

УДК 552.31 (477.63)

Е.А. Кулиш, В.В. Покалюк, В.Г. Яценко

ПЕТРОХИМИЯ ТАЛЬКОВОГО ГОРИЗОНТА КРИВОРОЖСКОЙ СЕРИИ

Проведена петрохимическая типизация метаэффузивных, метасадочных, метасоматически измененных пород, связанных с тальковым горизонтом Кривбасса. Оценена роль различных геохимических процессов при формировании пород и породных парагенезов. Определена принадлежность метавулканогенных ультрамафитов к перидотитовым коматиитам особого структурного типа, отличного от коматиитов рифтогенных зеленокаменных структур докембрия. Предложены уточнения и изменения стратиграфической позиции и статуса ультрамафитов талькового горизонта Кривбасса.

E-mail: skan@i.com.ua

Введение. Особое положение в разрезе криворожской метаморфической серии раннего докембрия Украинского щита (УЩ) занимает толща пород, именуемая тальковым или карбонат-тальковым горизонтом, стратиграфически приуроченная к границе скелеватской (нижней терригенной) и саксаганской (железородной) свит. Толща специфична и уникальна не только для Кривбасса, но и для Кременчугского района и района Правобережных магнитных аномалий, где имеются литолого-стратиграфические аналоги этих пород.

Сведения об этой толще разобщены во многих публикациях и имеют преимущественно отрывочный характер. Наиболее полная характеристика этих пород осуществлена Ю.Ир. Половинкиной [23].

Генетическая, геотектоническая и структурно-формационная природа талькового горизонта до сих пор дискуссионны. Кроме наиболее распространенного представления об эффузивной природе этих пород [23], существует мнение об их внутрислоевом интрузивном генезисе [8, 9, 20], а также об их осадочно-метасоматической природе [12, 13, 24, 25, 30].

Выяснение генетических особенностей и структурно-тектонической позиции талькового горизонта имеет важнейшее значение для понимания геологической истории развития Кривбасса в раннем докембрии, эволюции его геоструктуры и процессов накопления осадочных и вулканогенных пород, в том числе формирования мощных толщ железистых кварцитов.

История изучения. Впервые тальковый сланец Криворожского бассейна был описан П.П. Пятницким (1898) в работе "Геологическое исследование кристаллических сланцев степной полосы юга России". До начала 50-х гг. XX в. доминировала осадочно-метасоматическая концепция происхождения пород талькового горизонта Кривбасса в различных её вариантах — за счет преобразования карбонат-магниевого осадков и хлорит-амфиболовых сланцев (И.И. Танатар, 1927; Н.И. Свитальский, 1932; В.И. Лучицкий, 1939; Ю.Г. Гершойг, 1945; М.А. Линник, 1948; Н.П. Семенов, 1949). При этом в размещении тальковых пород по разрезу криворожской серии отмечался лишь один стратиграфический уровень — на границе нижней и средней свит. Указывалось также наличие тальковых сланцев в ядре Саксаганского ан-

© Е.А. Кулиш, В.В. Покалюк,
В.Г. Яценко, 2009

тиклинала, связанных с механизмом затягивания пластичных тальковых пород по зоне Саксаганского надвига [5].

В 1952—1953 гг. выходят работы А.П. Никольского [17, 18], в которых указывается на несколько стратиграфических уровней развития тальковых пород, относительное постоянство их химического состава, идентичного ультраосновным магматическим породам, широкое развитие серпентина, присутствие аксессуарных хромита, хромсодержащих слюд (хлорита, фуксита), редких реликтов магматических структур. Все это позволило относить тальковые сланцы к образованиям, возникшим за счет метаморфизма ультраосновных магматических пород. При этом А.П. Никольский склоняется к их эффузивному происхождению, хотя не исключает и силловую природу, а для небольшой части тальковых сланцев допускает происхождение за счет преобразования туфогенных пород. В северной части Саксаганского района он указывает на существование пяти пластов тальковых пород.

Силловая природа тальковых пород отстаивалась В.Н. Котляром (1952) на основании главным образом структурно-морфологических особенностей залегания, сходных с силловыми внедрениями: пластообразность, невыдержанность по простиранию, приуроченность тальковых пластов к разным, хотя и близким стратиграфическим уровням Криворожской толщи (прослаиваются сланцами 1-го сланцевого горизонта, встречаются среди филлитов и аркозов). В Тарапако-Лихмановском районе он отмечает три тальковых горизонта, в районе Драгожилки — четыре, у с. Скелеватка даже в естественных обнажениях совершенно ясно усматриваются не менее двух тальковых горизонтов, разделенных филлитами. Кроме того, отмечены сохранившиеся признаки магматических пород, такие как широкое распространение серпентина, реликтовые порфириновые структуры и реликты незамещенного оливина, присутствие аксессуарного хромита, повышенное содержание никеля.

Наиболее полная характеристика тальковых сланцев Кривого Рога дана Ю.Ир. Половинкиной (1955). По соотношениям основных породообразующих минералов (талька, хлорита, карбоната, тремолита, пироксена, серпентина, оливина, флогопита, альбита) она выделяет 21 разновидность пород талькового горизонта: 1 — тальковые, 2 — карбонат-таль-

ковые, 3 — хлорит-тальковые, 4 — хлорит-карбонат-тальковые, 5 — тремолит-тальковые, 6 — карбонат-тремолит-тальковые, 7 — хлорит-тремолит-тальковые, 8 — карбонат-хлорит-тремолит-тальковые, 9 — хлорит-тремолитовые, 10 — карбонат-хлорит-тремолитовые, 11 — пироксен-тремолит-тальковые, 12 — оливин-пироксен-серпентин-тремолит-хлоритовые, 13 — серпентин-карбонат-тремолит-хлоритовые, 14 — флогопит-карбонат-тальковые, 15 — флогопит-карбонат-хлорит-тальковые, 16 — флогопит-карбонат-хлорит-тремолит-тальковые, 17 — флогопит-тремолитовые, 18 — альбит-карбонат-тальковые, 19 — альбит-тальк-тремолитовые, 20 — альбит-флогопит-карбонатные, 21 — альбит-флогопит-карбонат-хлоритовые. Эти ассоциации подразделяются на три группы по степени метаморфизма от низко- к более высокотемпературным. В первую группу входят парагенезисы 1—4 (с тальком, карбонатом и хлоритом), во вторую — парагенезисы 5—11 (добавляется тремолит, иногда полностью вытесняющий тальк), в третью — парагенезисы 11—13 (содержат реликты оливина и пироксена). К четвертой группе отнесены породы с наложенным калиевым метасоматозом в виде флогопитизации и натровым метасоматозом в виде альбитизации (парагенезисы 14—21). Наиболее распространены породы первой группы, менее — второй. Породы с реликтами оливина и пироксена наблюдаются только в Анновском районе, где степень регионального метаморфизма повышена и соответствует эпидот-амфиболитовой фации. Флогопитизированные и альбитизированные породы встречаются локально в участках развития щелочного метасоматоза.

Мощность горизонта непостоянна и колеблется от 10—20 м до 100 и более. Тальковые и сопряженные с ними сланцы залегают в виде нескольких (2—4) пластов (потоков), несколько различающихся по составу и мощности. Указанные пласты разделены сланцами так называемого филлитового горизонта нижней (скелеватской) свиты или первого сланцевого горизонта средней (ныне саксаганской) свиты. Местами по простиранию тальковые породы сменяются указанными выше сланцами. В самих пачках тальковых пород отмечаются линзы и прослоечки карбонатных пород. Характерна быстрая смена различных типов пород (фаций) в вертикальном и горизонталь-

ном направлениях. Ю.Ир. Половинкина указывает, что тальковые сланцы, хотя и занимают определенное стратиграфическое положение на границе нижней (скелеватской) и саксаганской свит, они могут встречаться и в других частях разреза криворожской серии, в том числе и около железистых кварцитов средней (саксаганской) свиты и в верхней (гданцевской) свите. Все петрографические, петрохимические, геологические и иные характеристики, по ее убеждению, указывают, что рассматриваемые породы имеют эффузивное происхождение, т. е. это ультраосновные эффузивы, залегающие в виде нескольких покровов небольшой мощности. Доказательством эффузивной природы этих пород служит наличие в них реликтовых структур вулканитов (бесструктурный или микролепидобластовый хлоритовый базис, образованный при перекристаллизации стекловатого матрикса эффузивов; реликты и теневые формы идиоморфных порфириновых вкрапленников оливина в хлоритовом базисе), а также наличие миндалекаменных текстур и химического состава, близкого к пикритам и пикритовым базальтам.

В.С. Домарев (1955), сопоставляя спектральные анализы тальковых сланцев из разных районов Северного Криворожья, отмечал высокое содержание в них Sr (0,1—1,0 %), Ni и Co (0,01—0,1 %). Это приводит его к выводу о вероятном происхождении тальковых сланцев за счет эффузивов. Тальковые же сланцы с пониженным содержанием Sr, Ni, Co могли образоваться, по его мнению, и в результате преобразования доломитов.

К.Ф. Щербакова и В.Ю. Фоменко (1959) выделяли среди тальковых сланцев два генетических типа: 1) тальковые сланцы, образовавшиеся в результате метаморфизма эффузивных пород, занимающие вполне определенное стратиграфическое положение — на контакте пород нижней и средней свит криворожской серии; 2) тальковые сланцы, образовавшиеся в результате оталькования железисто-магнезиальных (амфиболовых, амфибол-хлоритовых) сланцев средней свиты (в основном четвертого сланцевого горизонта). Первые характеризуются относительно постоянным химическим составом, в первую очередь по содержанию MgO (более 20 %), вторые — переменным составом при колебаниях $MgO = 1,18—20,52$ %. Эти исследователи ука-

зывают на незначительно проявленные в тальковых породах процессы альбитизации.

В.Ю. Фоменко и М.И. Черновский (1962) в коллективной монографии по Кривому Рогу [2] также разделяют тальковые сланцы на два генетических типа — метаэффузивы и оталькованные амфибол-хлоритовые сланцы средней свиты, и дают им сравнительную характеристику по значениям содержания магния и алюминия. Ими отмечены породы с реликтовыми структурами вулканитов — почти скрытокристаллические сланцы амфибол-хлоритового состава, напоминающие раскристаллизованную стекловатую основную ткань эффузивных пород. В этой же работе Р.И. Сироштан указывает (стр. 194), что иногда талькосодежащие сланцы подвергнуты щелочному метасоматозу как калиевому, так и натриевому. При первом в этих породах развивается буровато-зеленый флогопит, количество которого может достигать до 40 %, что наблюдается по скв. 6729 в районе Рахмановского рудника. Следствием натрового метасоматоза оказывается альбитизация тальксерцит-тремолитовых сланцев, в которых мелкотаблитчатый альбит замещает основные породообразующие минералы этого сланца.

В.Н. Кобзарь [6] выделяет на Искровском участке Западно-Анновской полосы (Северное Криворожье) четыре пласта тальковых сланцев, на участке Драгожилка — не менее пяти, которые располагаются на разных стратиграфических уровнях — как на границе скелеватской и саксаганской свит, так и внутри железорудной толщи. В работе [7] им приведены сведения о фоновом содержании в тальковых сланцах аксессуарных элементов, выявлены точки сингенетичной повышенной минерализации Ni, Co, Sr.

Таким образом, в результате проведенных в 1950—1970-х гг. работ получены неоспоримые свидетельства эффузивной природы большей части пород талькового горизонта, что признается в настоящее время большинством исследователей. Вместе с тем часть пород связана с вторичным оталькованием силикатных сланцев за счет высокого содержания магния в первичном осадке либо за счет наложенных метасоматических процессов [36].

В последние годы получены некоторые дополнительные свидетельства вулканогенного происхождения пород талькового горизонта на основании изучения состава вмещающих

их терригенных пород [22]. В составе филлитов скелеватской свиты диагностирована группа сланцев, имеющих терригенное происхождение, но по химическому составу тесно связанных с ультрамафитами. Они обогащены магнием, железом, хромом, кальцием. Прослои этих сланцев располагаются в непосредственной близости (первые метры) к тальковым пластам и образовались при смешении высокочрезрелых (глиноземистых) алевропелитов и продуктов выветривания и переотложения ультраосновных эффузивов.

Подводя итог, можно определить основные признаки, свидетельствующие о вулканогенной и вулканогенно-осадочной природе метасланцев талькового горизонта Кривбасса.

Структурные признаки. Общая структурная позиция тальковых пород в масштабе всего Кривбасса определяется приуроченностью к границе скелеватской и саксаганской свит (стратиграфический контроль), при этом они складчатые вмещающим метатерригенным породам, что свидетельствует об их исходной стратификации. Трудно себе представить внутрипластовые интрузивные внедрения, приуроченные к строго определенной стратифицированной зоне, выдерживающейся на столь значительных расстояниях (более 150 км) при средней мощности талькостержащих пород до 30 м. Эта стратиграфическая приуроченность наблюдается даже в составе отдельных изолированных друг от друга разобщенных складчатых структур (в южной части Правобережного района). Вместе с тем известно, что высокомагнезиальные ультраосновные лавы (коматититы) обладают весьма высокой текучестью и вполне могут покрывать огромные площади в связи с трещинным типом излияний и при условии выровненного рельефа территории.

Вещественные признаки. 1. Несмотря на рассланцевание в породах сохраняются реликтовые структуры эффузивных пород — тонкочешуйчатый или даже бесструктурный плохо раскристаллизованный тальк-хлоритовый базис, образованный по стекловатому матриксу эффузивов, вмещающий теньевые реликты порфировых выделений оливина, а также четко проявленные миндалекаменные текстуры [23, 35]. 2. В ассоциации с тальковыми породами, часто в непосредственном с ними переслаивании находятся терригенные сланцы (с окатанными кластогенными зернами рутила), несущие

петрохимическое влияние ультраосновного вулканизма (обогащенность железом, магнием, хромом, кальцием) [16, 22]. Содержание хрома в них достигает 0,3 %. По степени обогащения этими элементами среди сланцев устанавливается непрерывный петрохимический ряд от высокомагнезиально-железистых до высокочрезрелых (глиноземистых) метасланцев. В песчаных и филлитовых прослоях, перемежающихся с тальковыми сланцами, установлены акцессорные обломочные зерна хромита и сопровождающего его хроммусковита (фуксита) [33]. Выход хромита в тяжелой фракции достигает в отдельных пробах 15 %. Очевидно, что обломочный хромит поступал в песчаный осадок за счет размыва близлежащих ультрамафитов, а фуксит мог образоваться при метаморфизме хромосодержащих гидрослюд, сформированных при выветривании этих ультрамафитов.

Стратиграфический статус талькового горизонта. Неоднозначность генетической природы этой толщи и сложность структурно-стратиграфического положения в разрезе криворожской серии долгое время обуславливали неопределенность ее стратиграфического статуса. В разные годы эти породы относили то к нижней (скелеватской) свите [26, 29], то к железорудной саксаганской свите [1, 16], то выделяли в качестве самостоятельной единицы в ранге отдельной свиты [19]. С 1986 г. и доныне действует принятое УРМСК трехчленное деление скелеватской свиты, по которому тальковая толща классифицируется как верхняя (тальковая) подсвита скелеватской свиты (sk_3) [29].

Учитывая многопластовый характер и фациальную невыдержанность тел ультрамафитов, они не образуют в строгом смысле конкретный стратиграфический тальковый горизонт (термин имеет больше рудничный смысл, нежели стратиграфический). В силу устойчивости данного термина в Кривбассе под ним мы понимаем совокупность тальковых пластов внутри осадочной толщи.

Мощность пластов ультрамафитов талькового горизонта на большей части территории Кривбасса составляет в среднем 10—15 м, редко до 40, однако локально отмечаются раздувы до 100 м и более (рудник им. Фрунзе). Этот горизонт складчатый вмещающим породам и участвует в строении основных складчатых структур Кривбасса — Основной синклинали,

Саксаганской синклинали, Саксаганской антиклинали, Тарапако-Лихмановской антиклинали и др., а также отдельных разобнесенных синклиналичных структур Правобережного района. На отдельных участках в замковых частях складок наблюдается значительное увеличение мощностей тальковых сланцев.

В связи с многопластовостью тальковых пород, а также наличием постепенного перехода между терригенными сланцами скелеватской и саксаганской свит, точное положение границы между свитами не определено. Какая-либо маркирующая поверхность этой границы отсутствует. Относительно определены лишь подошва первого железистого горизонта саксаганской свиты и кровля песчаниковой толщи скелеватской свиты (рис. 1). Нами проанализированы изменения мощностей сланцевой толщи, ограниченной этими поверхностями [21]. Было выяснено, что указанная толща имеет выдержанную мощность примерно 150—170 м в пределах большей части Саксаганского района. Метаультрамафиты талькового горизонта внутри этой толщи приурочены в большинстве случаев к средней части ее разреза, однако могут располагаться и на других уровнях, иногда даже выше первого железистого пласта. Местами метаультрамафиты вообще отсутствуют в разрезе и происходит постепенный переход от метапелитов филлитового горизонта скелеватской свиты к метапелитам первого сланцевого горизонта саксаганской свиты. Переход выражен в изменении состава сланцев от высокоглиноземистых низкожелезистых (кварц-серицитовых) к более железистым и магнезиально-железистым (с биотитом, хлоритом, амфиболом). Мощность собственно кварц-серицитовых филлитов в нижней части сланцевой толщи составляет в среднем 70—80 м. Хотя отдельные маломощные прослои их встречаются и выше, уже в составе сланцевых горизонтов саксаганской свиты. Количество тальковых пластов составляет один—три, иногда до пяти. Стратиграфические уровни этих пластов ультрамафитов самые разные, они как бы "гуляют" по всей сланцевой толще снизу доверху между метапесчаниками скелеватской свиты и первым железистым пластом саксаганской свиты. Иногда тальковые пласты лежат прямо на метапесчаниках аркозо-филлитового горизонта. Таким образом, общий вертикальный интервал распространения пластов тальковых пород

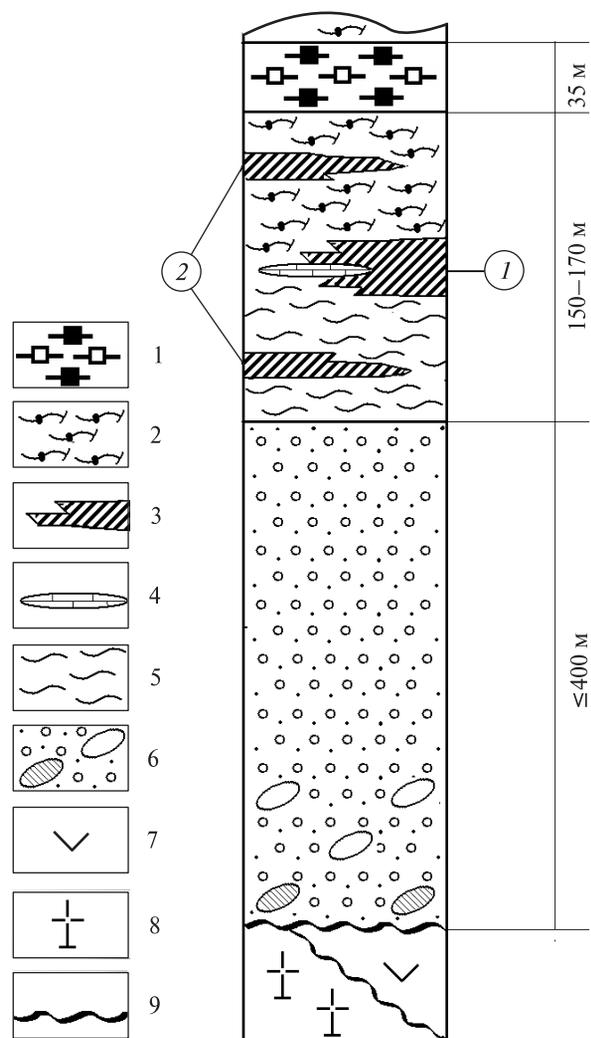


Рис. 1. Схема строения разреза нижней части криворожской серии (скелеватской и нижней части саксаганской свит) с расположением пластов вулканогенных ультрамафитов талькового горизонта в Саксаганском районе Кривбасса: 1 — первый железистый горизонт саксаганской свиты — силикатно-мартитовые роговики; 2 — первый сланцевый горизонт саксаганской свиты — сланцы кварц-биотитовые, кварц-хлоритовые, кварц-биотит-хлоритовые, хлорит-карбонатно-углистые; 3 — пластовые тела вулканогенных ультрамафитов; 4 — прослои мраморизованных доломитов; 5 — филлитовый горизонт скелеватской свиты — сланцы кварц-серицитовые, кварц-биотит-серицитовые, с примесью углистого материала; 6 — нижняя псефо-псаммитовая подсвита скелеватской свиты — метапесчаники, метагравелиты с прослоями в нижней части поли- и олигомиктовых метакогломератов; 7 — метабазиты новокириворожской свиты; 8 — архейский плагиогранитоидный фундамент; 9 — линии стратиграфических несогласий. Цифры в кружках: 1 — главный стратиграфический уровень распространения пластов ультрамафитов; 2 — второстепенные уровни

соответствует всей сланцевой толще (мощностью 150—170 м в пределах большей части Саксаганского района) между псаммитами скелеватской свиты и первым железистым горизонтом саксаганской свиты (включая филлитовый и первый сланцевый горизонты), располагаясь главным образом в пределах средней части разреза этой сланцевой толщи (рис. 1). Очевидно, что сами метавулканы как второстепенные члены внутри осадочной толщи, к тому же располагающиеся на разных стратиграфических уровнях, не могут иметь самостоятельного стратиграфического значения в ранге свиты или подсвиты, как это принято сейчас. Они могут входить лишь составной частью в объем вмещающей их терригенной толщи. По сути, в нынешнем расчленении средняя (филлитовая) и верхняя (тальковая) подсвиты скелеватской свиты дублируют друг друга, являясь по существу одной и той же толщей. Следствием такого дублирования оказывается удвоение мощности верхней части разреза скелеватской свиты в принятом УРМСК расчленении по отношению к её истинной мощности. Это вносит затруднения в общее понимание строения свиты и при нанесении геологических границ во время картографических работ. Учитывая все вышеописанные особенности строения разреза, мы предлагаем простое, на наш взгляд, решение, которое, однако, требует некоторого изменения традиционной стратиграфической схемы. Вместо ныне действующего трехчленного деления скелеватской свиты стратиграфически корректнее рассматривать двучленное деление (как это уже было ранее) с таким определением: нижняя подсвита — метапсефитопсаммитовая и верхняя подсвита — металевро-пелитовая с прослоями ультраосновных метаэффузивов и мраморизированных доломитов. Верхнюю границу скелеватской свиты более правильным было бы проводить по подошве первого железистого горизонта. При этом вся сланцевая толща, вмещающая тела ультрамафитов, будет соответствовать единой верхней подсвите скелеватской свиты. Постепенный характер изменений состава терригенных сланцев снизу вверх по разрезу этой подсвиты как раз и будет отражать ее переходный статус между грубокластическими осадками скелеватской свиты и железорудной формацией саксаганской свиты. При этом первый сланцевый горизонт саксаганской

свиты войдет составной частью в скелеватскую свиту. Такое решение потребует, однако, изменений в нумерации сланцевых горизонтов саксаганской свиты, что в силу устоявшейся рудничной номенклатуры вряд ли целесообразно. Поэтому в качестве верхней границы скелеватской свиты можно оставить кровлю главного стратиграфического уровня распространения пластов ультрамафитов, оговорив при этом, что первый сланцевый горизонт саксаганской свиты также вмещает прослой ультраосновных метаэффузивов. Скелеватская свита, таким образом, будет состоять из двух подсвит. Тальковая подсвита (а тем более свита) как таковая не нужна.

Постановка задачи. В свете современных представлений, высокомагнезиальные низкощелочные ультраосновные эффузивы (коматииты) широко распространены в составе раннедокембрийских зеленокаменных осадочно-вулканогенных комплексов. По материалам [19], основная часть пород талькового горизонта Кривбасса представляет собой метаморфизованные коматииты, среди которых преобладают перидотитовые разности; менее развиты пироксенитовые коматииты и коматиитовые базальты и еще реже — высокомагнезиальные толеиты. Можно предположить (примечание наше), что они образуют дифференцированную ультрабазит-базитовую высокомагнезиальную коматиитовую вулканическую серию, подобную развитым внутри архейских вулканогенных толщ зеленокаменных структур Среднего Приднепровья [27, 28].

В данной работе поставлена задача обобщения петрохимических материалов по талькосодержащим породам с целью их петрохимической типизации, выяснения особенностей генезиса, определения количественных соотношений между основными литотипами, изучения тенденций изменения химических свойств, оценки влияния осадочно-метасоматических процессов, связанных с коматиитовым вулканизмом, сравнения тальковых пород с известными коматиитами УЩ и других регионов, определения степени дифференцированности исходных расплавов.

Результаты. Была изучена выборка пород талькового горизонта (50 химических анализов) из опубликованных источников [2—4, 8, 17, 23, 26, 31, 35] и др. В выборку включались все разновидности талькосодержащих пород, в том числе и оталькованные силикатные слан-

цы (амфибол-хлоритовые, хлорит-амфиболовые) из сланцевых горизонтов средней свиты, выветрелые разновидности тальковых сланцев из современной коры выветривания, а также тесно ассоциирующие с тальковыми породами редкие прослои осадочных доломитов. 96 % всех анализов соответствуют главному стратиграфическому уровню развития этих пород — на контакте скелеватской и саксаганской свит. Территориально анализы охватывают весь Криворожский бассейн от Ингулецкого района на юге до Анновского — на севере, а также район Правобережных магнитных аномалий, где имеются их стратиграфические аналоги. Другие уровни тальковых пород — из верхней свиты, а также из зоны Саксаганского надвига — в данной работе не рассматриваются по причине недостатка фактического материала.

Типизация осуществлялась по методу факторного анализа (главных компонент) и кластер-анализа (полных связей) по матрице из восьми переменных — SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$, MgO , CaO , $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, п. п. п.

Общая структура петрохимических данных для всей выборки (50 проб) в координатах первых двух главных факторов показана на рис. 2.

Фактор 1 составляет 34,3 % общей изменчивости и характеризуется противостоянием главным образом магния и кремния, с одной стороны, и алюминия, железа — с другой. Если принять расположение высокомагнезиальных ультрамафитов за начало вектора, то его конец связан с нарастающим ожелезнением и увеличением глиноземистости. Дифференциация составов по этому вектору служит определяющей в данной выборке и соответствует изменениям между высокомагнезиальными ультрамафитами, с одной стороны, и железоглиноземистыми метапелитами — с другой. В генетическом смысле данный вектор обусловлен совместным влиянием нескольких процессов: 1 — метасоматического преобразования ультрамафитов (в том числе и гипергенного с последующим метаморфизмом) по линии увеличения глиноземистости и железистости; 2 — исходно магматической дифференциации ультрамафитовых расплавов по содержанию в них магния, кремнезема; 3 — осадочных процессов с накоплением железистых и железоглиноземистых пелитов, связанных с переотложением выветрелых продуктов ультраос-

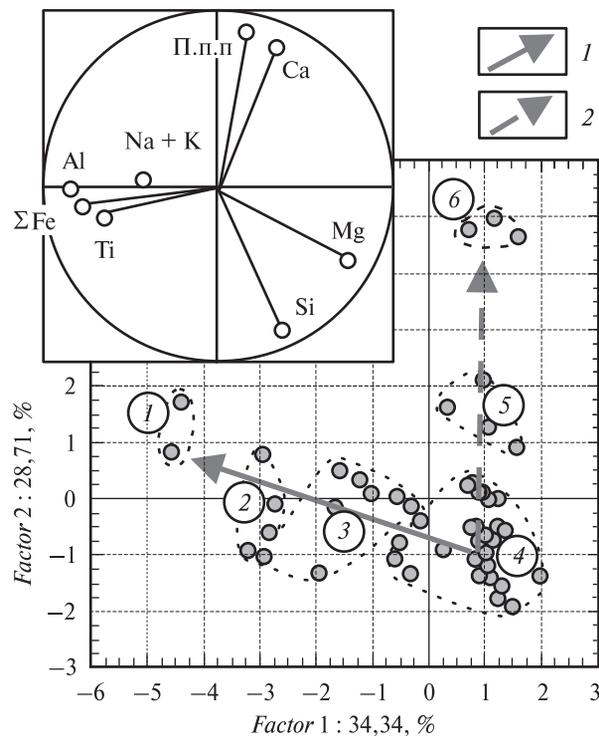


Рис. 2. Проекция переменных (оксидов) и фигуративных точек состава пород талькового горизонта Кривбасса (выборка 50 проб) на фактор-плане $F1-F2$. 1 — тренд ожелезнения и увеличения глиноземистости ("глинизации"); 2 — тренд увеличения карбонатности. $\text{Si} = \text{SiO}_2$, $\text{Mg} = \text{MgO}$ и т. п. Цифры в кружках — номера кластеров

новных пород. Из этих трех процессов роль магматической дифференциации наименьшая.

Фактор 2 отвечает за 28,7 % изменчивости выборки и показывает степень карбонатности пород (CaO и п. п. п.). В положении максимальных значений этого вектора находится небольшая группа проб осадочных доломитов, удаленная от основного роя составов. Интерпретация данного фактора предполагает влияние также нескольких процессов: 1 — в первую очередь, осадочного накопления доломитов; 2 — карбонатного метасоматоза по ультрамафитам (наложенной карбонатизации и перераспределения карбонатов); 3 — исходно магматической дифференциации ультрамафитов по содержанию кальция (незначительное влияние).

Фактор 3 составляет 12,3 % и отвечает изменениям по степени общей щелочности ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$). Вероятно, он связан с процессами наложенной альбитизации (Na_2O) и развития флогопита (K_2O), которые локально проявлены в тальковых сланцах [2, 23, 35].

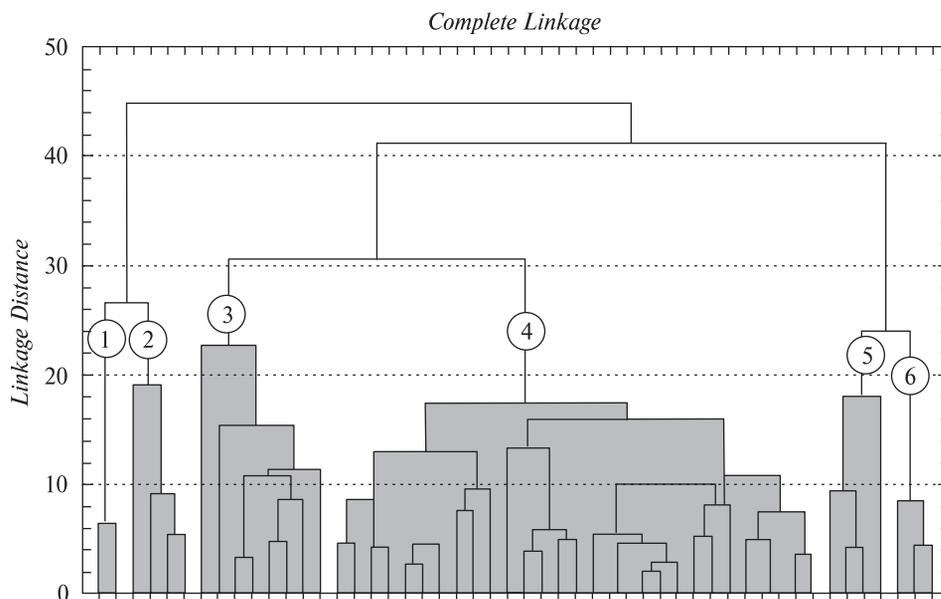


Рис. 3. Кластерная дендрограмма состава пород талькового горизонта Кривбасса. Цифры в кружках — номера кластеров

Кластер-анализ позволяет свести все разнообразие пород к шести кластерам (при оценочном расстоянии 20 ед. (рис. 3), которые идентифицируются следующим образом.

Кластер 1. Железо-глиноземистые пелиты и сланцы. Характеризуются низким содержанием MgO (0,6—1,2 %), повышенным значением общей железистости (22—24 %) и высоким содержанием глинозема (25—28 %). В этот кластер вошли всего два анализа (4 % от всей выборки). Первый анализ — незначительно оталькованный хлорит-амфиболовый сланец средней свиты и второй — интенсивно выветрелая глинисто-охристая порода из современной коры выветривания тальковых сланцев. Большое сходство их химического состава говорит о том, что метаморфизованные терригенные породы, такие как хлорит-амфиболовые сланцы средней свиты, могли сформироваться при метаморфизме продуктов выветривания и переотложения базит-ультрабазитов.

Кластер 2. Железистые сланцы (четыре пробы — 8 %). Характеризуются по отношению к составу ультрамафитов низкими значениями содержания MgO (1,7—11,2 %), повышенной глиноземистостью (11—15 %) и высокой общей железистостью (29—37 %), а также повышенной общей щелочностью (1—2,5 %). В эту группу попадают три анализа из талькового горизонта (существенно хлоритовые сланцы с тальком) и один из саксаганской свиты (оталькованный амфибол-хлоритовый сланец). Химический состав пород несет черты

как осадочных железистых пелитов, образованных при выветривании и переотложении базит-ультрабазитов, так и самих вулканитов, претерпевших достаточно интенсивные дометаморфические гипергенные изменения (*in situ*) и впоследствии при метаморфизме приобретших почти аналогичный состав с терригенными породами. Отмеченные в двух образцах реликтовые миндалекаменные текстуры и тонкокристаллический хлоритовый матрикс свидетельствуют о том, что, по крайней мере, часть из этих пород относится к измененным (*in situ*) эффузивам.

Два первых кластера близки между собой, при этом сильно удалены от главного роя составов. На дендрограмме они объединяются вместе в один кластер (1 + 2) более высокого уровня (при оценочном расстоянии ≥ 26 ед.). В целом они несут петрохимические признаки в большей мере исходно осадочных пород, нежели магматических.

Кластер 3. Измененные (обогащенные железом, глиноземом) ультрамафиты (восемь проб — 16 %). На фактор-планах занимают промежуточное положение между вышеописанными кластерами (1 и 2) и почти неизменными метаультрамафитами (кластер 4), тяготея к последним. В сравнении с малоизмененными метаультрамафитами характеризуются переменным, но достаточно высоким значением MgO (12—25 %), повышенной железистостью (12—18 %) и глиноземистостью (11,5—25 %). Одна проба имеет вулканогенно-осадочное происхождение (тонкое переслаи-

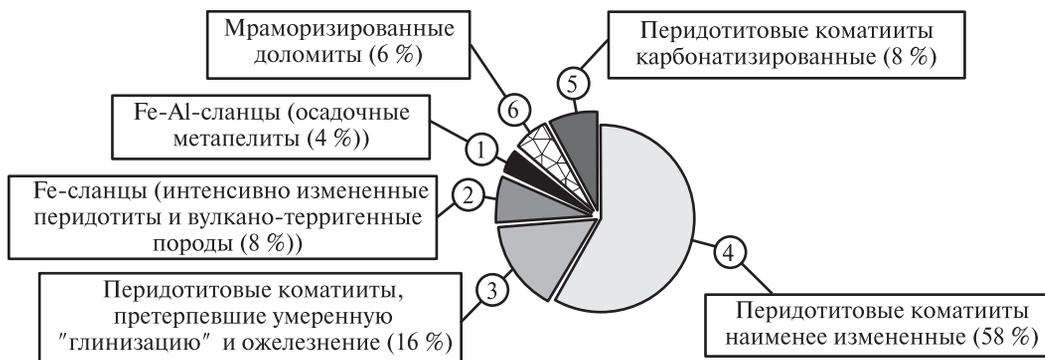


Рис. 4. Количественное соотношение между главными литолого-петрохимическими типами (кластерами) пород талькового горизонта Кривбасса

вание тальковых слоек и серицитовых, биотит-серицитовых сланцев). В этой же пробе высокое содержание K_2O (5,7 %). Четыре пробы несут на себе влияние современных гипергенных процессов (отобраны из обнажений, в том числе из глинистой коры выветривания тальковых сланцев). Невыветрелые образцы имеют различный минеральный состав: преимущественно хлорит-тальковый (с переменным количеством амфибола и карбоната), биотит-хлоритовый, существенно амфиболовый с тальком. Таким образом, в этот кластер входят породы разного генезиса (метавулканогенные, метавулканогенно-осадочные) с преобладанием измененных метавулканитов. Общее свойство пород — близость к малоизмененному составу исходных ультрамафитов.

Кластер 4. Наименее измененные (из состава исходной выборки) ультрамафиты (перидотитовые метакоматииты) составляют основной объем выборки (29 проб — 58 %). Образуют плотный рой точек, характеризуясь параметрами оксидов, свойственных перидотитам: высокая магнезиальность пород ($MgO > 20$ %), низкая общая щелочность ($Na_2O + K_2O \sim 0,4$ %), низкая титанистость ($TiO_2 \sim 0,4$ %). В связи с большим содержанием в данных метаморфизованных породах летучих компонентов (5—13 %), в первую очередь воды, параметры всех оксидов пересчитываются на сухой остаток. Эта процедура приводит к некоторому увеличению относительного содержания остальных оксидов, в особенности SiO_2 . Колебания содержания SiO_2 (после приведения к сухому остатку) в породах составляют 44—54 %, что соответствует уровню основности для основных магматитов. Однако, как показано в рабо-

те [15], такие пределы характерны для перидотитовых коматиитов мира. По систематике, предложенной в этой работе, породы относятся к ультрамафическим коматиитам (MgO — 20—40, SiO_2 — 40—53 %). Возможно, такие повышенные содержания SiO_2 по сравнению с типичными ультраосновными породами связаны с метаморфическими преобразованиями пород и широким развитием в них талька — наиболее богатого кремнеземом (SiO_2 — 60—62 %) вторичного минерала, замещающего оливин и ортопироксен. Принадлежность пород к коматиитовой серии и отличие их от более титанистых и менее кремнеземистых пикритов проиллюстрировано на диаграммах TiO_2 — MgO и SiO_2 — MgO с помощью разделительных линий по данным Е.М. Крестина [10] и Т.И. Фроловой, Н.Ф. Которгина [32]. От пород марианит-бонинитовой серии, сходной с коматиитами, они отличаются иными условиями залегания (среди протоплатформенных мелководных терригенных осадков), а также более высокими значениями TiO_2 .

Породы представлены сланцами талькового, тальк-хлоритового, хлорит-талькового состава с переменным содержанием амфибола (тремолита-актинолита) и карбоната, иногда с серпентином. Часто отмечены реликтовые миндалекаменные текстуры и теньевые реликты изометричных выделений оливина, полностью замещенных серпентином и хлоритом.

Этот кластер разделяется, в свою очередь, на несколько меньших кластеров, которые характеризуют основные петрохимические разновидности перидотитовых коматиитов в данной выборке. Можно определить две главные достаточно близкие между собой разновидности. Более подробно они будут рассмотрены ниже.

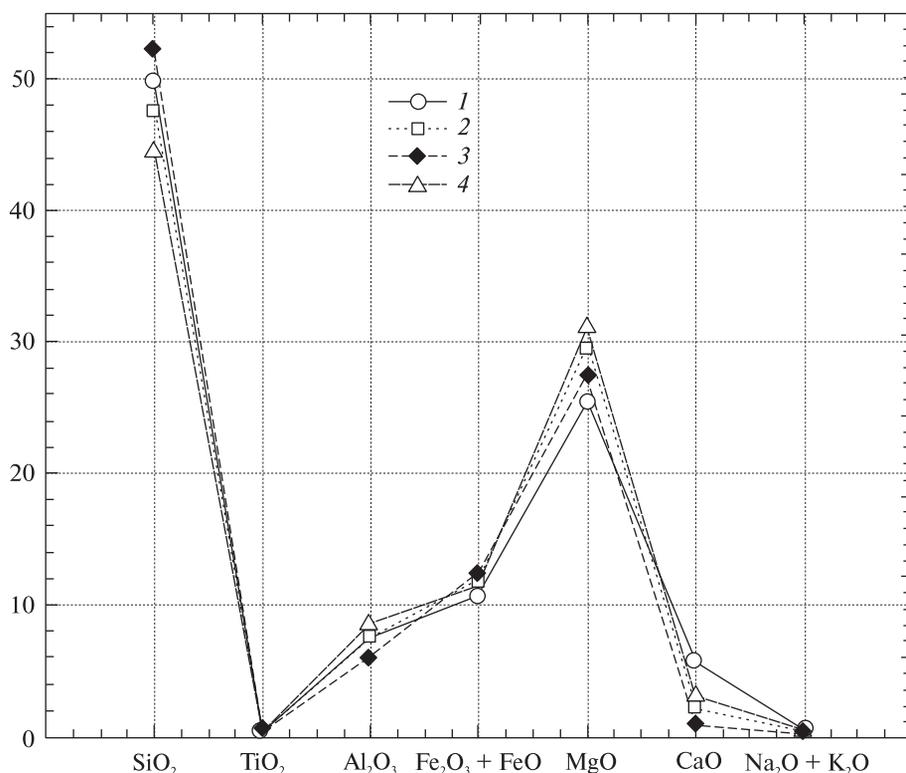


Рис. 5. Параметры поро- дообразующих компо- нентов в перidotитовых кома- тиитах талькового горизонта Кривбасса (по средним значениям кластеров). Кластер: 1 — 4/2-а, 2 — 4/1-а, 3 — 4/2-б, 4 — 4/1-б (средний состав кластера см. в таб- лице)

Кластер 5. Карбонатизированные метасульфиды (четыре пробы — 8 %) характеризуются весьма близкими параметрами оксидов по отношению к наименее измененным метасульфидам (кластеру 4), отличаясь от них повышенным содержанием CaO (6,5—17,5 %) и летучих (8—14 %).

Кластер 6. Доломиты (три пробы — 6 %) образуют значительно удаленный от основного роя кластер. Это типично осадочные метаморфизованные породы [3].

Таким образом, данные шесть кластеров характеризуют весь спектр метасадочных, метасульфидных и метасоматически измененных пород, связанных с тальковым горизонтом (рис. 4). Средние составы кластеров приведены в таблице.

Перidotитовые кома- тииты. В целом по вы- борке наименее измененных перidotитовых кома- тиитов (кластеру 4) разброс фигуратив- ных точек довольно велик, однако эти колеба- ния для большинства проб не выходят за пре- делы перidotитового состава. Наибольший разброс значений содержания обнаруживает SiO₂ (44—54 %), в меньшей мере — MgO (22— 34 %), еще менее — CaO (0,2—8 %) (рис. 5). Ус- средненные генерализованные параметры ко- лебаний основных породообразующих окси- дов хорошо иллюстрируются средними соста-

вами четырех кластеров (4/1-а, 4/1-б, 4/2-а, 4/2-б), выделяемых внутри совокупности кластера 4 (рис. 5, таблица).

Кластерный анализ показывает разделение наименее измененных перidotитовых кома- тиитов на две главные разновидности, разли- чающиеся между собой прежде всего содержа- нием SiO₂ и MgO, в меньшей мере — CaO и Al₂O₃ (таблица). Первая разновидность (кластер 4/1) более магнезиальна, но менее кремне- земиста (MgO ~30, SiO₂ ~46 %), чем вторая (кластер 4/2 — MgO ~26, SiO₂ ~50 %). По нор- мативному составу они различаются соотно- шениями оливина и гиперстена. Соотношения основных нормативных минералов для кла- стера 4/1, %: Нур — 43,3; Ол — 35,5; Пл — 17,7; Mgnt + Ilm — 2,5; для кластера 4/2: Нур — 62,2; Ол — 9,8; Пл — 23,0; Mgnt + Ilm — 3,1. Посколь- ку различия по кремнию и магнезию (главным породообразующим оксидам) имеют устойчи- вую отрицательную корреляционную связь, указанные две разновидности демонстрируют усредненный спектр (тренд) дифференциации перidotитовых кома- тиитов талькового гори- зонта (рис. 6, а). Протяженность петрохими- ческого тренда фракционирования мала и не выходит за пределы состава перidotитов. Дальнейшее разделение кластера 4 малоэф- фективно, поскольку вступает в силу разба-

лансировка по многим компонентам в результате влияния вторичных изменений при метаморфизме, погрешностей самих анализов, а также недостаточного количества проб для установления статистически значимых различий. Хотя формально кластерным анализом можно выделить еще по две разновидности (таблица), которые могли быть обусловлены различиями в составе и степени плавления исходного субстрата перидотитовых коматиитов в разных участках, отличающихся также степенью кристаллизационной дифференциации магм в глубинных и поверхностных условиях. Однако такие генетические интерпретации на данном уровне объединения петрохимических данных уже неэффективны в силу указанных выше причин. Мелкие кластеры показывают лишь генерализацию облака исходных составов. Для сопоставления с другими метаморфизованными перидотитовыми коматиитами других регионов и структур докембрия можно использовать средний состав наиболее крупных кластеров, в нашем случае это средний состав всей выборки наименее измененных перидотитовых коматиитов (кластер 4 без трех аномальных анализов — 26 проб) и двух главных разновидностей (кластеры 4/1, 4/2 — по 13 проб).

На серии бинарных диаграмм для пород коматиитовой серии [27] (рис. 6, а) составы ко-

матиитов талькового горизонта располагаются в целом в пределах генерализованных полей перидотитовых коматиитов мира, однако отличаясь пониженным содержанием СаО, что может быть объяснено вторичными преобразованиями исходных лав на позднемагматической стадии либо при метаморфических процессах. Основные тенденции дифференциации изучаемых пород также соответствуют таковым для перидотитовых коматиитов. На диаграммах СаО — MgO — Al₂O₃ и MgO — SiO₂ — ΣFeO (рис. 6, б, в) точки среднего состава главных разновидностей коматиитов талькового горизонта (4/1 и 4/2) располагаются параллельно линиям MgO — СаО и MgO — SiO₂, что определяется зависимостью от степени кристаллизационного фракционирования оливина в расплаве. Более магниевая, менее кремнеземистая и менее кальциевая разновидность (кластер 4/1) соответствует кумулатам, другая разновидность (кластер 4/2) — реститам.

В целом перидотитовые коматииты талькового горизонта Кривбасса петрохимически сходны (образуют единое поле) с перидотитовыми коматиитами Среднего Приднепровья, Карело-Финского региона, Канады, Австралии и Зимбабве, несколько отличаясь от обедненных глиноземом коматиитов Барбертона (ЮАР) и наиболее ультрамафических комати-

Средний химический состав главных литолого-петрохимических типов (кластеров) пород карбонат-талькового горизонта Кривбасса

Но- мер клас- тера	Ко- ли- че- ство проб	Химический состав (вес. % оксидов)															
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃ + FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Na ₂ O+ K ₂ O	Cr ₂ O ₃	NiO	П.п.п.	Σ
1	(2)	33,05	0,71	27,03	22,58	0,90	23,48	0,01	0,88	1,80	0,20	0,1	0,3	0,1	0,11	13,80	101,27
2	(4)	39,65	0,46	12,32	22,24	11,75	33,99	0,38	5,45	0,66	0,81	1,10	1,91	0,08	—	6,31	101,21
3	(8)	37,60	0,47	16,08	7,52	7,44	14,96	0,08	18,87	1,41	1,39	0,52	1,91	0,11	0,07	9,13	100,69
4	(26)	43,96	0,39	7,02	2,31	8,09	10,4	0,17	25,37	2,98	0,23	0,17	0,4	0,18	0,14	8,90	99,91
5	(4)	38,64	0,34	6,70	2,92	7,13	10,05	0,26	19,41	11,77	0,35	0,22	0,57	0,14	0,12	12,55	100,55
6	(3)	30,05	0,22	5,31	1,65	6,37	8,02	0,30	11,41	18,25	0,14	1,08	1,22	—	—	25,17	99,95
4	(26)	48,46	0,42	7,47	2,58	8,99	11,57	0,19	28,25	3,18	0,22	0,13	0,35	—	—	0	99,90
4/1	(13)	45,99	0,51	8,00	2,03	9,77	11,80	0,18	30,56	2,63	0,20	0,08	0,28	—	—	0	99,95
4/2	(13)	50,58	0,35	7,02	3,00	8,37	11,37	0,20	26,27	3,66	0,23	0,18	0,41	—	—	0	99,85
4/1A	(7)	47,65	0,46	7,58	—	—	12,07	0,15	29,56	2,15	0,16	0,17	0,33	—	—	0	99,94
4/1B	(6)	44,59	0,54	8,55	—	—	11,43	0,21	31,13	3,01	0,29	0,09	0,39	—	—	0	99,85
4/2A	(8)	49,72	0,37	7,48	—	—	10,69	0,18	25,44	5,62	0,29	0,19	0,48	—	—	0	99,97
4/2B	(5)	52,23	0,31	6,02	—	—	12,44	0,23	27,45	0,94	0,10	0,03	0,13	—	—	0	99,76

Примечание. Объединение проб в кластеры по методу полных связей. Жирным шрифтом показан состав кластеров наименее измененных перидотитовых коматиитов, приведенный к сухому остатку; наименования и состав кластеров см. в тексте.

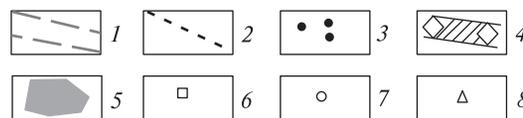
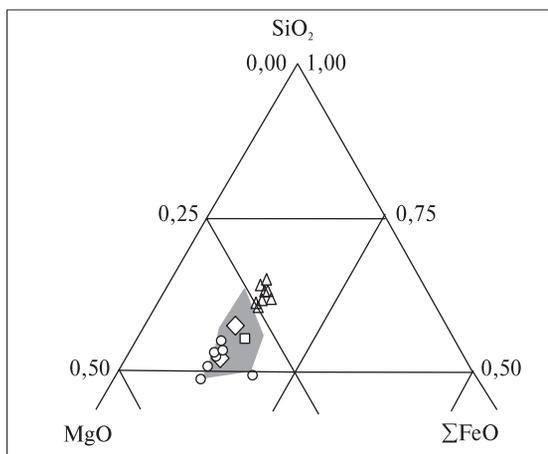
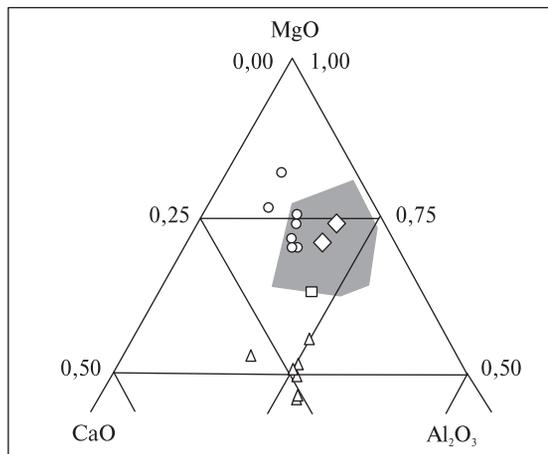
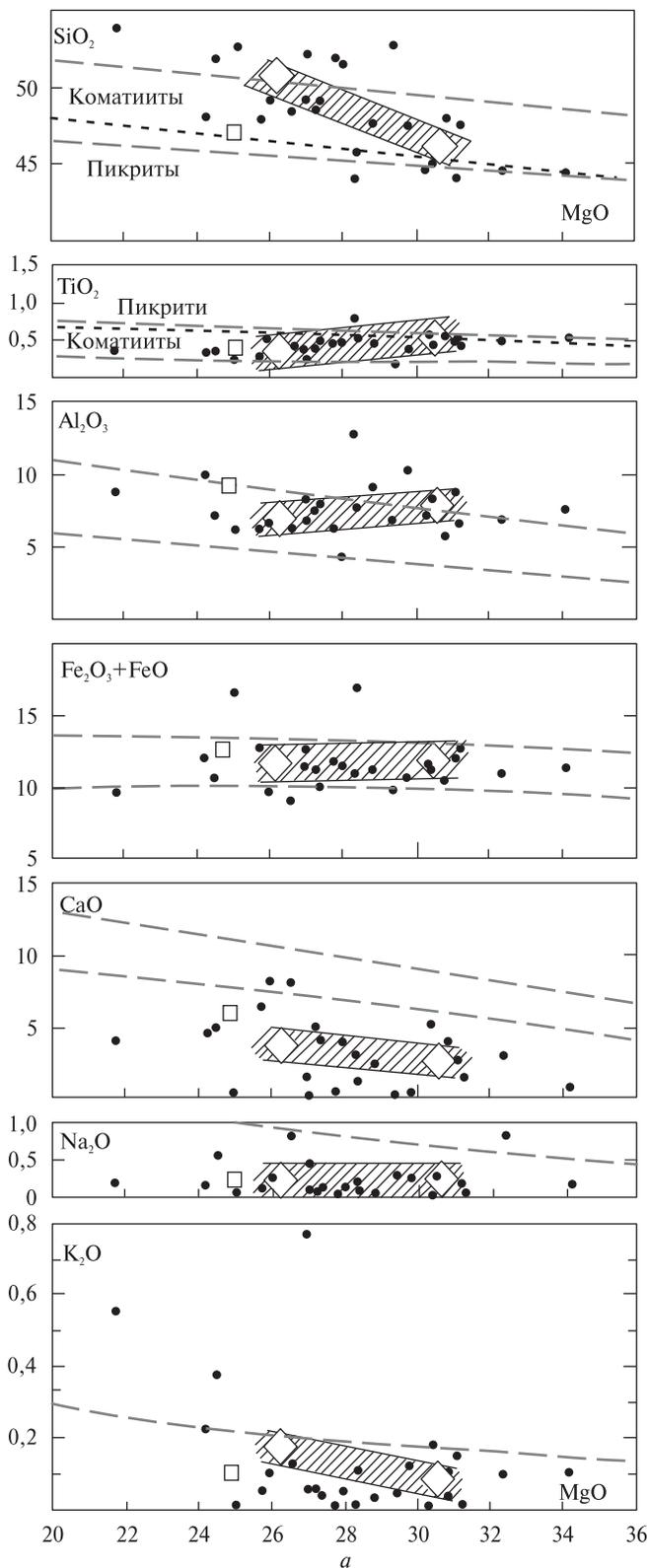


Рис. 6. Коматииты талькового горизонта Кривбасса в общей петрохимической структуре коматиитов архейских зеленокаменных поясов мира: а — на серии бинарных диаграмм; б — на диаграмме CaO — MgO — Al₂O₃; в — на диаграмме MgO — SiO₂ — ΣFeO. 1 — генерализованные поля перidotитовых коматиитов мира (по [27]); 2 — линия раздела между пикритами и коматиитами по [10, 32]; 3 — фигуративные точки состава перidotитовых коматиитов талькового горизонта Кривбасса; 4 — средний состав двух главных разновидностей перidotитовых коматиитов талькового горизонта; 5 — поле фигуративного состава перidotитовых коматиитов талькового горизонта; 6 — средний состав перidotитовых коматиитов новокриворожской свиты Кривбасса (по [11]); 7, 8 — средний состав коматиитов архейских зеленокаменных поясов мира (по [27]) (7 — перidotитовых, 8 — пироксенитовых)

коматиитов талькового горизонта и шлейф дифференциации; 5 — поле фигуративного состава перidotитовых коматиитов талькового горизонта; б — средний состав перidotитовых коматиитов новокриворожской свиты Кривбасса (по [11]); 7, 8 — средний состав коматиитов архейских зеленокаменных поясов мира (по [27]) (7 — перidotитовых, 8 — пироксенитовых)

итов КМА (рис. 6, б, в). Особенностью их по сравнению со всеми отмеченными региональными типами служит меньшее значение содержания СаО. Существенный вынос кальция с образованием вторичных карбонатов, амфиболов и др. часто наблюдается при вторичных преобразованиях вулканитов основного-ультраосновного состава.

Средний состав перидотитовых коматиитов зеленокаменного комплекса новокриворожской свиты Кривбасса (приведен в работе [11]), залегающей на более нижнем структурном и стратиграфическом этаже, сходен с составом "реститного" кластера 4/2.

Обсуждение и выводы. 1. Таким образом, несмотря на широкое разнообразие и сложность минералого-петрографических типов и ассоциаций исследуемых метаэффузивных, метаосадочных, метасоматически измененных пород талькового горизонта Кривбасса в петрохимическом отношении они представлены тремя главными типами, связанными между собой четкими тенденциями изменения химических свойств.

I. Основной объем (58 %) составляют преобразованные перидотитовые коматииты. От типичных перидотитов они отличаются повышенными значениями содержания SiO_2 и пониженными — СаО, что связано, вероятно, с вторичными постмагматическими преобразованиями. Принадлежность пород к коматиитовой серии и отличие от близких к ним пикритов определяется на основании более низких значений TiO_2 и большей насыщенности кремнеземом при равных значениях MgO.

II. Значительную часть (24 %) составляют близкие к первому типу, но измененные в еще большей степени перидотитовые коматииты, в которых изменения выражены по двум направлениям: карбонатизации (8 %) и обогащения железом и глиноземом (16 %). Оба эти направления отражают вторичные и наложенные процессы по отношению к исходным перидотитовым коматиитам и не являются следствием магматической дифференциации.

III. Меньшую часть (18 %) составляют породы, несущие петрохимические признаки осадочных пород. Часть из них являются собственно осадочными — доломиты (6 %) и некоторые оталькованные железистые и железисто-глиноземистые сланцы (4 %). Другие (8 %) относятся к интенсивно преобразованным *in situ* ультрамафитам, претерпевшим глу-

бокие изменения химического состава по типу кислотного выщелачивания в ходе современного и дометаморфического гипергенеза и приобретшим вследствие этого состав, близкий к составу осадочных пород.

2. Петрохимические исследования указывают на широкое проявление в изученных породах наложенных метасоматических процессов, в первую очередь, интенсивных преобразований по типу кислотного выщелачивания, связанных с дометаморфическим выветриванием. Главной петрохимической тенденцией, определяющей наибольшую изменчивость (дифференциацию) состава всех пород карбонат-талькового горизонта (исходных перидотитовых коматиитов и связанных с ними осадочных и измененных пород) является вектор увеличения железистости и глиноземистости при уменьшении содержания магния и кремнезема. Он доказывает, что в данных породах происходили значительные дометаморфические преобразования по типу кислотного выщелачивания в период их накопления или дальнейшего изменения под воздействием гипергенных или других метасоматических процессов. Наиболее вероятны процессы подводного или наземного выветривания. В ходе этих процессов образовался весь спектр измененных пород — от слабоизмененных, близких к исходным перидотитам, до глубокоизмененных, близких к осадочным породам, включая также и переотложенные продукты разложения ультрамафитов.

Гораздо меньший вес в общей изменчивости составов имеет наложенная карбонатизация в результате либо карбонатного метасоматоза, либо частичного перераспределения карбоната внутри ультрамафитов при метаморфизме.

Вектор ощелачивания ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) в данной выборке петрохимически проявлен слабо. Имеются лишь единичные анализы флогопитизированных и альбитизированных проб, интерпретация которых неоднозначна. Возможно, эти процессы более широко распространены, но для их изучения необходим дополнительный объем аналитических данных.

3. Малоизмененные ультрамафиты, несмотря на вторичные изменения в соотношениях элементов и некоторую разбалансировку составов, характеризуются в целом слабой дифференцированностью и довольно близкими параметрами оксидов. Все они принадлежат к

перидотитовым коматиитам. Составы, соответствующие пироксенитовым коматиитам, коматиитовым базальтам и Mg-толеит-базальтам, не выявлены. По систематике коматиитов, предложенной Б.И. Малюком и А.А. Сивороновым [15], породы относятся к ультрамафическим коматиитам (MgO — свыше 20, SiO_2 — 40–50 %). Мафические коматииты (MgO — 10–20 %) отсутствуют. Те породы, которые имеют MgO менее 20 %, в данной выборке являются либо вторично измененными перидотитами, либо вулканотерригенными породами. Поэтому мы считаем, что отнесение части пород талькового горизонта к пироксенитовым коматиитам, коматиитовым базальтам и магний-толеитам в работе [19] не вполне обосновано. Это было сделано лишь на основании диаграммы Л. Дженсена [37], которая используется для заведомо магматических пород, но не учитывает разного рода наложенные метасоматические (в том числе гипергенные) процессы.

Незначительный разброс (ограниченный спектр) составов (в пределах перидотитовых коматиитов) свидетельствует об отсутствии существенной дифференциации как глубинной на путях транзита, так и поверхностной при извержении лав на поверхность, что согласуется с существующими моделями кристаллизационной дифференциации высокомагнезиальных (MgO — более 25 %) перидотитовых коматиитов [14, 34].

Выделяются две главные петрохимические разновидности состава, которые, наиболее вероятно, обусловлены кристаллизационной дифференциацией исходной магмы.

Химический состав коматиитов талькового горизонта Кривбасса очень сходен (общие поля) с составом перидотитовых коматиитов других регионов докембрия — Среднего Приднепровья, Карело-Финского региона, Канады, Австралии и Зимбабве, несколько отличаясь от состава обедненных глиноземом коматиитов Барбертона (ЮАР) и наиболее ультрамафических (по содержанию магния) коматиитов КМА. Характерной отличительной особенностью коматиитов талькового горизонта Кривбасса от всех вышеперечисленных коматиитов является низкое содержание CaO , связанное, вероятно, с вторичными постмагматическими преобразованиями.

4. Главное отличие коматиитов талькового горизонта Кривбасса от других перидотитовых

коматиитов докембрия заключается не в аспекте петрохимии, а в их структурно-геологическом положении. До последнего времени коматииты в докембрии описывались почти исключительно в связи с рифтогенными зеленокаменными структурами внутри сложнодифференцированных ультрабазит-базитовых, ультрабазит-базит-кератофировых полиформационных вулканогенных комплексов. И хотя Криворожская структура относится в целом к типу зеленокаменных, активный вулканизм и ярко выраженный рифтогенез характерны только для нижнего новокриворожского этапа ее развития. Коматииты талькового горизонта залегают на более высоком стратиграфическом и структурно-тектоническом этаже — среди раннепротерозойских протоплатформенных мелководных терригенных и терригенно-хемогенных комплексов. Условия залегания и парагенезис коматиитов резко отличны от классических зеленокаменных структур, сложенных вулканитами. Это составляет их главную геотектоническую и структурную специфику. Таким образом, основные признаки, отличающие их от коматиитов архейских зеленокаменных поясов, таковы: 1) залегание внутри осадочных протоплатформенных мелководных комплексов, 2) широкое территориальное распространение (более 200 км вдоль Криворожско-Кременчугской зоны) при незначительной мощности (10–40 м), 3) приуроченность к определенному близкому стратиграфическому уровню, 4) слабая дифференцированность составов, не выходящая за пределы перидотитов (отсутствие пироксенитовых коматиитов и коматиитовых базальтов). Все эти признаки позволяют предполагать для докембрия УЩ особый структурно-тектонический тип перидотитовых коматиитов, который имеет определенное сходство по структурно-геологическому положению с вулканическими пикритами активизированных континентальных платформенных областей фанерозоя. Образование этих коматиитов контролировалось протяженными (более 200 км) глубинными трансформированными разломами в стабилизированном континентальном фундаменте, уходящими на глубину более 100 км. Структурные, морфологические и петрохимические признаки свидетельствуют о быстром подъеме перидотитовой магмы из мантийных источников транзитом через всю кору без промежуточных магматических очагов ультра-

трабазит-базитового состава и без существенной дифференциации магмы на путях транспортировки и при поверхностных излияниях.

5. Палеогеографическая обстановка во время накопления коматиитов талькового горизонта определяется мелководно-бассейновыми и, частично, наземными условиями с равнинным рельефом суши и дна бассейна. Коматиитовые лавы, изливаясь в мелководном бассейне, могли захватывать и частично ассимилировать осадочный терригенный глинистый материал с формированием гибридных пород. Под действием бассейновых вод лавы подвергались активному гальмиролизу с выносом щелочных и щелочноземельных элементов. Изливаясь в пределах соседних неплененизированных континентальных участков, они покрывали большие территории в связи с трещинным типом излияний, выровненным рельефом и высокой скоростью распространения (вязкость коматиитовых лав на один-два порядка ниже базальтовых). Континентальные участки подвергались интенсив-

ному выветриванию, материал от их разрушения поступал в близлежащий мелководный бассейн. В таких условиях кроме аномально обогащенной магнием, железом, кальцием тонкой алюмосиликокластики могли отлагаться в виде линз и прослоев высокожелезисто-магнезиальные и одновременно высокоглиноземистые пелиты как продукты разложения и переотложения близлежащих континентальных ультрабазитовых покровов. В пределах отдельных отшнурованных лагун и озер несмотря на гумидный (в целом) литогенез локально могли создаваться условия для осаждения доломитов за счет активного поступления ионов кальция и магния при выветривании ультрабазитов.

6. Сами метавулканиды талькового горизонта не могут иметь самостоятельного стратиграфического ранга свиты или подсвиты в связи с многопластовостью и подчиненным количественным распространением внутри вмещающей их осадочной толщи, а могут рассматриваться лишь как ее составные элементы.

1. *Геологическое* строение и железные руды Криворожского бассейна / Под ред. Я.Н. Белевцева. — М. : Госгеол-издат, 1957. — 280 с.
2. *Геология* криворожских железорудных месторождений / Ред. кол. : Я.Н. Белевцев, Г.В. Тохтуев, А.И. Стрыгин и др. — Киев : Изд-во АН УССР, 1962. — Т. 1. — 484 с.; Т. 2. — 566 с.
3. *Дмитриев Э.В., Кохан В.Г., Малахов Ю.Г. и др.* О характеристике толщи пород нижней свиты криворожской серии // Геол. журн. — 1973. — **33**, № 4. — С. 37—42.
4. *Домарев В.С.* Некоторые данные по петрографии и геологии Северного Криворожья // Петрографический сборник. № 1. — М. : Госгеолтехиздат, 1955. — С. 43—64. — (Материалы ВСЕГЕИ. Новая сер.; Вып. 4).
5. *Каршенбаум О.П., Кулишов М.П.* До питання про талько-карбонатний горизонт Криворіжжя // Геол. журн. — 1953. — XIII, вип. 4. — С. 83—85.
6. *Кобзарь В.Н.* Про стратиграфічне і структурне положення метаморфічних порід Західної Аннівської смуги Північного Криворіжжя // Там же. — 1963. — **XXIII**, вип. 1. — С. 65—73.
7. *Кобзарь В.Н.* Поширення акцесорних елементів у метаморфічних породах і мігматитах району Західної Аннівської смуги Північного Криворіжжя // Там же. — 1968. — **XXVIII**, вип. 3. — С. 84—94.
8. *Кобзарь В.Н.* Генезис тальковых сланцев Западно-Анновской полосы Северного Криворожья // Петрология докембрия Русской платформы. — Киев : Наук. думка, 1970. — С. 369—375.
9. *Котляр В.Н.* О происхождении пород талькового горизонта Криворожской толщи // Докл. АН СССР. Нов. сер. — 1952. — **LXXXIII**, № 1. — С. 139—140.
10. *Крестин Е.М.* Проблемы образования и эволюции ультраосновных магм (по результатам изучения коматиитов зеленокаменных поясов архея) // Мантийные ксенолиты и проблема ультраосновных магм. — Новосибирск : Наука, 1983. — С. 114—121.
11. *Кулиш Е.А., Покалюк В.В., Яценко В.Г., Великанова О.Ю.* Вулканизм и седиментогенез зеленокаменного этапа раннедокембрийской истории Кривбасса. — Киев : Салютис, 2008. — 146 с.
12. *Линник М.А.* Петрогенезис талькового горизонта Кривого Рога // Науч. зап. Днепропетр. гос. ун-та. — 1948. — **XXXI**. — С. 23—26.
13. *Луцицкий В.И.* Стратиграфия докембрия Украинского кристаллического массива // Стратиграфия СССР. Т. 1. — Изд-во АН СССР, 1939. — С. 81—161.
14. *Малюк Б.И., Золотухин В.В.* Роль фракционирования в петрогенезисе коматиитовых магм. 2. Фракционирование в глубинных условиях // Геология и геофизика. — 1988. — № 1. — С. 49—59.
15. *Малюк Б.И., Сиворонов А.А.* К вопросу систематики коматиитов // Там же. — 1984. — № 1. — С. 62—69.
16. *Назаров П.П.* До питання про походження порід талькового горизонту та їх місце в розрізі криворізької серії // Геол. журн. — 1960. — **XX**, вип. 2. — С. 66—69.

17. *Никольский А.П.* О тальковых сланцах и серпентинитах северной части Саксаганской полосы Криворожья // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1952. — № 3. — С. 130—135.
18. *Никольский А.П.* Новые данные о докембрии Кривого Рога // Тр. лаб. геологии докембрия АН СССР. — 1953. — Вып. 2. — 73 с.
19. *Паранько И.С., Михницкая Т.П.* Этапы геологического развития и стратиграфия Криворожской структуры / АН УССР. Ин-т геол. наук. — Препр. — Киев, 1991. — 56 с.
20. *Паранько И.С., Решетняк В.В., Змиевский Г.Е. и др.* К вопросу о стратиграфическом расчленении метаморфизованных вулканогенно-осадочных отложений Криворожской структуры // Геол. журн. — 1991. — № 4. — С. 46—58.
21. *Покалюк В.В., Кулиш Е.А.* Геология и литогенез досаксаганских метаморфических комплексов Криворожского железорудного бассейна. — Киев : Логос, 2004. — 245 с.
22. *Покалюк В.В., Яценко В.Г.* К проблеме петрогенезиса карбонат-тальковой толщи Кривбасса // Доп. НАН України. — 2008. — № 1. — С. 110—114.
23. *Половинкина Ю.Ир.* Тальковые сланцы Кривого Рога, их генезис и стратиграфическое положение // Петрогр. сб. — 1955. — № 11, вып. 4. — С. 5—42.
24. *Свитальский Н.И. и др.* Железорудное месторождение Кривого Рога // Тр. Всесоюз. геол.-развед. об-ния НКТП СССР. — М.; Л., 1932. — Вып. 153. — 274 с.
25. *Семенов Н.П.* Структура кристаллического массива Среднего Приднепровья. — Киев : Изд-во АН УССР, 1949. — 111 с.
26. *Семенов Н.П., Полово Н.И., Грицков Я.М. и др.* Геология железисто-кремнистых формаций Украины. — Киев : Изд-во АН УССР, 1959. — 688 с.
27. *Сиворонов А.А., Малюк Б.И., Смоголюк А.Г., Бобров А.Б.* Коматииты зеленокаменных поясов Среднего Приднепровья. 2. Петрохимические особенности // Бюл. МОИП. Отд. геол. — 1989. — **64**, № 1. — С. 101—115.
28. *Сиворонов А.А., Смоголюк А.Г., Малюк Б.И., Бобров А.Б.* Коматииты зеленокаменных поясов Среднего Приднепровья. 1. Петрография // Там же. — 1988. — **63**, № 5. — С. 88—97.
29. *Стратиграфические* схемы докембрийских и фанерозойских образований Украинского щита для геологических карт масштаба 1 : 50000 (1 : 25000) : Объясн. зап. / Е.А. Асеева, Я.П. Билынская, Б.З. Берзенин и др. — Киев : Мингео УССР, 1986. — 122 с.
30. *Танатар И.И.* Новые горные породы и тальковые сланцы Криворожского железорудного бассейна // Инж. работник. — 1927. — № 11—12. — С. 108—125.
31. *Танатар-Бараиш З.И.* Хлориты и хлоритовые сланцы метаморфической толщи Кривого Рога // Науч. зап. Днепропетр. гос. ун-та. — 1948. — **XXXI**. — С. 37—44.
32. *Фролова Т.И., Которгин Н.Ф.* К проблеме классификации пикритов и коматиитов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. — 1986. — № 1. — С. 3—17.
33. *Ходюш Л.Я.* Про походження акцесорного хроміту в тальковому горизонті Кривого Рогу // Геол. журн. — 1953. — **XIII**, вып. 4. — С. 85—87.
34. *Шкодзинский В.С., Малюк Б.И., Сиворонов А.А.* Петрогенезис и эволюция коматиитовых магм // Геология и геофизика. — 1983. — № 9. — С. 39—47.
35. *Шербакова К.Ф., Фоменко В.Ю.* Тальковые сланцы южного района Криворожского бассейна // Сб. науч. тр. Днепропетр. НИГРИ. — М. : Госнаучтехиздат, 1959. — С. 143—153. — (Геология и горн. дело; № 2).
36. *Ярошук М.А., Бурмистрова В.В., Оноприенко В.Л.* Оталькование как одна из закономерностей развития процессов метаморфогенного рудообразования в Криворожье // Геол. журн. — 1976. — **36**, вып. 6. — С. 84—89.
37. *Jensen L.S.* A new caution plot for classifying subalkalic volcanic rocks // Ontario Div. Mines. Misc. — 1976. — P. 66.

Ин-т геохимии окруж. среды НАН и МЧС Украины, Киев

Поступила 13.03.2009

РЕЗЮМЕ. Проведена петрохімічна типізація метаефузивних, метаосадових, метасоматично змінених порід, пов'язаних з тальковим горизонтом Кривбасу. Оцінено роль різних геохімічних процесів під час формування порід та породних парагенезів. Визначена приналежність метавулканогенних ультрамафітів до перидотитових коматиїтів особливого структурного типу, які відрізняються від коматиїтів рифтогенних зеленокам'яних структур докембрію. Запропоновані уточнення й зміни стратиграфічної позиції та статусу ультрамафітів талькового горизонту Кривбасу.

SUMMARY. The petrochemical typification of metaeffusive, metasedimentary and metasomatically changed rocks connected with the talc horizon of the Kryvbass has been made. The role of different geochemical processes under the formation of rocks and rock parageneses is estimated. The belonging of volcanogenic ultramafites to peridotite komatiites of separate structural type is determined which are distinguished from the komatiites of riftogenic greenstone Precambrian structures. Specifications and modifications of the stratigraphic position and status of ultramafites of the talc horizon of the Kryvbass are proposed.