±0.1 ГПа и ±20°C [15]. Редокс-реакции с участием Fe<sup>3+</sup>, а также реакции дегидратации и декарбонатизации пелита при *PT*-параметрах экспериментов обеспечили образование в образцах флюидной фазы, содержащей H<sub>2</sub>O и CO<sub>2</sub>. Избыток алмаза контролировал  $f_{O_2}$  в образцах вблизи значений ССО равновесия. Составы полученных фаз исследованы с использованием сканирующего электронного микроскопа “Tescan” MIRA 3 LMU, оснащенного энергодисперсионным микроанализатором “INCA” Energy 450 (“Oxford Instruments”), а также микрозонда “Jeol” JXA-8100.

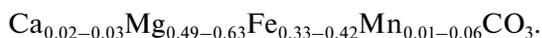
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эксперимент при 3.0 ГПа выполнен с исходным пелитом, богатым летучими. Уже при 3.0 ГПа и 750°C пелит превращается в ассоциацию фаз, которая состоит из граната, коэсита, фенгитового мусковита (мусковита с повышенным содержанием селадонитового минала), омфацитового



**Рис. 1.** РЭМ-образцов, полученных в экспериментах с исходным и предварительно дефлюидизированным пелитом. а – образец P1 (исходный пелит, 3,0 ГПа и 750°C); б – образец P5 (исходный пелит, 7,80 ГПа и 940°C); в – образец P1-2 (дефлюидизированный пелит, 5,5 ГПа и 850°C); г – образец солевой корочки, образовавшейся при высыхании закаленного флюида на поверхности ампулы из эксперимента P1 (исходный пелит, 3,0 ГПа и 750°C). Условные обозначения фаз как в табл. 2. ЭДС–СЭМ-данные по составам солей приведены в табл. 3. Длины масштабных отрезков – в мкм.

клинопироксена, кианита и пирротина, а также включает аксессуарные фазы: монацит, циркон, рутил и карбонат (рис. 1 а). Солидус изученного нами пелита при 3,0 ГПа находится между 750°C и 900°C (табл. 2). При 3,0 ГПа и 900°C за счет перитектической реакции фенгит + клинопироксен + коэзит + флюид = расплав + гранат образуется 38–49 мас. % гранитоподобного расплава, богатого SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и K<sub>2</sub>O. Карбонат имеет состав –



В экспериментах первой серии с исходным пелитом при давлении 5,5 и 7,8 ГПа и температуре 850 и 1030°C образуется рыхлый агрегат твердых

фаз (рис. 1 б) и 10–20 мас. % флюида, который захватывается алмазной ловушкой. В полученных образцах составы твердых фаз приобретают характерные черты минералов эклогитов из метаморфических комплексов сверхвысокого давления. Гранаты содержат от 38 до 43 мол. % пирропового минерала и имеют высокие концентрации примесей Na, Ti и P. В клинопироксенах содержание жадеитового компонента растет с 66 до 92 мол. %. Фенгитовый мусковит фиксируется как в равновесии с расплавом, так и флюидом. Граница его температурной стабильности в диапазоне 3,0–7,8 ГПа примерно на 50°C выше, чем предложено в работах [4, 6]. С ростом *PT*-параметров в фенгитовом мусковите увеличивается

**Таблица 2.** Параметры 40-часовых экспериментов с пелитом, количество закаленного флюида в образцах и их фазовый состав

Эксп. №	P, ГПа	T, °C	Закаленный флюид* (мас. %)	Фазовый состав образцов	
				Главные фазы	Акцессорные фазы
<i>Исходный пелит</i>					
P1	3.0	750	4.9	Grt, Coe, Ms, Cpx, Ky, Fl	Carb, Po
P2	3.0	900	—	Grt, Coe, Ms, Cpx, Ky, L	Carb, Zrn, Mnz
P3	5.5	850	6.3	Grt, Coe, Ms, Cpx, Ky, Fl	Pu, Ru, Zrn
P4	5.5	1030	—	Grt, Coe, Ms, Cpx? Ky, Fl	Po, Ru, Zrn,
P5	7.8	940	6.5	Grt, Coe, Ms, Cpx, Ky, Fl	Pu, Ru, Zrn
<i>Дефлюидизированный пелит</i>					
P1-2	5.5	850	1.0	Grt, Coe, Ms, Cpx, Ky, Fl	Carb, Pu, Ru, Zrn, Mnz
P1-2-3	7.8	940	0.2	Grt, Coe, Ms, Cpx, Ky, Fl	Carb, Ru, Pu, Zrn, Mnz

Примечание. \*Количество газообразных и жидких продуктов гидратации и декарбонатизации пелита, выделившихся при вскрытии ампул (мас. % к образцу). Grt – гранат; Coe – коэсит; Ms – мусковит; Cpx – клинопироксен; Ky – кианит; Carb – карбонат; Po – пирротин; Ru – рутил; Zrn – циркон; Mnz – монацит; L – закаленный расплав; Fl – закаленный флюид.

содержание Si + Mg с 3.8 до 4.4 формульных единиц (ф.е.) и снижается концентрация Al с 2.1 до 1.6 ф.е. (в пересчете на 11 атомов O). Пирротин остается стабилен в равновесии с флюидом. Ни в одном из образцов, полученных при 5.5–7.8 ГПа, карбонат не зафиксирован.

Во второй серии экспериментов при 5.5 и 7.8 ГПа, с предварительно дефлюидизированным пелитом, фазовый состав образцов в целом близок к тому, что был фиксирован в первой серии (табл. 2, рис. 1 в). В связи с низким содержанием флюида в образцах их текстура более плотная, с меньшим количеством пустот в межзерновом пространстве. Тем не менее на многих фазах фиксируются следы перекристаллизации. Однако главным отличием стало присутствие в пелитовых образцах карбоната  $\text{Ca}_{0.01-0.03}\text{Mg}_{0.51-0.60}\text{Fe}_{0.37-0.45}\text{Mn}_{0.01}\text{CO}_3$ , фактически

**Таблица 3.** Состав солей из закаленного флюида (мас. %), выделившегося при вскрытии ампулы после эксперимента P1, P = 3.0 ГПа и T = 750°C (сушка после вскрытия 24 ч)

Спектр	Si	Mg	Ca	Na	K	Cl	Sr	Сумма
1*	0.13	1.68	1.65	31.44	1.34	0.27	0.65	37.16
2	0.07	—	—	0.81	27.94	1.01	—	45.83
3	0.12	—	—	0.92	49.34	39.79	—	90.17
4	—	—	—	0.88	44.51	40.57	—	85.96
5	0.06	0.89	1.08	19.73	4.66	4.08	—	30.5
6	0.14	1.01	2.11	17.48	5.53	5.01	0.56	31.84
7	0.15	1.23	0.88	20.58	7.96	6.94	0.32	38.06
8	—	0.64	2.37	12.65	4.5	5.22	0.48	25.86

Примечание. \* Области сканирования приведены на рис. 1 г.

того же состава, что и в образцах, полученных при 3.0 ГПа.

При вскрытии ампул после экспериментов первой серии с исходным пелитом интенсивно выделялись вода и углекислота. В воде присутствовало значительное количество растворенных солей, прежде всего хлоридов калия и натрия. На рис. 1 г приведен агрегат солей, образовавшийся на поверхности ампулы после высушивания закаленного флюида из эксперимента P1 (P = 3.0 ГПа и T = 750°C). Составы солей из этого агрегата приведены в табл. 3 (низкие суммы части анализов связаны с высокой пористостью части агрегата). В алмазной ловушке после экспериментов зафиксировано значительное количество продуктов закалки флюида. При вскрытии ампул с дефлюидизированными образцами вода и углекислота не выделялись, однако потеря массы при сушке ампул фиксировалась (табл. 2).

Количество выделившихся при вскрытии ампул  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  приведено в табл. 2. В образцах с исходным пелитом количество продуктов дегидратации и декарбонатизации увеличивалось с ростом PT-параметров с 4.9 до 6.3–6.5 мас. %. Характерно, что после предварительной дефлюидизации пелита при 3.0 ГПа и 750°C с потерей из образца 4.9 мас. %  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ , в опыте при 5.5 ГПа и 850°C образовалось 1.0 мас. %  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ . При использовании двукратно дефлюидизированного вещества пелита при 7.8 ГПа и 940°C образовалось 0.2 мас. %  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ . Согласно данным ЭДС–СЭМ, закаленный флюид из образцов, прошедших предварительную дефлюидизацию, не содержит хлора.

В целом с ростом PT-параметров экспериментов вдоль средней и горячей субдукционных геотерм использованный нами пелит превращается в

ассоциацию фаз, характерную для эклогита из метаморфических комплексов сверхвысоких давлений. В гранате растет доля пиропового минала, а в клинопироксене — доля жадеитового минала. Мусковит претерпевает прогрессирующую фенгитизацию. Кроме того, в образцах образуются флюид или расплав (только при 3.0 ГПа и 900°C). При минимальном давлении экспериментов — 3.0 ГПа и температуре 750–900°C в пелите остается стабильным Mg–Fe-карбонат. Такой состав стабильного карбоната обусловлен низким содержанием Са в исходном пелите.

Количество образующихся в результате дегидратации и декарбонатизации  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  при 3.0 ГПа и 750°C меньше (4.9 мас. %) чем при 5.5 ГПа и 850°C (6.3 мас. %), а также при 7.8 ГПа и 940°C (6.5 мас. %). Таким образом, около 25 мас. % карбоната исходного пелита должно было сохраниться в образце из эксперимента при 3.0 ГПа и 750°C. Поскольку в исходном пелите сохранилось в виде карбонатов 1.87 мас. %  $\text{CO}_2$ , то полное растворение карбоната в флюиде дает значения концентрации  $\text{CO}_2$  в закаленном флюиде от 29 до 30 мас. % (мольное отношение  $\text{CO}_2/(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}) = 0.15$ ). То есть, полученное нами значение растворимости карбоната в водном хлорсодержащем флюиде, стабильном в пелите при давлении 5.5–7.8 ГПа и температуре 840–1030°C, заметно выше имеющихся оценок [8, 10, 11].

В результате трех последовательных шагов по дефлюидизации из пелита были удалены практически все летучие. Однако при этом карбонат остался не полностью растворен во флюидной фазе, как это произошло в экспериментах с исходным пелитом при тех же *PT*-параметрах. Важным фактором стабильности карбоната оказалось поведение хлора. Поскольку в пелите нет твердых фаз-концентраторов Cl, то генерированный на первой стадии (при 3.0 ГПа и 750°C) флюид растворяет и концентрирует в себе весь хлор, содержащийся в пелите (0.1 мас. %). Согласно масс-балансу концентрация хлора в первой порции закаленного флюида варьировала от 1 до 2 мас. %. Следующие порции флюида при пошаговой дефлюидизации уже не содержали хлора. Следовательно, удаление хлора из системы снижает растворимость карбоната во флюидной фазе пелитовой системы. Возможно, хлор существенно влияет и на свойства самого сверхкритического флюида. Требуются дополнительные данные, которые бы позволили оценить влияние содержания хлора, состава и концентрации карбоната на его стабильность в пелитовой системе. Это важно, поскольку концентрация карбоната в реально субдуцируемых осадках может сильно варьировать [3].

Хлориды играют важную роль во флюидах зон субдукции [16, 17]. Данные по флюидным включениям в оливинах из базальтов островных дуг, в

минералах метаморфических пород высокого давления и мантийных ксенолитов из зон субдукции свидетельствуют, что содержание хлоридов во флюидах зон субдукции в большинстве случаев превышает 1 мас. % [17–20]. Обобщая полученные нами данные, можно сделать вывод, что ранняя дефлюидизация пелитового материала с выносом флюидами из зон субдукции всего хлора обеспечивает эффективный транспорт  $\text{CO}_2$  в глубинные резервуары при дальнейшем погружении слэба. Однако, если субдуцируемый пелит проходит основную фазу дефлюидизации на глубинах ~150 км, то это приведет к образованию хлорсодержащего флюида, в котором может быть растворен весь транспортируемый пелитом карбонат. Это процесс может обеспечить полную декарбонатизацию пелита с выносом в мантийный клин большого количества  $\text{CO}_2$ .

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают и благодарность Ю.М. Борздову и А.Ф. Хохрякову за полезные замечания, которые позволили улучшить представление материала. Аналитические исследования выполнены в ЦКП многоэлементных и изотопных исследований СО РАН.

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект 22-17-00005).

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Plank T., Manning C.E.* Subducting carbon // *Nature* 2019. V. 574 (7778). P. 343–352.
2. *Dasgupta R.* Ingassing, storage, and outgassing of terrestrial carbon through geologic time // *Rev. Mineral. Geochem.* 2013. V. 75 (1). P. 183–229.
3. *Plank T.* The chemical composition of subducting sediments. *Treatise on Geochemistry* 2nd Edition, Elsevier, 2014. P. 607–629. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-095975-7.00319-3>
4. *Schmidt M.W., Vielzeuf D., Auzañneau E.* Melting and dissolution of subducting crust at high pressures: the key role of white mica // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2004. V. 228 (1–2). P. 65–84.
5. *Hermann J., Spandler C.J.* Sediment melts at sub-arc depths: an experimental study // *J. Petrol.* 2008. V. 49 (4). P. 717–740.
6. *Перчук А.Л., Сердюк А.А., Зиновьева Н.Г., Шур М.Ю.* Плавление и минеральные парагенезисы глобального субдукционного осадка, обогащенного водой, в условиях закрытой и открытой системе: экс-

- перимент и термодинамическое моделирование // Геология и геофизика 2020. Т. 61 (5). С. 701–724.
7. *Grassi D., Schmidt M.W.* The melting of carbonated pelites from 70 to 700 km depth // *J. Petrol.* 2011. V. 52 (4). P. 765–789.
  8. *Kelemen P.B., Manning C.E.* Reevaluating carbon fluxes in subduction zones, what goes down, mostly comes up // *Proc. Nat. Acad. Sci.* 2015. V. 112 (30). P. E3997–E4006.
  9. *Connolly J.A., Galvez M.E.* Electrolytic fluid speciation by Gibbs energy minimization and implications for subduction zone mass transfer // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2018. V. 501. P. 90–102.
  10. *Newton R.C., Manning C.E.* Experimental determination of calcite solubility in H<sub>2</sub>O–NaCl solutions at deep crust/upper mantle pressures and temperatures: Implications for metasomatic processes in shear zones // *Am. Min.* 2002. V. 87(10). P. 1401–1409.
  11. *Facq S., Daniel I., Montagnac G., Cardon H., Sverjensky D.A.* Carbon speciation in saline solutions in equilibrium with aragonite at high pressure // *Chem. Geol.* 2016. V. 431. P. 44–53.
  12. *Sokol E., Kokh S., Kozmenko O., Novikova S., Khvorov P., Nigmatulina E., Belogub E., Kirillov M.* Mineralogy and geochemistry of mud volcanic ejecta: a new look at old issues // *Minerals* 2018. V. 8 (8). P. 344.
  13. *Рябчиков И.Д., Орлова Г.П., Каленчук Г.Ю., Ганеев И.И., Удовкина Н.Г., Носик Л.П.* Взаимодействие шпинелевого лерцолита с водно-углекислым флюидом при 20 кбар и 900°C // *Геохимия* 1989. № 3. С. 56–62.
  14. *Palyanov Y.N., Kupriyanov I.N., Khokhryakov A.F., Borzdov Y.M.* High-pressure crystallization and properties of diamond from magnesium-based catalysts // *CrystEngComm* 2017. V. 19. P. 4459–4475.
  15. *Sokol A.G., Borzdov Y.M., Palyanov Y.N., Khokhryakov A.F.* High-temperature calibration of a multi-anvil high pressure apparatus // *High Pressure Research.* 2015. V. 35 (2). P. 139–147.
  16. *Keppler H.* Fluids and trace element transport in subduction zones. *Am. Min.* 2017. V. 102 (1). P. 5–20.
  17. *Manning C.E., Frezzotti M.L.* Subduction-zone fluids // *Elements* 2020. V. 16 (6). P. 395–400.
  18. *Métrich N., Wallace P.J.* Volatile abundances in basaltic magmas and their degassing paths tracked by melt inclusions // *Rev. Mineral. Geochem.* 2008. V. 69 (1). P. 363–402.
  19. *Kawamoto T., Yoshikawa M., Kumagai Y., Mirabueno M.H.T., Okuno M., Kobayashi T.* Mantle wedge infiltrated with saline fluids from dehydration and decarbonation of subducting slab // *Proc. Nat. Acad. Sci.* 2013. V. 110 (24). P. 9663–9668.
  20. *Kumagai Y., Kawamoto T., Yamamoto J.* Evolution of carbon dioxide-bearing saline fluids in the mantle wedge beneath the northeast Japan Arc // *Contrib. Mineral. Petrol.* 2014. V. 168 (4). P. 1–13.

## STABILITY OF CARBONATES DURING SUBDUCTION: INFLUENCE OF THE DEHYDRATION REGIME OF CHLORINE-BEARING METAPELITE

A. G. Sokol<sup>a,\*</sup>, A. N. Kruk<sup>a</sup>, O. A. Koz'menko<sup>a</sup>, and Corresponding Member of the RAS Yu. N. Palyanov<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation*

\*E-mail: sokola@igm.nsc.ru

It was shown that at a pressure of 3.0–7.8 GPa and a temperature of 750–1030°C, a set of reactions occurred in carbonate-bearing and Cl-enriched pelite that is finally converted into eclogite-like assemblage and formed H<sub>2</sub>O–CO<sub>2</sub> Cl-enriched fluid. The eclogite-like assemblage remains stable when P–T conditions change concordantly with hot subduction geotherms, whereas carbonate is completely dissolved in the fluid already at ≥5.5 GPa. In quenched fluid the content of CO<sub>2</sub> reaches 30 wt. %. However, preliminary defluidization of pelite at 3.0 GPa and 750°C leads to chlorine removal and carbonate stabilization at 5.5 GPa and at 7.8 GPa in equilibrium with the next chlorine-free portions of fluid. Thus, the stability of carbonates under P–T conditions typical of subduction zones is dependent on the behavior of chlorine during defluidization of marine sediments.

*Keywords:* subduction, pelites, deep-seated carbon cycle, carbonates, fluid, experiment, diamond trap