

*Н. Н. ДЖАФАРОВ<sup>1</sup>, Ф. Н. ДЖАФАРОВ<sup>2</sup>*

**МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАМАФИТОВ В ЗОНЕ  
КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КООБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ  
ДЖЕТЫГАРИНСКОГО МАССИВА (КОСТАНАЙСКОЕ ЗАУРАЛЬЕ)**

(<sup>1</sup>ТОО “Асбестовое геологоразведочное предприятие”, г. Житикара; <sup>2</sup>ТОО “Natural Resources Management”, г. Алматы)

Issues of ore formation and conservation of deposits in a process of geological development of Dzhetygarinsky massif of ultramafites in conditions of the repeated activating of a residual oceanic crust are considered. With regard to asbestos formation post ore processes, which caused destruction or substitution of chrysotile-asbestos are ascertained.

Джетыгаринский протрузивный массив ультрамафитов находится в северо-восточной части Казахстана, в одноименном рудном районе Костанайской области и приурочен к региональному разлому, который совпадает с сутурной линией [4,5].

Массив входит в состав притобольско-аккаргинского комплекса силурийско-раннедевонского возраста. Протягивается в субмеридиональном направлении на 18 км при максимальной ширине в южной части до 3 км. Залегаet среди протерозойских толщ – серицитовых, серицито-хлоритовых, кремнистых, кремнисто-углистых сланцев, известняков. С северо-запада и юго-востока массив прорывается ранне-среднекаменноугольными гранитоидами милютинского комплекса. Многочисленные дайки кислого состава этого комплекса разбили массив на многочисленные блоки. В разрезе протрузия имеет форму линзы, падающей на восток под углами 40–70° (висячий бок залегаet положе лежачего), сложена в различной степени серпентинизированными породами, которые соответствуют дунит-гарцбургитовой формации (см. табл.). Наиболее широко распространены гарцбургиты (перидотиты), дуниты встречаются ограниченно, в виде небольших тел выделяются

пироксеновые дуниты. Переход от дунитов к пироксеновым дунитам и гарцбургитам постепенный и фиксируется количеством пироксена [4].

Массив и вмещающие породы хорошо изучены с поверхности и на глубину. В его пределах и приконтактных зонах локализован ряд месторождений, часть которых возникла в стадию рифтогенеза в срединно-океанических хребтах (месторождения хромитов, асбеста, медно-никелевые проявления), часть – в стадию субдукции (месторождения нефрита и талька в серпентинитах, золота в гранитоидах) и т. д.

Месторождения полезных ископаемых, сформированные в стадию рифтогенеза и субдукции, под влиянием последующих процессов подверглись полному или частичному уничтожению, но на их месте нередко формировались новые. Изучение условий образования и геологического строения каждого из сохранившихся месторождений и обобщение данных позволяют высказать мнение по поводу модели рудообразования и сохранения месторождений в Джетыгаринском ультраосновном массиве и его приконтактных зонах (рис.1).

В девоне–карбоне рассматриваемая территория представляла собой активную окраину, что менее благоприятно для сохранения крупных рудных месторождений, образованных в условиях океанического корообразования. Джетыгаринский массив ультрамафитов, по мнению авторов, представляет собой дальнопереносной аллохтон обдукционного залегания. При транспортировке океанической коры в зону субдукции и при обдукции ее на континентальную кору дуниты, скорее, подверглись интенсивной тектонизации, поскольку они подстилают океаническую кору. Ограниченное развитие дунитов в Джетыгаринском массиве сделало маловероятным сохранение крупных месторождений хромитов, медно-никелевой минерализации.

Химический состав пород в Джетыгаринском массиве ультрамафитов, %

Компоненты	Дунит слабо серпентинизированный (среднее из 2 проб)	Серпентинит апокулитовый (среднее из 2 проб)	Гарцбургит серпентинизированный (среднее из 5 проб)	Серпентинит апогарцбургитовый (среднее из 7 проб)	Хризотил-асбест (одна проба)	Тальковые породы (среднее из 2 проб)	Нефритовид	Нефрит (среднее из 8 проб)	Родантит	Гранодиориты (среднее из 4 проб)	Дунитовый порфирит (одна проба)
SiO <sub>2</sub>	36,31	36	37,15	38,67	40,16	59,62	47,5	54,75	50,4	69,64	59,14
TiO <sub>2</sub>	0,01	Сл.	0,03	Сл.	Сл.	Не отр.	Не отр.	Не отр.		0,33	0,45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,03	1,23	1,23	1,31	0,75	1,06	0,93	1,68	7,35	15,15	16,5
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,025	0,77	0,15	0,41	0,03	0,01	0,001	0,009	0,002	0,02	0,012
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,89	2,8	3,87	3,21	0,82	3,98	5	3,39	3,67	1,41	0,07
FeO	2,52	2,79	3,18	1,98	1	Не отр.	Не отр.	Не отр.		2,36	4,08
MnO	0,002	0,09	0,0022	0,09	0,05	»	»	»		0,05	0,05
MgO	40,25	39,77	39,49	39,45	40,95	30,18	22,5	23,62	10,1	1,51	3,85
NiO	Не отр.	0,16	Не отр.	0,24	Сл.	Не отр.	0,8	Не отр.	0,003	Не отр.	Не отр.
CaO	0,81	0,88	1,96	0,75	0,84	0,58	12,9	10,74	24,4	9,71	5,5
Na <sub>2</sub> O	Сл.	Не отр.	0,05	Не отр.	Не отр.	Не отр.	Не отр.	Не отр.		2,57	6,3
K <sub>2</sub> O	»	»	0,001	»	»	»	»	»		Маг.13	1,36
SO <sub>3</sub>	0,21	0,78	0,12	0,48	0,3	»	»	»		Не отр.	Не отр.
H <sub>2</sub> O	0,45	Не отр.	0,95	Не отр.	Не отр.	0,1	»	»	0,02	Не отр.	0,10?
CO <sub>2</sub>	0,3	»	0,46	»	»	Не отр.	»	»		Не отр.	Не отр.
S	0,03	»	0,04	»	»	»	»	»		Не отр.	»
П.п.п.	13,67	14,46	11,48	13,32	14,68	» 99	3,9	3,49	1,5	1,01	»

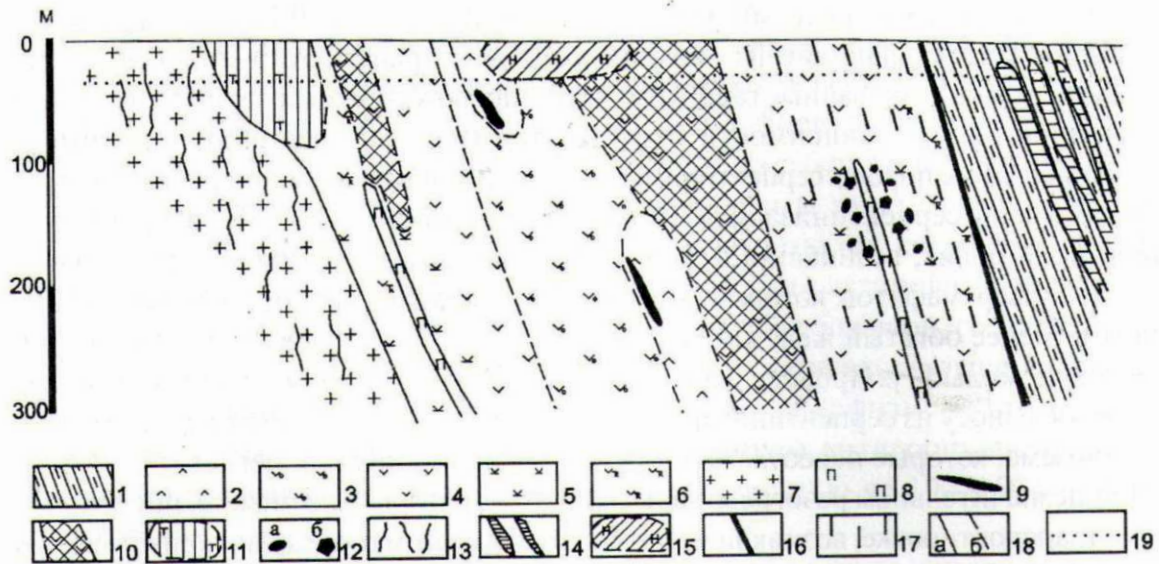


Рис. 1. Идеализированный геологический разрез Джетыгаринского ультраосновного массива: 1 – верхнепротерозойские серицито-хлоритовые, кремнисто-углистые сланцы; 2–6 – силурийско-раннедевонские дунит-гарцбургитовые породы; 2 – дуниты серпентинизированные; 3 – серпентинизированные гарцбургиты; 4–6 – серпентиниты апоперидотитовые; 4 – лизардит-хризотилловые и хризотилловые; 5 – антигоритовые; 6 – оталькованные серпентиниты; 7 – ранне-среднекаменноугольные гранитоиды милютинского комплекса; 8 – позднекаменноугольные дайки диоритовых порфиритов; 9 – линзы хромитов; 10 – рудные тела хризотил-асбеста; 11 – месторождение талька; 12 – месторождение нефрита и цветного камня; 13 – месторождение золота кварцево-жильного типа; 14 – месторождение золота прожилково-вкрапленного-сульфидного типа; 15 – месторождение силикатного кобальта-никеля; 16 – глубинный разлом; 17 – серпентинитовый меланж; 18 – контуры пород (а) и их разновидности (б); 19 – глубина развития мезозойской коры выветривания

Хромитовые руды в массиве тяготеют в основном к дунитам и аподунитовым серпентинитам и образовались, скорее всего, в ранней стадии внедрения ультрамафитов еще до их повсеместной серпентинизации. Руды представлены густо- и средневкрапленными петельчатыми хромитами с участками сплошных и нодулярных тел. Известно небольшое месторождение № 2 [3] и более 26 линз и гнезд мелких размеров (Б. А. Шкуропат, 1966, 1968).

Залежи хризотил-асбеста, их обнаружено всего девять, приурочены в основном к периферии сохранившихся при субдукции крупных ядер серпентинизированных перидотитов и серпентинитов по ним. В дунитах интенсивность асбестообразования резко уменьшается, и ухудшается качество сырья.

Установлена параболическая взаимосвязь между содержанием энстатита (бастита) и содержанием промышленной асбестоносности, которая на месторождении в основном тяготеет к гарцбургитам с содержанием энстатита (бастита) 10–20 % [8]. В пределах асбестовых залежей развиты серпентиниты, представленные в основном лизардитовыми, лизардит-хризотилловыми и хризотилловыми разновидностями. Антигоритизация развита в приконтактных зонах серпентинитов и в местах интенсивного внедрения даек гранитоидов.

Серпентинизация ультрамафитов и сопровождающий ее процесс асбестообразования происходили на океаническом дне в две стадии [4]. Первая стадия изохимическая, проявилась повсеместно за счет поровых вод при внедрении ультрамафитов в зону спрединга, она выразилась в серпентинизации с незначительным асбестообразованием. Вторая стадия – серпентинизация и асбестообразование – осуществлялась вслед за первой в результате воздействия вод извне на тектонизированные ультрамафиты и носила аллохимический характер. В процессе

аллохимической серпентинизации участвовали воды океана [2,9,10], магматические воды [9, 10]. Поступающие из верхней мантии и транспортирующиеся в зону субдукции тектонизированные гарцбургиты и сопровождающие их дуниты испытали серпентинизацию в зависимости от их тектонизации: более раздробленные и меланжированные породы серпентинизировались почти нацело, менее раздробленные были замещены серпентинизацией частично и сохранили  $\alpha$ -лизардитизированный петельчатый облик, возникший в аллохимическую стадию. При незначительном разогреве ультрамафитов, который, возможно, происходил при их транспортировке, возникли менее богатый железом  $\alpha$ -лизардит-хризотилковый ряд серпентинитов и асбестовые жилы [1]. Процесс асбестообразования с участием воды и кислорода сводился к выносу из серпентинизированных ультрамафитов избытка железа, магния и кремнезема, которые переотлагались в виде асбеста, брусита, магнетита.

При незначительном разогреве ультрамафитов, который, возможно, происходил при их транспортировке, возникли менее богатый железом  $\alpha$ -лизардит-хризотилковый ряд серпентинитов и асбестовые жилы [1]. Процесс асбестообразования с участием воды и кислорода сводился к выносу из серпентинизированных ультрамафитов избытка железа, магния и кремнезема, которые переотлагались в виде асбеста, брусита, магнетита.

Последующие геологические процессы, пострудные по отношению к асбестообразованию, происходили в физико-химических условиях, значительно отличающихся от обстановки формирования хризотил-асбеста, что приводило к его постепенному уничтожению. Одновременно формировались новые месторождения.

Внедрение гранитоидов милютинского комплекса каменноугольного возраста обусловило формирование в эндоконтактах ультраосновного массива месторождения талька. Возникновение на экзоконтакте кварцевых диоритов, внедрившихся в серпентиниты, месторождения нефрита было сопряжено с уничтожением асбестовой минерализации в прилегающих участках [5]. Сами гранитоиды несут золотую минерализацию (месторождение Джетыгаринское), не исключено, что источником золота являются вмещающие ультрамафиты, в которых отмечается повышенное содержание данного металла.

В пределах талькового месторождения, которое по масштабам оруденения и качеству сырья представляет промышленный интерес, наблюдается следующая зональность на контакте серпентинитов и гранитоидов: гранитоиды, хлоритовая зона, тальк, оталькованный хлоритизированный серпентинит и серпентиниты. Серпентиниты в экзоконтактах даек и массивов гранитоидов представлены антигоритовыми разностями. Процессы талькообразования связаны с контактовым метасоматозом, вызвавшим перекристаллизацию серпентинитов и самих гранитоидов в приконтактной зоне. Это подтверждается наличием хлоритизации, которая обеспечивает вынос кремния, необходимого для развития талька по антигориту. Источником магния служили серпентиниты. Здесь же встречаются карбонаты и другие метасоматиты (В. Г. Попов, 1965).

Месторождение нефрита локализовано в зоне серпентинитового меланжа к западу от Основной залежи хризотил-асбеста, непосредственно в приконтактной части массива. Образование нефритов генетически связано с верхнепалеозойскими (верхний карбон или нижняя пермь) дайками кварцевых диоритовых порфиритов [7]. Судя по составу они испытывали интенсивный постмагматический высокотермальный (600–700°C) метасоматоз, по сути, близкий процессу

скарнирования. В результате кальциевого метасоматоза диоритовые порфириды частично, местами полностью родингитизированы, превращены в гроссуляр-диопсидовые породы, содержащие везувиан. По мере снижения температуры привнос кальция в родингитизированных диоритовых порфиридах фиксировался в виде пренитовых кальцитовых жил. При родингитизации из субстрата выносились избытки кальция, кремнезема, фтора. Вынесенные компоненты путем инфильтрационно-диффузионного метасоматоза осаждались в экзоконтактах кварцевых диоритов, превращая приконтактные серпентиниты в нефриты актинолит-тремолитового состава. Мощность контактового метасоматоза была небольшой, составляя от 0,1–0,2 м в линейных частях контакта до 5,0–6,0 м в изгибах. Дальше контактовые процессы ограничивались лишь термальным метаморфизмом, что привело к перекристаллизации серпентинитов с образованием антигорит-лизардитовых, лизардит-антигоритовых пород и обширных (мощностью до 100–150 м) участков оталькования.

В целом метасоматическую колонну образования нефритов и цветных камней на месторождении можно представить в следующем виде: родингитизированные дайки → нефриты и нефритоиды → лизардит-энстатит-тремолитовая порода → перекристаллизованные антигорит-лизардитовые и лизардит-антигоритовые серпентиниты [7]. Поздние тектонические подвижки, проявленные сильнее всего на контактах даек и оталькованных серпентинитов, привели к интенсивному расщеплению последних и разбуриванию более жестких плотных нефритовых пород.

Внедрение тел диоритовых порфиритов, сопровождавшихся интенсивным контактовым термальным метаморфизмом, привело либо к уничтожению асбестовой минерализации, либо к образованию ломких длинных волокон асбеста, серпентиниты подверглись оталькованию и лиственитизации. На рис. 2 отчетливо видно уничтожение хризотил-асбеста в приконтактной зоне с дайками; на рис. 3 на фоне спутановолокнистого нефрита четко выделяется прозрачный волокнистый тремолит, замещавший хризотил-асбест в жилах. Эти процессы в конечном итоге привели к наблюдаемому на месторождении пространственному разобщению асбестовых руд и нефритов.

В экзоконтактах массива известны месторождения золота кварцево-жильного типа в гранитоидах, прожилково-вкрапленные сульфидные в сланцах. В процессе формирования золоторудных месторождений произошла лиственитизация ультрамафитов и последние заражены золотом, о чем свидетельствуют результаты изучения отходов обогащения руд хризотил-асбеста [6].

Завершающим этапом геологических процессов, нацеленных на уничтожение существующих на тот момент месторождений, являлось формирование мезозойской коры выветривания, которая привела, в свою очередь, к формированию силикатного кобальт-никелевого месторождения в верхней части ультрамафитового массива.

Необходимо отметить, что в ходе геологического развития в связи с неоднократной активизацией остаточной океанической коры становление и гранитизация Джетыгаринского массива ультрамафитов и всего силурийского рифтогенного комплекса являются наглядным примером формирования коры континентального типа за счет океанического. При сиализации ультрамафитов происходит привнос  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ , из рудных золота, вынос  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и воды (см. табл., рис. 4).

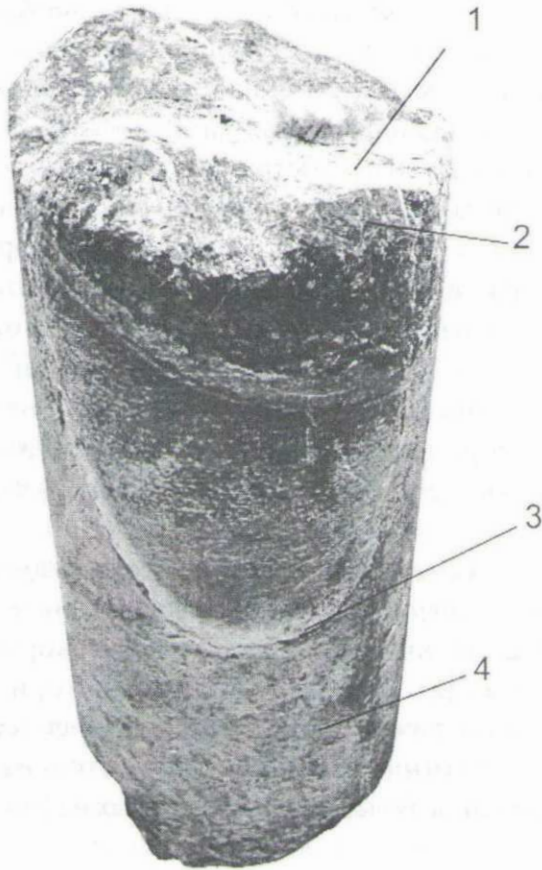


Рис. 2. Замещение жил хризотил-асбеста на контактах даек диоритовых порфиритов (залежь Основная, линия 23 + 00, образец керна, скв. 42, гор. + 35 м). 1 – жила хризотил-асбеста; 2 – серпентиниты апоперидотитовые; 3 – замещение жил хризотил-асбеста; 4 – родингиты



Рис. 3. Замещение хризотил-асбеста волокнистым тремолитом (будина №2)

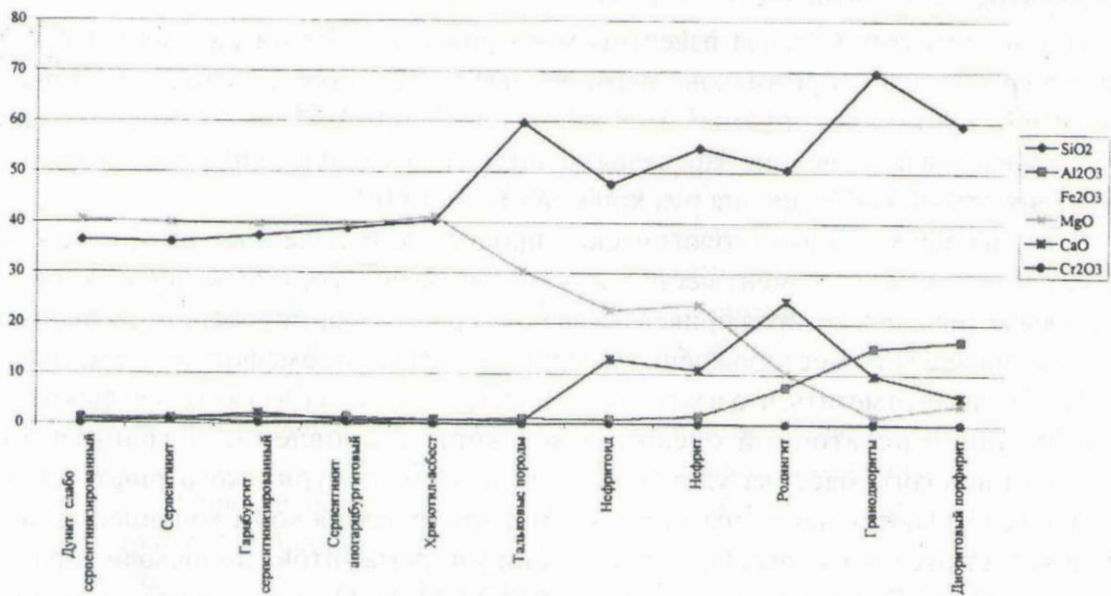


Рис. 4. Диаграмма распределения макрокомпонентов пород в Джетыгаринском массиве ультрамафитов

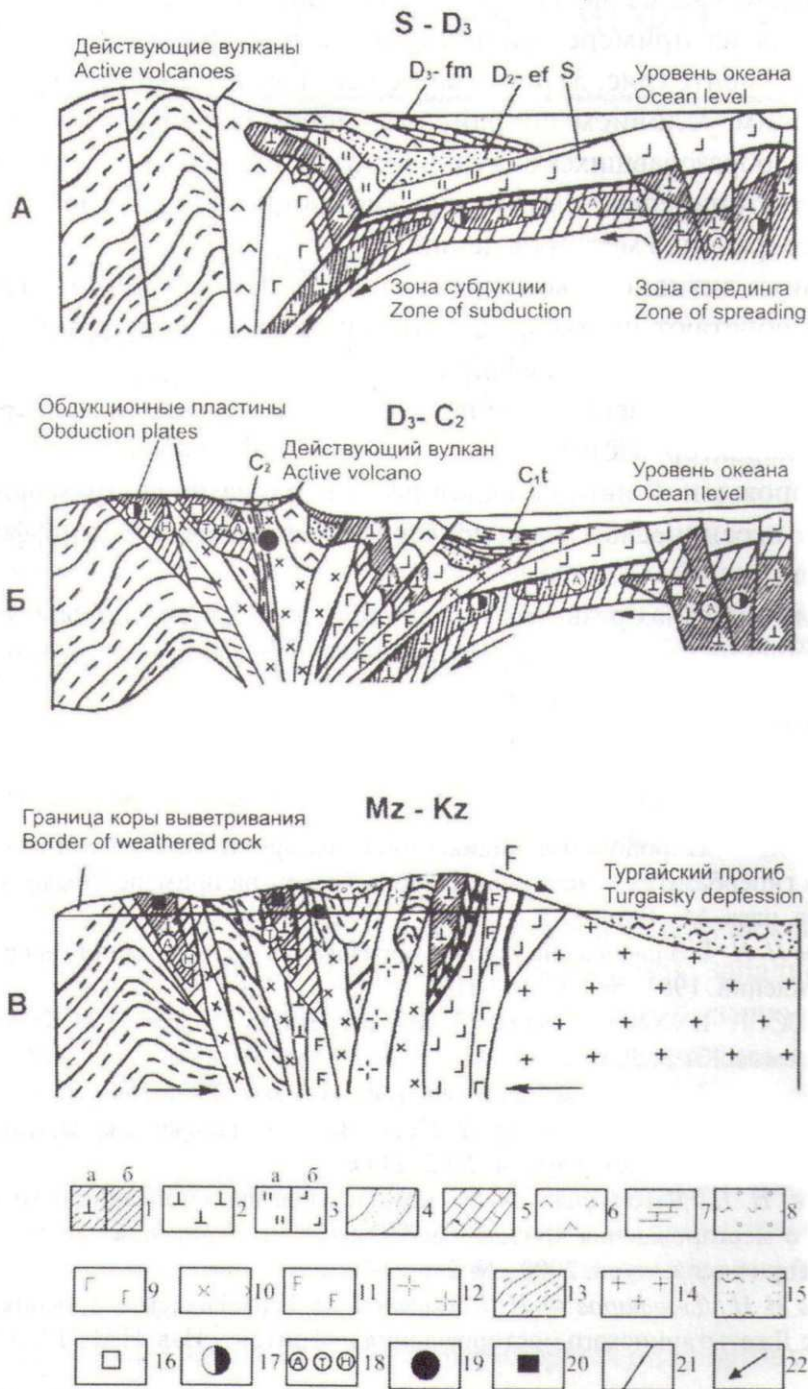


Рис. 5. Идеализированные разрезы тектонического развития Джетыгаринского рудного района (составлена по материалам В. А. Сахарова, А. М. Захарова, Ю. Г. Фалькова, А. И. Ивлева, Н. Н. Джафарова и др.): А, Б – этап спрединга и субдукции; В – этап коллизии и пенеплена; 1–3 – комплекс пород океанической коры (силур–каменноугольный): 1 – силурийские серпентинизированные ультрамафиты (а); серпентинитовый меланж (б); 2 – раннекаменноугольные ультрамафиты (аниховский комплекс); 3 – силурийские глинистые сланцы, кремни (а), спилиты (б); 4–12 – комплекс пород зоны субдукции (средний девон – каменноугольный): 4 – эйфельские обломочные породы, мергели; 5 – фаменские известняки; 6 – фамен-нижекаменноугольные андезиты; 7 – нижекаменноугольные известняки, аргиллиты; 8 – верхнепалеозойские аргиллиты и конгломераты красноцветные; 9 – позднесилурийские-раннедевонские габбро-плагииграниты (джанганинский комплекс); 10, 11 – ранне-среднекаменноугольные: 10 – диориты, гранодиориты (милютинский комплекс); 11 – габбро-диориты (соколовско-сарбайский комплекс); 12 – позднепалеозойские аляскитовые граниты (джабык-карагайский комплекс); 13, 14 – континентальная кора: 13 – верхнепротерозойские метаморфические графитистые сланцы; 14 – складчатый фундамент Торгайского прогиба; 15 – отложения мезозоя и кайнозоя; 16–20 – месторождения и рудопроявления: 16 – хрома; 17 – меди и никеля; 18 – хризотил-асбеста, талька и нефрита; 19 – золота; 20 – кобальт-никеля; 21 – разломы; 22 – направление перемещения

Таким образом, анализ эволюции металлогении в условиях континентального корообразования на примере Джетыгаринского ультрамафитового массива в одноименном сегменте (рис. 5) позволяет сделать некоторые выводы:

1. Важнейшим условием сохранения, преобразования или уничтожения месторождений, образовавшихся в океаническую стадию корообразования, являются последующие тектонические и магматические процессы, развитие которых снижает возможность сохранения месторождений.

2. В условиях активного континентального магматизма ультрамафитовые протрузии приобретают черты металлогении сиалического профиля (появление месторождений золота, талька, нефрита и пр.).

Сиализация в массиве происходит поступательно, наложенные интрузивы имеют гомодромный характер. Источником среднекислой магмы и рудного вещества поздних месторождений авторы склонны считать сами ультрамафиты и другие составляющие океанической коры, подвергшиеся плавлению и дифференциации в зоне субдукции.

3. Появление в ареалах развития ультрамафитов позднего щелочного магматизма (джабык-карагайский комплекс), вероятно, связано уже с новым этапом рифтогенеза, а не с субдукционными процессами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Варлаков А. С. Породообразующие минералы группы серпентинитов и условия их формирования в гипербазитах и месторождениях асбеста: (на примере Урала): Автореф. дис... докт. геол.-минер. наук. М., 1986. 52 с.

2. Ведерников Н. Н. Геологические условия образования месторождений асбеста // Геология рудных месторождений. 1981. № 2. С. 107-112.

3. Геология СССР. Т. XXXIV / Под ред. Г. М. Тетерева. М.: Недра, 1971. Тургайский прогиб. Полезные ископаемые. Кн. 3. 304 с.

4. Джафаров Н. Н. Хризотил-асбест Казахстана. Алматы, 2000. 180 с.

5. Джафаров Н. Н., Джафаров Ф. Н. Полезные ископаемые Джетыгаринского рудного района (Костанайское Зауралье). Алматы, 2002. 244 с.

6. Джафаров Н. Н., Джафаров Ф. Н. Комплексное использование отходов обогащения Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста как источник повышения эффективности производства // Горно-геол. журн. 2003. № 2. С. 3-7.

7. Джафаров Н. Н., Джафаров Ф. Н., Каскевич Т. М. Геологическое строение, вещественный состав и генезис Джетыгаринского месторождения нефритов // Изв. НАН РК. Сер. геол. 2004. № 1. С. 61-68.

8. Шкуронат Б. А. Влияние минерального состава руд хризотил-асбеста Джетыгаринского месторождения на технико-экономические показатели их обогащения // Роль технологической минералогии в развитии сырьевой базы СССР: Тез. докл. сессии Всес. минералог. общ. Л., 1983. С. 132 - 134.

9. Coleman R. G. Emplacement and metamorphism of ophiolites // Rend. Soc. ital. miner. et petrol. 1977. V. 33, N 1. P. 161-190.

10. Coleman R. G., Keith T. E. A chemical study of serpentinisation. Burro Mountain, California // J. Petrol. 1971. V. 12, N 2. P. 311-328.