

УДК 552.48 + 550.42 (235.216)

**Сатыбаев Максамбек Мундусович,**  
*PhD, научный сотрудник*  
**Satybaev Maksatbek Mundusovich,**  
*PhD, researcher*

**Орозбаев Рустам Талапкерович,**  
*к.г.-м.н., заведующий лабораторией*  
**Orozbaev Rustam Talapkerovich,**  
*Kand.geol-miner. sciences,*  
*Head of Department,*

**Бакиров Анас Бакирович,**  
*д.г.-м.н, академик НАН КР,*  
*главный научный сотрудник*  
**Bakirov Apas Bakirovich,**  
*academician NAS KR,*  
*Doct.geol-miner. sciences,*  
*seniorresearcher*

*Институт геологии им. М.М. Адышева НАН Кыргызской Республики*  
*КыргызРеспубликасынын УИА М.М. Адышеватындагы геология институту*  
*Institute of Geology n.a. M.M. Adyшев, National Academy of Sciences, Kyrgyz Republic*

## **УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЛОМОЧНЫХ ЭКЛОГИТОВ В КОНГЛОМЕРАТАХ НИЖНЕЙ ПЕРМИ, АТБАШИНСКИЙ ХРЕБЕТ**

**Аннотация.** Исследованы петрологические, минералогические и геохимические характеристики обломочных эклогитов в конгломератах нижней перми, арпинской свиты Атбашинского хребта и получены P-T условия их формирования. Обломки эклогитов в конгломератах состоят в основном из граната, омфацита, эпидота, глаукофана, хлорита, белой слюды, кварца и акцессорных минералов. Эклогиты образовались из базальтов океанических островных дуг и срединно-океанических хребтов (MORB), которые испытали прогрессивный метаморфизм от эпидот-глаукофан-сланцевой фации до высоких давлений (T = 490–590 °C; P = 15 кбар) эклогитовой фации, с последующей ретроградной стадией в зеленосланцевой фации. Полученные P-T условия формирования эклогитов в конгломератах схожи с эволюцией эклогитов чолокторского подкомплекса.

**Ключевые слова:** *эклогит, P-T условия, конгломерат, геохимия, Атбашинский хребет.*

## **АСТЫҢКЫ ПЕРМДИН КОНГЛОМЕРАТТАРЫНДАГЫ ЭКЛОГИТ СЫНЫКТАРЫНЫН ПАЙДА БОЛУУ ШАРТТАРЫ, АТБАШЫ КЫРКА ТООСУ**

**Аннотация.** Атбашы кырка тоосундагы астыңкы пермдин (арпа свитасынын) конгломераттарынынарасындагы эклогит сыныктарынын петрологиялык, минералогиялык

жана геохимиялык мүнөздөмөлөрү изилденип, эклогиттердин пайда болушунун P-T шарттары аныкталды. Бул эклогиттер негизинен гранат, омфациит, эпидот, глаукофан, хлорит, слюда, кварц жана аксессуардук минералдардан турат. Эклогиттер океандык арал тоосунун жана орто океан кыркаларынын (MORB) базальттарынан пайда болуп, эпидот-глаукофан-сланец фациясынан баштап жогорку басымдагы ( $T = 490\text{--}590\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $P = 15\text{ кбар}$ ) эклогит фациясына чейин прогрессивдүү метаморфизмге дуушар болуп, андан кийин жашыл сланец фация шартындагы ретрограддык өзгөрүүлөргө өткөн. Конгломераттардагы эклогит сыныктарынын пайда болуу P-T шарттары Чолоктөр подкомплексинин эклогиттеринин эволюциясына окшош.

**Негизги сөздөр:** эклогит, P-T шарты, конгломерат, геохимия, Атбашы тоо кыркасы.

### CONDITIONS ON THE FORMATION OF ECLOGITE CLASTS IN THE LOWER PERMIAN CONGLOMERATES, ATBASHY RIDGE

**Abstract.** The petrological, mineralogical and geochemical characteristics of eclogite clasts in the Lower Permian conglomerates (the Arpa Formation) of the Atbashi Ridge have been studied, and their P-T conditions of formation have been obtained. Eclogite clasts consist mainly of garnet, omphacite, epidote, glaucophane, chlorite, white mica, quartz, and accessory minerals. Eclogites were formed from oceanic island arc and mid-ocean ridge (MORB) basalts, and experienced progressive metamorphism from epidote-glaucophane-schist facies to high pressure ( $T = 490\text{--}590\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $P = 15\text{ kbar}$ ) eclogite facies, followed by retrograde stage in the greenschist facies. The obtained P-T conditions for the formation of eclogite clasts in the conglomerates are similar to the evolution of eclogites in the Choloktor complex.

**Key words:** eclogite, P-T conditions, conglomerate, geochemistry, Atbashi Ridge.

**Геология района исследования.** В нижней части северного склона Атбашинского хребта, вдоль его простирания проходит сутура Туркестанского палеоокеана, известная в литературе как Атбашы-Инильчекский разлом протяженностью более 130 км в СВ-ЮЗ направлении (рис. 1а). Эта линия является границей Срединного и Южного Тянь-Шаня. После закрытия Туркестанского палеоокеана, вдоль его сутуры была образована пограничная впадина, выполненная терригенными осадками арпинской свиты, в базальных слоях которой встречаются конгломераты с глыбовыми обломками эклогитов [1].

Атбашинский комплекс. На северном склоне Атбашинского хребта выходят метаморфические породы, названные ат-

башинским комплексом. Он складывается из двух подкомплексов: атбашинский и чолокторский.

**Атбашинский подкомплекс** распространен на северном склоне Атбашинского хребта и состоит из пелитовых сланцев, в том числе серпентинитовых и кварц-альбитовых слюдяных сланцев с незначительным содержанием карбонатов (рис. 1б). Пелитовые породы атбашинского подкомплекса испытали наивысший уровень метаморфизма в условиях только эпидот-амфиболитовой фаций (10–12 кбар и  $515\text{--}565\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) с наложением зеленосланцевых фаций [2, 3, 4], что указывает на высшую степень регионального метаморфизма в Атбашинском хребте.

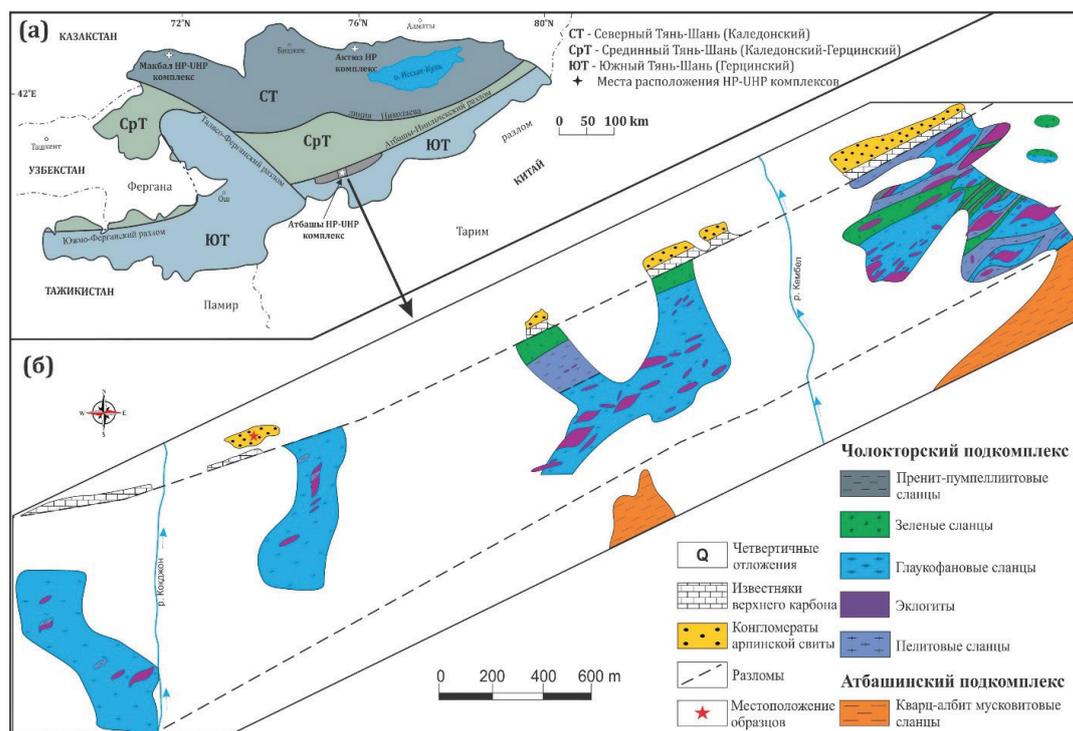


Рисунок 1. Геологическая карта метаморфических пород Аتبашинского комплекса [2].

**Чолокторский подкомплекс** является эклогитоносным и представлен метаморфическими породами высоких и сверхвысоких давлений. Он выходит на северном склоне данного хребта, вдоль Аتبаша-Иныльчекского шва, и простирается в СВ-ЮЗ направлении примерно на 10–15 км по длине и шириной 1–1,5 км (рис. 1б) [1, 2, 5, 6, 7]. Чолокторский подкомплекс разделен на две группы пород: метапелиты и metabазиты. Метапелиты представлены кварц-мусковитовыми сланцами (пренит-пумпелитовые, зеленые, глаукофановые) с прослоями мраморов. Метабазиты в виде линз и будин являются основной составляющей чолокторского подкомплекса и представлены эклогитами, гранат-глаукофановыми сланцами и карбонат-хлоритовыми породами.

P-T условия для эклогитов чолокторского подкомплекса демонстрируют прогрессивную эволюцию от фации эпидот-амфиболовых сланцев (17–21 кбар и 450–515

°C) до пиковой стадии в эклогитовой фации сверхвысоких давлений (25–35 кбар и 545–725 °C) с последующими ретроградными стадиями в эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций [4, 5, 6, 7, 8]. Пелитовые сланцы чолокторской свиты также испытали метаморфизм от эпидот-глаукофановой фации, через пиковую стадию эклогитовой фации (21–23 кбар и 530–580 °C) до ретроградных стадий эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций [3, 4]. Эклогиты содержат минеральные доказательства (псевдоморфозы кварца по коэситу, и фенгитас высокими содержаниями Si) метаморфизма высоких и сверхвысоких давлений [1, 5, 6]. Основные, рассеянные и редкоземельные элементы указывают на сходство N-MORB (нормальные базальты срединно-океанических хребтов) и/или IAT (островодужные толеиты) для протолитов эклогитов чолокторского подкомплекса [1, 7, 8, 9].

**Эклогиты в конгломератах.** Неоавтохтонный комплекс в этом районе представлен карбонатными породами (известняки) гжельского яруса верхнего карбона и нижней пермиарпинской свиты, состоящей из обломочных терригенных пород. Обломочный материал в основном представлен метаморфическими породами атбашинского комплекса верхнего аллохтона, что указывает на то, что тектоническая активность произошла после метаморфизма Атбашинского комплекса. Базальные слои арпинской свиты нижней перми сложена конгломератами, песчаниками, алевролитами, пестроцветными кремнистыми сланцами, туфами и эффузивами среднего состава (рис. 2а, б). Они выходят к северу от чолокторского

подкомплекса, залегают на известняки гжельского яруса верхнего карбона. Последние с атбашинским комплексом имеют тектонический контакт (рис. 1б). В результате полевых исследований были обнаружены эклогитовые породы среди конгломератов. Крупные обломочные глыбы эклогитов в диаметре до 8 м выходят только к западу от долины р. Кембель (рис. 1б и 2). К востоку они не распространяются.

В данной статье приводятся первые данные по петрографическому описанию и химическому составу минералов из эклогитов, отобранных среди конгломератов. Также представлены геохимические характеристики эклогитов, взятых с чолокторского подкомплекса и из конгломератов для сравнительного анализа.

**Петрографическое описание эклогитов в конгломератах.** Эклогиты состоят в основном из граната (20–30%), клинопироксена (40–60%), эпидота, глаукофана, хлорита, белой слюды, кварца и аксессуарных минералов кальцита, апатита, титанита, гематита и рудных минералов. Эклогиты имеют крупно- и среднезернистую текстуру с порфиробластами граната.

*Гранат* в эклогитах имеет форму от гипидиоморфной до ксеноморфной, порфиробластовый, размером до 1,6 мм в диаметре (рис. 3а, б). Частично он замещается хлоритом вдоль трещин и на краях зерен. Некоторые гранаты показывают оптическую зональность от бледно-красного ядра до бесцветного края. Гранаты содержат включения омфацита, эпидота, кварца, рутила и рудных минералов. *Клинопироксен* в матриксе встречается в виде ксеноморфных и идиоморфных форм, размером до 0,7 мм в длину (рис. 3а, б). Клинопироксен имеет включения эпидота, кварца, рутила и рудных

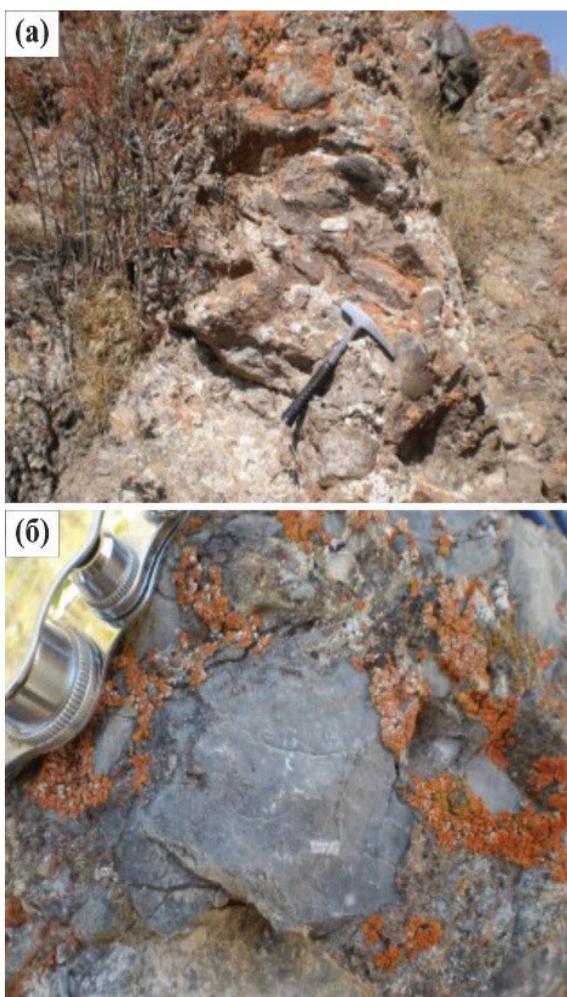


Рисунок 2. а) конгломераты с обломками эклогитов и карбонатных пород; б) конгломераты с обломками карбонатов гжельского яруса

минералов. *Глаукофан* занимает 3–8% породы и встречается в виде призматических кристаллов в матриксе, размером около 4 мм в длину. Он имеет бледно-синие таблитчатые и ромбические агрегаты. Большинство включений в глаукофане – это рутил, эпидот, титанит и рудные минералы. Иногда глаукофан показывает зональность от темно-синего ядра до бледно-голубоватого края, а некоторые кристаллы глаукофана замещаются хлоритом. *Белая слюда* встречается в виде таблитчатых кристаллов размером до 0,7 мм в длину и содержит включения кварца, титанита и эпидота. Также слюды наблюдаются в виде включений в гранате, эпидоте, амфиболе и кварце. *Хлорит* проявляется в матриксе в виде таблитчатых кристаллов, размером до 0,3 мм. Кристаллы хлорита развиваются в трещинах зерён граната, клинопироксена и глаукофана. *Эпидоты* имеют два вида обнаружения, первый – в виде от гипидиоморфного до ксеноморфного

призматического кристалла размером до 1,2 мм в матриксе, второй – в виде включений в гранатах и клинопироксенах. *Титанит и рудные минералы* встречаются в виде включений в гранате, амфиболе и эпидоте. Кроме того, в данном эклогите присутствует апатит.

**Химический состав минералов** был определён электронным микрозондом (JEOL JXA-8800M), установленный на “Кафедре наук о Земле” университета Шимане, Япония.

*Гранаты* в эклогитах показывают богатые альмандином разновидности, и имеют химический состав  $Fe^{2+} = 1.50–1.99$  p.f.u.,  $Mn = 0.02–0.16$  p.f.u.,  $Mg = 0.10–0.74$  p.f.u. и  $Ca = 0.71–1.12$  p.f.u. Гранаты показывают зональность, где  $Fe^{2+}$  и  $Mn$  уменьшаются от ядра ( $Fe^{2+} = 1.99$  p.f.u.;  $Mn = 0.15$  p.f.u.) к краю ( $Fe^{2+} = 1.71$  p.f.u.;  $Mn = 0.04$  p.f.u.), а  $Ca$  и  $Mg$  наоборот увеличиваются от ядра ( $Ca = 0,71$  p.f.u.;  $Mg = 0,16$  p.f.u.) к краю ( $Ca = 1,02$  p.f.u.;  $Mg = 0,22$  p.f.u.).

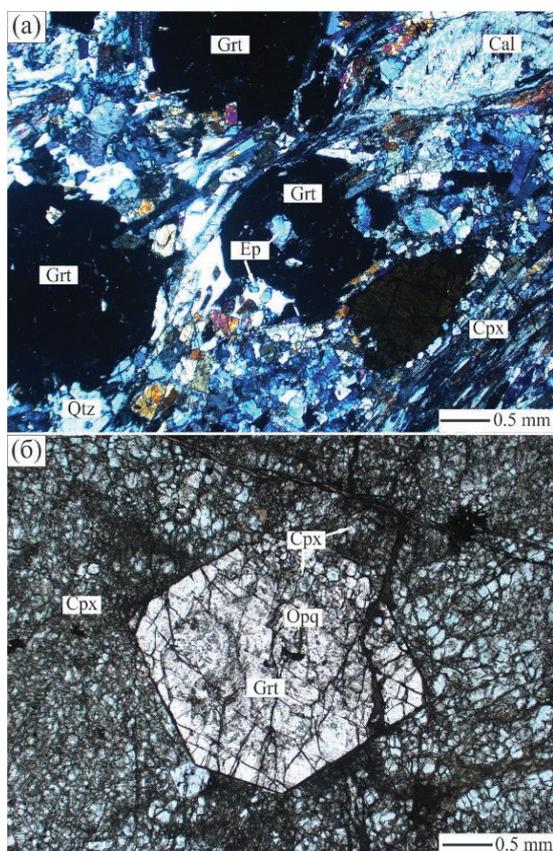


Рисунок 3. Микрофотографии эклогита в конгломератах. а) порфиробластовый гранат с включениями кварца и эпидота; б) гранобластовый гранат в матриксе.

*Клинопироксены* в эклогитах представлены омфацитом, которые имеют содержание следующих компонентов жадеита 30–49 mol.%, эгирина 1–28 mol.%, авгита 38–55 mol.% и соотношение  $Mg/(Fe^{2+} + Mg) = 0,48–0,87$ . Включения омфацита в гранате и эпидоте имеют жадеит 26–49 mol.%, эгирин 1–27 mol.% и авгит 37–53 mol.%, что аналогично омфациту в матриксе. Иногда омфацит имеет зональность с увеличением жадеитового компонента от ядра (32 mol.%) к краю (46 mol.%).

*Амфиболы* в эклогитах классифицируются как натриевые, натрий-кальциевые и кальциевые амфиболы, и по химическому составу определены как глаукофан, актинолит, винчит, роговая обманка и барроизит. Зерна амфибола имеют зональность от глаукофан-винчит в ядре к актинолит-роговая обманка в периферии.

*Слюды* в эклогитах представлены фенгитом, парагонитом и мусковитом. Si фенгита находится в диапазоне от 6,41 до 6,53 p.f.u. и значение  $Na/(Na + K)$  между 0,01 и 0,03. Фенгитовые включения в амфиболе имеют более высокий  $Si = 7,12–7,31$  p.f.u., чем в матриксе. Парагонит показывает  $Si = 5,80–6,32$  p.f.u. и  $Na/(Na + K) = 0,80–0,98$ . Включение парагонита в гранате имеет  $Si = 5,65$  p.f.u. и  $Na/(Na + K) = 0,95$ . Мусковит обнаружен только как включения в гранате и эпидоте с  $Si = 6,02–6,21$  и  $Na/(Na + K) = 0,04–0,15$  p.f.u.

**Геохимические характеристики эклогитов чолокторского подкомплекса и в конгломератах.** Образцы были отобраны из Атбашинского комплекса высоких и сверхвысоких давлений для определения геохимических особенностей валовых проб эклогитов на основные, рассеянные и редкоземельные элементы (major, trace and rare earth elements). Геохимический анализ валовых пород проводился в Институте геологии и геофизики АН КНР и Институте исследований Тибетского плато АН КНР. Для сравнительного анализа, наравне с проанализированными образцами эклогитов в конгломератах (2 образца),

также приводятся данные геохимических анализов эклогитов с чолокторского подкомплекса (6 образцов).

Содержания основных элементов в составе эклогитов чолокторского подкомплекса варьируются в пределах  $SiO_2 = 45,77–50,60$  мас.%,  $TiO_2 = 0,56–1,61$  мас.%,  $Al_2O_3 = 13,61–15,40$  мас.%,  $Fe_2O_3 = 10,75–15,45$  мас.%,  $MnO = 0,14–0,28$  мас.%,  $MgO = 6,98–8,86$  мас.%,  $CaO = 8,04–11,81$  мас.%,  $Na_2O = 1,95–4,16$  мас.%,  $K_2O = 0,13–1,24$  мас.%,  $P_2O_5 = 0,01–0,16$  мас.%. Потери при прокаливании (LOI) охватывают интервал от 0,18 до 1,84 %. Состав эклогитов из конгломератах показывают  $SiO_2 = 46,61–53,74$  мас.%,  $TiO_2 = 0,31–0,52$  мас.%,  $Al_2O_3 = 11,73–15,03$  мас.%,  $Fe_2O_3T = 7,12–12,11$  мас.%,  $MnO = 0,22$  мас. %,  $MgO = 4,93–7,34$  мас.%,  $CaO = 12,39–13,82$  мас.%,  $Na_2O = 4,14–5,36$  мас.%,  $K_2O = 0,08–0,15$  мас.%,  $P_2O_5 = 0,01–0,04$  мас.%. Потери при прокаливании (LOI) варьируются от 2,74 до 3,80. В целом, валовый состав основных элементов всех анализируемых эклогитов очень сходны.

В диаграмме  $SiO_2 - (Na_2O + K_2O)$  по [10], все изучаемые эклогиты попадают в поле базальтов щелочного и субщелочно/толеитового состава (рис. 4а). Один образец эклогита из конгломератов показывает состав базальтового андезита. Согласно треугольной диаграмме  $Al - FeT + Ti - Mg$  по [11], образцы эклогитов попадают в поле толеитовых базальтов (ТН) (рис. 4б), из которых некоторые эклогиты образовались за счет магнезиальных толеитовых базальтов, в другие из железистых. Один образец эклогита среди конгломератов находится в поле известково-щелочных базальтов (СА).

Используя полученные данные по рассеянным и редкоземельным элементам, были построены множество дискриминационных диаграмм для определения протолитов эклогитовых пород. Ниже приводится только выбранные две диаграммы. Так, трехкомпонентная диаграмма  $Zr/4 - 2Nb - Y$  по [12] построена

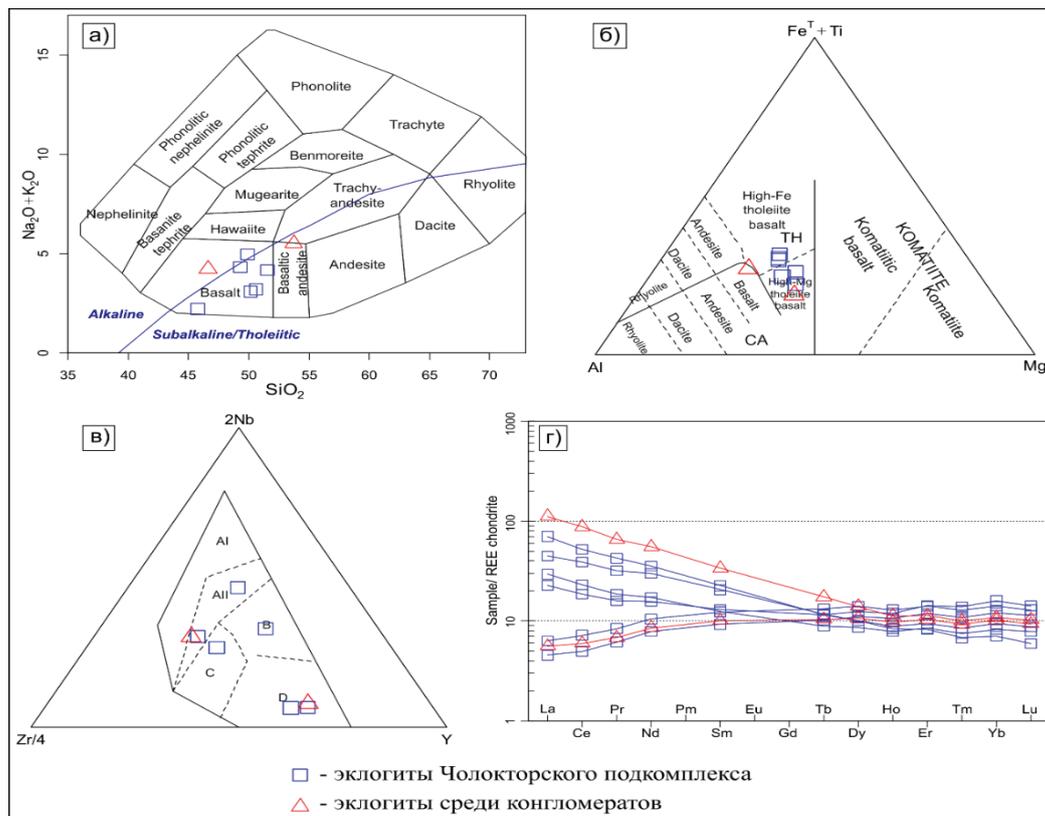


Рисунок 4. Диаграммы для эклогитов в конгломератах и чолокторского подкомплекса. а)  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  по [10]. б)  $\text{Al} - \text{FeT} + \text{Ti} - \text{Mg}$  по [11]. TH – толеитовые базальты, CA – извлектово-щелочные базальты. в)  $\text{Zr}/4 - 2\text{Nb} - \text{Y}$  по [12]. AI – внутриплитные щелочные базальты (WPA); AII – внутриплитные щелочные и толеитовые базальты (WPA и WPT); C – внутриплитные толеиты (WPT); B – обогащенные базальты COX (E-MORB); D – нормальные базальты COX (N-MORB). г) спайдер-диаграмма для эклогитов, нормализованные по хондриту согласно [13]

с использованием рассеянных элементов (рис. 4в), где один образец эклогита из конгломератов находится в поле (AII) внутриплитных толеитовых базальтов (WPT), а другой в поле (D) нормальных базальтов срединно-океанических хребтов (N-MORB) (рис. 4в). Эклогиты чолокторского подкомплекса расположены в нескольких группах. Одна из них – в поле (B) обогащенных базальтов срединно-океанических хребтов (E-MORB), другие две – в поле (D) нормальных базальтов срединно-океанических хребтов (N-MORB), и остальные попадают в поля (AII и C) внутриплитных толеитовых базальтов (WPT) (рис. 4в).

В спайдер-диаграмме для эклогитов, нормализованные по хондриту со значениями по [13], профили распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) предполагают, что изучаемые образцы имеют схожесть с базальтами океанической островной дуги и срединно-океанических хребтов (рис. 4г).

Полученные геохимические результаты в этом исследовании схожи с данными в ранее описанных исследованиях [1, 8, 9], то есть протолитами эклогитов являются базальты океанических островных дуг и срединно-океанических хребтов (MORB).

**P-T условия формирования эклогитов в конгломератах.** Основываясь на текстуре и химическом составе минералов, предложена

три стадии метаморфизма для эклогитов. В гранате, минеральная ассоциация состоит из следующих минеральных включений: эпидот, альбит ( $An < 8$ ), парагонит, мусковит, хлорит и кварц, которые описаны в ядре и редко на краях гранатов. Эта группа представляет собой первую прогрессивную стадию эклогитового этапа метаморфизма в условиях эпидот-глаукофан-сланцевой фации (рис. 5). Вторая стадия, пиковые условия метаморфизма эклогитов, характеризуются сосуществованием граната и омфацита с включениями кварца и рутила, встречающимися в периферии гранатов, что свидетельствует об устойчивости их в пиковых условиях вместе с омфацитом и гранатом. Согласно данным текстурам и минеральной ассоциации гранат + омфацит + кварц + рутил, эклогиты испытали пиковый метаморфизм в условиях эклогитовой фации. Применение Fe-Mg геотермометров [14, 15] для минеральной ассоциации гранат-омфацит показало температуру  $T = 490\text{--}590\text{ }^{\circ}\text{C}$  при давлении  $P = 15\text{ кбар}$  (рис. 5). Минимальное давление 15 кбар при  $590\text{ }^{\circ}\text{C}$  получено по максимальному содержанию жадеитового

компонента ( $Jd = 49$ ) в омфаците [16]. После пиковой стадии эклогиты испытали ретроградную стадию в фации зеленых сланцев, которые определены замещением граната хлоритом и зональностью амфибола от глаукофана к актинолиту (рис. 5).

Полученные вычисления  $P$ - $T$  условий формирования эклогитов в конгломератах в этой работе сравнены с ранее опубликованными  $P$ - $T$  условиями эклогитов чолокторского подкомплекса, которые показаны на рисунке 5. Результаты указывают, что эклогиты в конгломератах испытали метаморфизм высоких давлений ( $T = 490\text{--}590\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $P = 15\text{ кбар}$ ), в то время как эклогиты чолокторского подкомплекса претерпели метаморфизм высоких и сверхвысоких давлений ( $T = 545\text{--}725\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $P = 18\text{--}35\text{ кбар}$ ). Необходимо учесть, что вычисленное давление 15 кбар при  $590\text{ }^{\circ}\text{C}$  для эклогитов в конгломератах является минимальным значением. Теоретически, эклогиты в конгломератах также могли испытать метаморфизм сверхвысоких давлений. Прогрессивная и ретроградная стадии очень схожи с ранее предложенными  $P$ - $T$  условиями для чолокторских эклогитов.

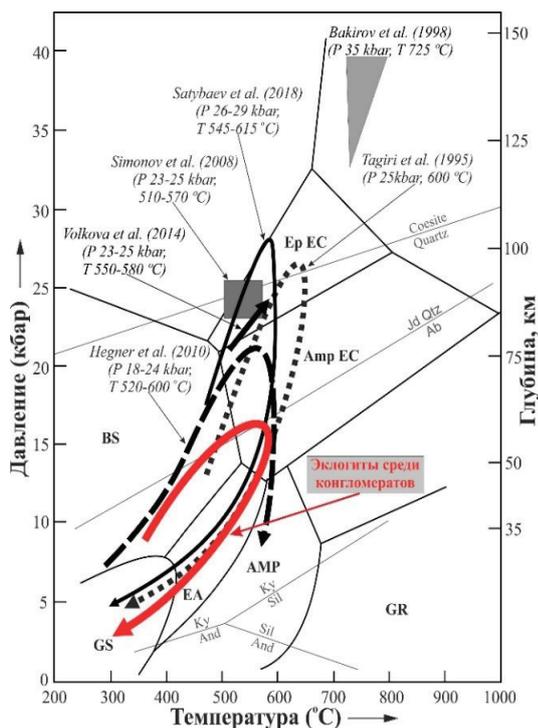


Рисунок 5.  $P$ - $T$  условия эклогитов из конгломератов. Минеральная реакция  $Ab = Jd + Qtz$  по [16].

**Выводы.** Исходя из вышеизложенного можно заключить, что эклогиты в конгломератах состоят в основном из граната, омфацита, эпидота, глаукофана, хлорита, белой слюды, кварца и акцессорных минералов. Протолитами эклогитов являются базальты океанических островных дуг и срединно-океанических хребтов (MORB). Эклогиты в конгломератах ис-

пытали прогрессивный метаморфизм в эпидот-глаукофан-сланцевой фации до высоких давлений ( $T = 490\text{--}590\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $P = 15$  кбар) эклогитовой фации, с последующей ретроградной стадией в зеленосланцевой фации. Полученные  $P$ - $T$  условия формирования эклогитов в конгломератах схожи с эволюцией эклогитов чолокторского подкомплекса.

### Литература

1. (U)HP террейны Тянь-Шаня [Текст] / А.Б. Бакиров [и др.]. – Б.: Илим, 2017. – 232 с.
2. Бакиров А. Б. Геологическая карта Центральной части Атбашинского хребта в масштабе 1:50 000 [Карта] / А.Б. Бакиров, А.Р. Балбачан, Л.С. Котова // Институт геологии АН Киргизской ССР. – 1984.
3. Сатыбаев М. М. Метаморфизм пелитовых сланцев атбашинского и чолокторского комплексов, Южный Тянь-Шань [Текст] / М.М. Сатыбаев [и др.] // Известия НАН КР. – 2019. – № 3. – С. 68-75.
4. Satybaev M. M. Petrology of metamorphic rocks from the Atbashi Complex, southern Tien-Shan, Kyrgyzstan [Текст] / М.М. Satybaev [и др.] // Geoscience Frontiers. – 2018. – № 9. – С. 1795-1807.
5. Бакиров А. Б. Породы метаморфических фаций сверхвысоких давлений в Тянь-Шане [Текст] / А.Б. Бакиров, М. Тагири, К.С. Сакиев // Геология и геофизика. – 1998. – Т. 39, – № 12, – С. 1722-1732.
6. Tagiri M. Mineral parageneses and metamorphic P-T path of ultrahigh-pressure eclogites from Kyrgyzstan, Tien-Shan [Текст] / М. Tagiri [и др.] // The Island Arc. – 1995. – № 4. – С. 280-292.
7. Бакиров А. Б. Особенности строения и условия формирования эклогитоносных метаморфических формаций Тянь-Шаня [Текст] / А.Б. Бакиров // Кристаллическая кора в пространстве и времени – метаморфические и гидротермальные процессы. – М.: Наука, 1989. – С. 193-203.
8. Hegner E. Mineral ages and P-T conditions of Late Paleozoic high-pressure eclogite and provenance of mélangé sediments from Atbashi in the south Tianshan orogen of Kyrgyzstan [Текст] // E. Hegner [и др.] // American Journal of Science. – 2010. – № 310. – С. 916-950.
9. Simonov V.A. Conditions of formation of the Atbashi Ridge eclogites (South Tien-Shan) [Текст] / V.A. Simonov [и др.] // Russian Geology and Geophysics. – 2008. – № 49. – С. 803-815.
10. Cox K. G. The Interpretation of Igneous Rocks [Текст] / K. G. Cox, J.D. Bell, R. J. Pankhurst // George Allen & Unwin, London. – 1979. – С. 450.
11. Jensen L. S. A New Cation Plot for Classifying Subalkaline Volcanic Rocks [Текст] / L. S. Jensen // Ontario Geological Survey Miscellaneous Paper. – 66. – 1976.
12. Meschede M. (1986). A Method of Discrimination between Different Types of Mid-Ocean Ridge Basalts and Continental Tholeiites with the Nb–Zr–Y Diagram [Текст] / M. Meschede // Chemical Geology. – 1986. – № 56. С – 207-218.
13. Boynton W. V. Geochemistry of the rare-earth elements: meteorite studies [Текст] / W.V. Boynton // Rare earth element geochemistry: Изд-во Elsevier, 1984. – С. 63-114.
14. Ellis E. An experimental study of the effect of Ca upon garnet-clinopyroxene Fe-Mg exchange equilibria [Текст]. / E. Ellis, D. Green // Contributions to Mineralogy and Petrology. – 1979. – № 71. – С. 13-22.

15. *Powell R.* Regression diagnostic and robust regression in geothermometer/geobarometer calibration: the garnet-clinopyroxene geothermometer revisited [Текст] / R. Powell // *Journal of Metamorphic Geology.* – 1985. – № 3. – С. 231-243.

16. *Holland T. J. B.* Experimental determination of the activities in disordered and short-range ordered jadeitic pyroxenes [Текст] / T.J.B. Holland // *Contributions to Mineralogy and Petrology.* – 1983. – № 82. – С. 214-220.