

Кобальт

Кларк кобальта 0,003 %, коэффициент концентрации невысокий – 100.

Содержание Co увеличивается от кислых ($5 \cdot 10^{-4}$ %) до ультраосновных магматических пород примерно в 100 раз, хотя отношение Co/Ni в этом направлении уменьшается. В осадочных породах концентрация кобальта низкая и только в глинистых отложениях приближается к кларку (0,003 %, или 30 г/т), а в осадках, содержащих гидрооксиды железа и марганца, в ряде случаев достигает 0,1–2,0 %.

На магматическом этапе кобальт концентрируется совместно с никелем в тесной генетической связи с ультраосновными и основными магмами. В гидротермальном процессе он вместе с Fe^{2+} и Ni^{2+} выносится растворами в виде сульфидных, галоидных и мышьяковых комплексных соединений. В экзогенных условиях при высоком окислительном потенциале кобальт переходит в трехвалентное состояние и концентрируется совместно с марганцем в зонах окисления мышьяковых и сернистых соединений. В корках выветривания гипербазитовых массивов он аккумулируется в силикатных рудах никеля.

Кобальтин CoAsS (Co 35–41 %)

Саффлорит $(\text{Co,Fe})\text{As}_2$ (Co 28,23 %)

Кобальтистый пентландит
 $(\text{Fe,Ni,Co})_9\text{S}_8$ (Co до 3 %)

Эритрин $\text{Co}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (Co 11–29 %)

Линнеит Co_3S_4 (Co 57,96 %)

Глаукодот $(\text{Co,Fe})\text{AsS}$ (Co 23,85 %),

Скуттерудит. Бу-Аззер,
Марокко.
(Co 16–20 %)

Асболан $(\text{Co,Ni})\text{Mn}_2\text{O}_4(\text{OH})_2 \times n\text{H}_2\text{O}$ (Co до 19 %)

ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ. Значительная часть кобальта (около 70 %) используется в производстве сплавов (с Ni, W, Mo и Cr), особенно магнитных, тугоплавких и специальных. В настоящее время эти сплавы применяются в производстве реактивных двигателей, ракет, газовых турбин и атомных реакторов. Кобальт – составная часть многих жаростойких и инструментальных сталей, идущих для изготовления фрез, сверл и другого инструмента. Кобальт и его соединения используются в лакокрасочной, керамической и стекольной промышленности, а также в производстве эмалированных изделий.

Радиоактивные изотопы кобальта, в частности ^{60}Co широко применяется для выявления дефектов в металлических изделиях, в металлургии (для контроля и регулирования расплавов в печах), в геофизической аппаратуре (облучение горных пород в скважинах). В медицине ^{60}Co (кобальтовые пушки) используются для лечения злокачественных опухолей.

Мировые ресурсы кобальта оцениваются в 12,5 млн т. Большая их часть сосредоточена в латеритных никелевых (около 60 %) и стратиформных медно-кобальтовых (23 %) месторождениях.

Общие запасы кобальта в мире составляют 9,8 млн т, а подтвержденные – 4,8 млн т. Ведущее место по запасам кобальта занимает Африка: на нее приходится 38 % общих и около 50 % подтвержденных мировых запасов. Наиболее крупными держателями запасов кобальта являются Заир, Куба и Замбия.

Запасы кобальта (тыс. т) в некоторых странах

Страна	Запасы общие	Запасы подтвержден ые	Их % от мира	Среднее содержа-ние Со в рудах, %
Австралия	420	52	1,1	0,07
Ботсвана	70	56	1,15	0,06
Греция	120	90	1,9	0,04
Заир	2500	2000	41,6	0,31
Замбия	540	360	7,5	0,17
Индонезия	580	245	5,1	0,11
Казахстан	70	50	1,0	0,04
Китай	320	120	2,5	0,04
Куба	1800	1000	20,8	0,10
Нов. Каледония	860	230	4,8	0,07
П.–Нов. Гвинея	151	142	2,95	0,11
Россия	230	140	3,0	0,10

МЕТАЛЛОГЕНИЯ И ЭПОХИ РУДООБРАЗОВАНИЯ.

На ранней стадии **геосинклинального этапа** никель в небольших количествах концентрировался в **кобальтсодержащих пиритах колчеданных месторождений** и в **кобальтсодержащих магнетитах скарновых месторождений**. На средней и поздней стадиях развития геосинклиналей возникали гидротермальные месторождения кобальтовых месторождений. На стадии активизации платформ кобальт накапливался в сульфидных медно-никелевых рудах. На платформенном этапе образовывались стратиформные месторождения медистых песчаников с кобальтом, а также месторождения кор выветривания гипербазитовых массивов.

В истории развития земной коры отмечалось несколько эпох формирования кобальтовых месторождений, наиболее продуктивными из которых являлись докембрийская, мезозойская и кайнозойская. В докембрийскую эпоху сформировались крупные промышленные месторождения в Канаде (Кобальт, Садбери и др.), Замбии, Заире и Марокко. В Марокко разрабатываются месторождения Бу-Аззер и Эль-Граара. Рудные жилы этих месторождений приурочены к контакту докембрийских серпентинитов и диоритов. Кобальтовые минералы представлены кобальтином, скуттерудитом и смальтином.

В *мезозойскую эпоху* образовались месторождения в Южной Африке (Инсизва и др.) и России (Норильский рудный район, отдельные месторождения кор выветривания на Урале).

Кайнозойская эпоха ознаменовалась формированием никелевых месторождений, связанных с латеритными корами выветривания. Такие месторождения сосредоточены преимущественно на Кубе, в Новой Каледонии и Индонезии.

По разведанным данным месторождения кобальта подразделяются на **уникальные** (более 50 тыс. т), **крупные** (50–25), **средние** (25–10) и **мелкие** менее 10 тыс. т. Богатые руды содержат Со более 0,5 %, рядовые 0,5–0,1 % и бедные менее 0,1 %.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ кобальта и кобальтсодержащих руд:

- 1) магматические,
- 2) скарновые,
- 3) плутоногенные
гидротермальные,
- 4) стратиформные,
- 5) коры выветривания.

Магматические месторождения представлены сульфидными медно-никелевыми рудами ликвационного генезиса, концентрирующими кобальт. Эти руды являются комплексными и содержат относительно невысокие количества кобальта (около 0,1 % и менее). Из руд этого генетического типа извлекаются основные объемы кобальта в России, Канаде и ЮАР. **Месторождения данного типа располагаются на щитах** (Кобальт, Томпсон, Линн-Лейк и другие на Канадском щите, Мончегорское, Печенгское на Балтийском щите) **или на платформах** (Норильск-1, Октябрьское, Талнахское на Сибирской платформе; Бушвельд, Инсизва на Африканской платформе).

Скарновые месторождения представлены

кобальтсодержащими магнетитами известковистых скарнов. Они известны в Казахстане (Соколовское и Сарбайское месторождения), в России (Высокогорское и Магнитогорское на Урале; Таежное в Восточной Сибири) и в некоторых других странах.

Рудные тела залегают обычно в зоне контактов интрузивных массивов и карбонатных пород и имеют пластообразную форму, реже штоко- и столбообразную. Размеры рудных тел изменяются от первых сотен метров до 2 км по простиранию и от десятков метров до 1 км по падению при мощности от 1–5 до 200 м. Кобальт присутствует либо в виде изоморфной примеси к железу в сульфидных минералах (пирите, пирротине, арсенопирите, сфалерите, халькопирите) и магнетите, либо в виде минералов кобальта (кобальтине, линнеите, глаукодоте и др.). Кобальтоносность руд этих месторождений определяется главным образом присутствием в них кобальтистого пирита, содержащего до 1,5 % Co.

Плутоногенные гидротермальные месторождения обычно связаны с гранитоидными интрузивами, а вмещающие толщи представлены осадочными и метаморфизованными образованиями, реже скарнами и серпентинитами. В большинстве случаев рудные тела имеют форму жил и штокверков.

Месторождения кобальта этого типа распространены в Марокко (Бу-Аззер), Чехии (Яхимов), Армении (Дашкесан-Кобальт), США (Блэкбирд), Канаде (Эльдорадо), России (Ховуаксы), Австралии (Маунт-Кобальт). Среди них известны следующие рудные формации: 1) *смальтин-хлоантит-никелин-аргентитовая* (Ховуаксы, Кобальт), 2) *арсенопирит-глаукоdot-кобальтиновая* (Дашкесан-Кобальт), 3) *пятиэлементная формация Co–Ni–Bi–Ag–U* (Эльдорадо).

Типичным представителем этого генетического типа является *месторождение Ховуаксы*, расположенное в Туве. Район месторождения сложен осадочными породами кембрия и силура, представленными алевролитами и песчаниками с прослоями известняков. Породы смяты в складки и прорваны дайками различного состава. Отдельные горизонты осадочной толщи подверглись скарнированию. Оруденение связано с субмеридиональным крупноамплитудным разломом и опережающими его трещинами скола. Рудные тела представлены жилами, часто пересекающими скарны. Главные рудные минералы: никелин, смальтин, хлоантит, скуттерудит, раммельсбергит и саффлорит, жильные – кальцит и доломит. Текстуры руд полосчатые, брекчиевидные, прожилковые и вкрапленные, структуры – кристаллические, радиально-лучистые и колломорфные.

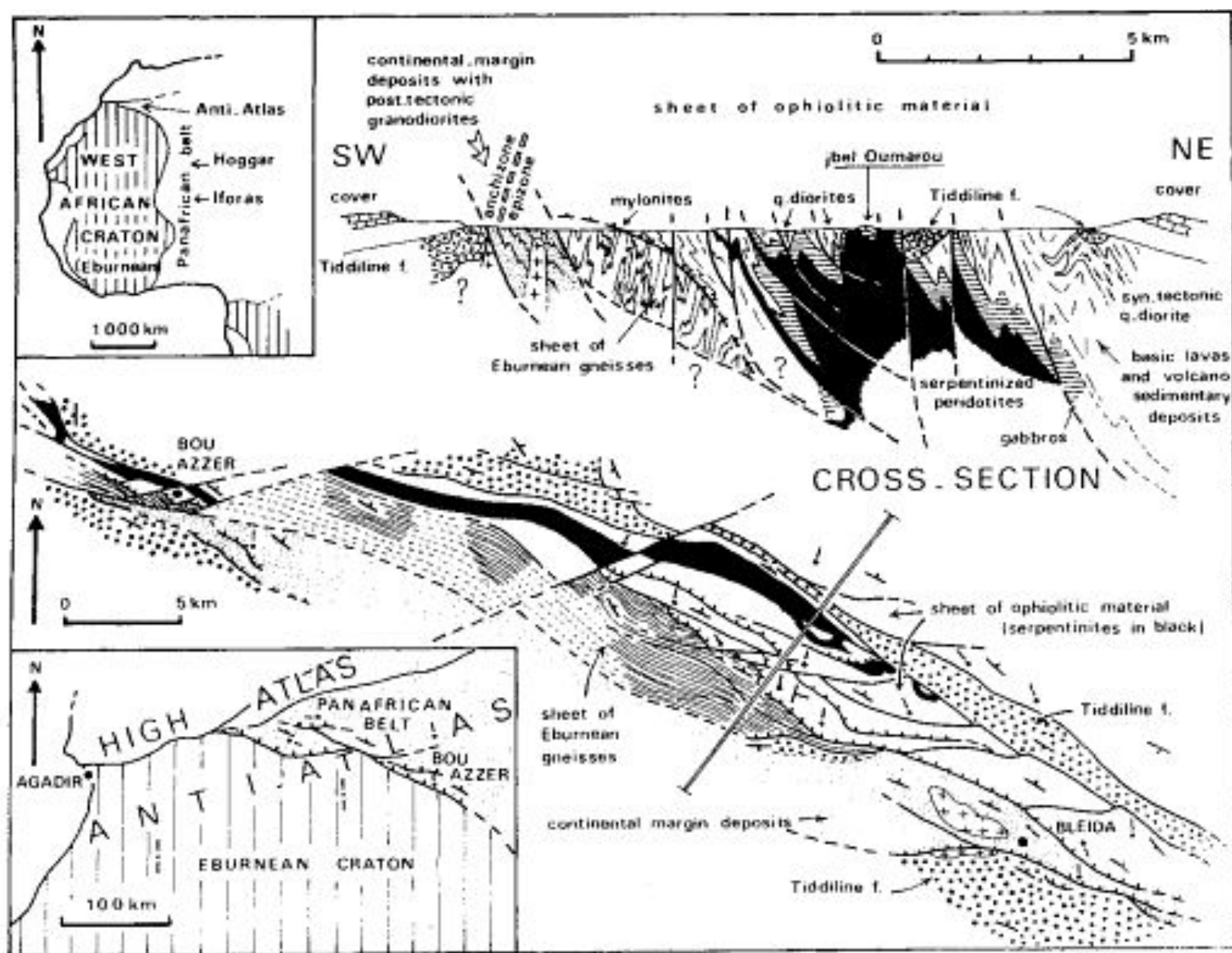


Fig. 17-1. Schematic map of **Bou Azzer** (cover rocks removed) with a cross section and inset maps for localization. The fold axis belong to the major tectonic event B_1 post-dated by post-tectonic granodiorites and by deposition of the Tiddiline formation.

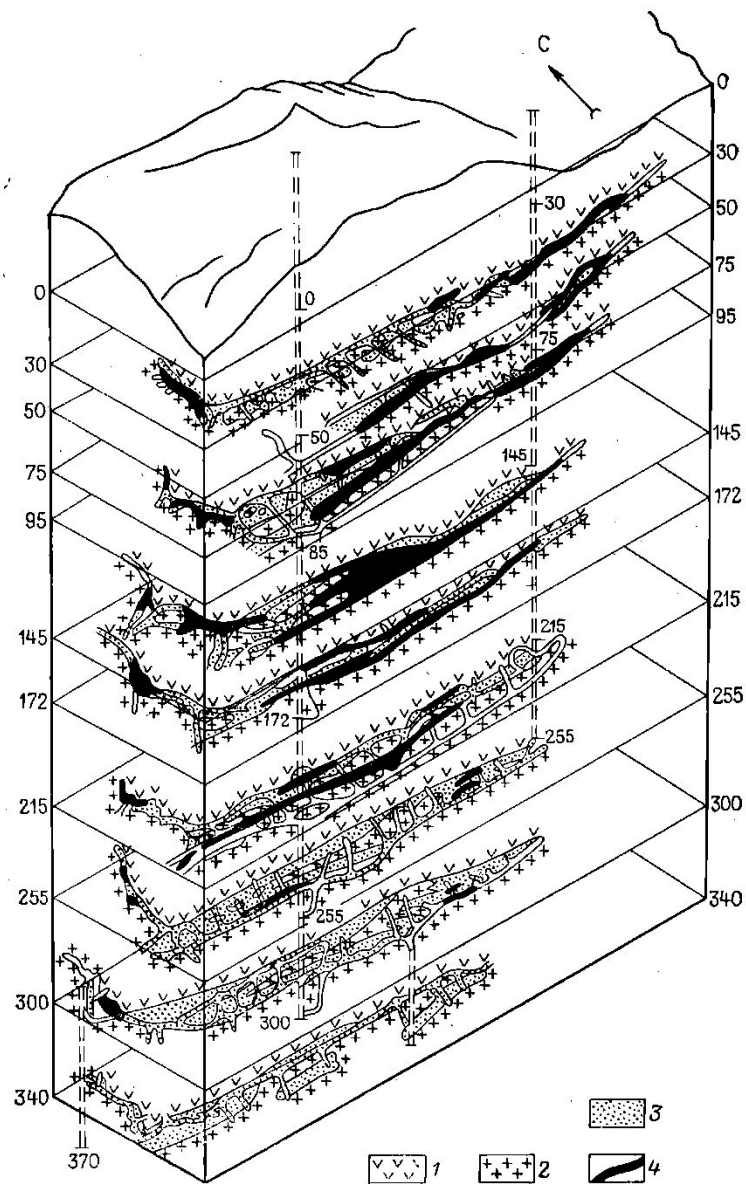
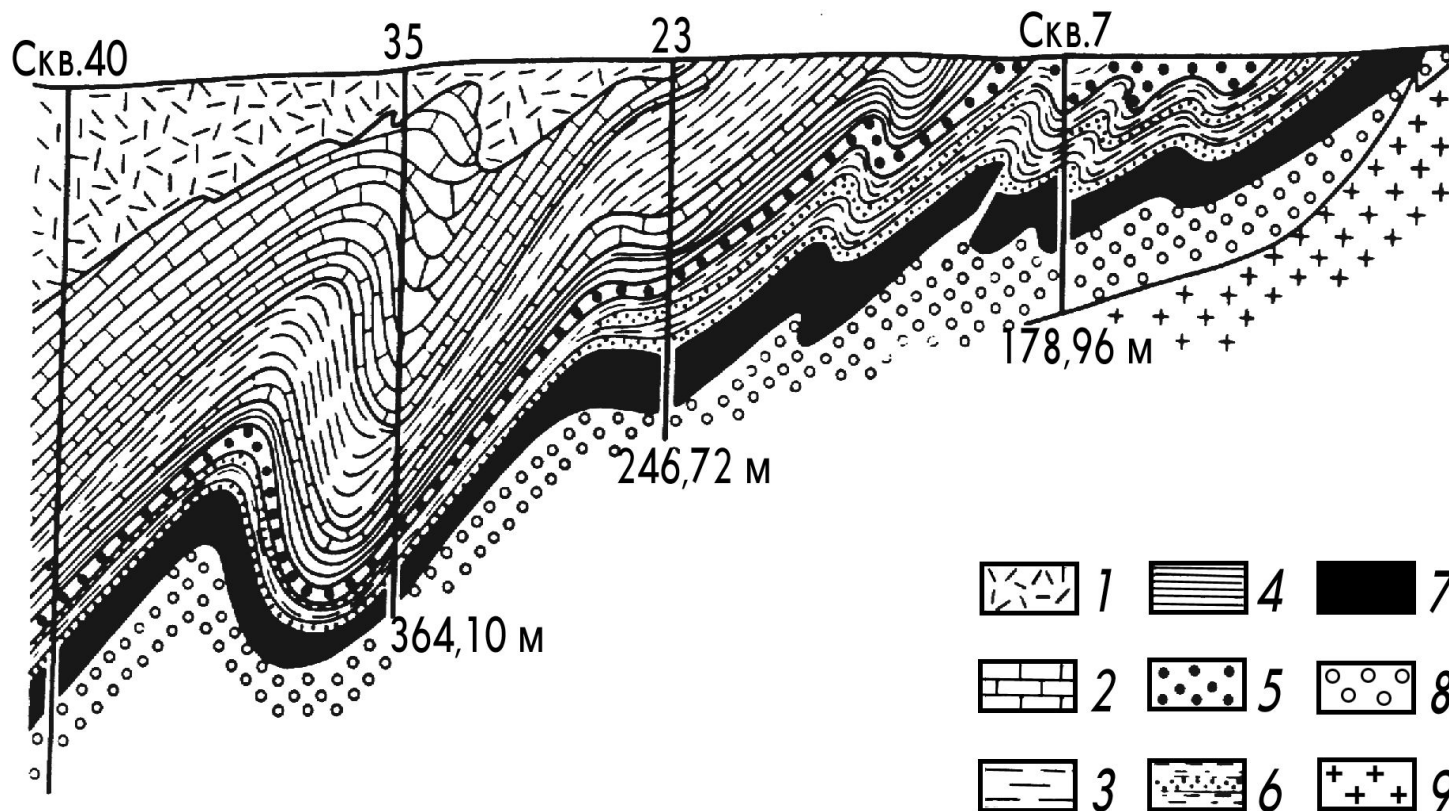


Рис. 44. Блок-диаграмма месторождения Бу-Аззер. По Г. Крутову.
 1 — серпентиниты; 2 — кварцевые диориты; 3 — кварц-карбонатная жильная масса; 4 — руда

Стратиформные

месторождения

кобальтсодержащих медистых песчаников известны в Замбии (Чамбиши, Нчанга) и Заире и имеют большой удельный вес в мировой добыче кобальта. Они приурочены к Катанга-Родезийскому меденосному поясу, который простирается в юго-восточном направлении от района Колвези в Катанге (Заир) до рудника Бвана-Мкубва в Замбии. Месторождения отличаются исключительно высоким качеством руд, в которых наряду с медью в значительных количествах содержится кобальт и другие полезные компоненты. Оруденение приурочено к рудной серии системы катанга (верхней протерозой).



Разрез месторождения Чамбиши

1 – габбро; 2 – доломиты; 3 – песчанистые сланцы; 4 – кварциты и сланцы; 5 – верхний горизонт кварцитов; 6 – кварциты висячего бока; 7 – сульфидные руды; 8 – кварциты лежачего бока; 9 – граниты

В Замбии рудоносные горизонты представлены главным образом слабо метаморфизованными и дислоцированными сланцами, аргиллитами, полевошпатовыми песчаниками и кварцитами

В Заире рудоносны доломиты или доломитовые сланцы, претерпевшие более интенсивную складчатость и разбитые серией продольных и поперечных сбросов, вплоть до образования надвигов. Здесь месторождения часто располагаются в гребнях антиклинальных структур. Рудные залежи имеют пластообразную форму и залегают согласно с вмещающими породами. В связи с проявлением интенсивной складчатости они нередко выходят на земную поверхность и поэтому доступны для открытой разработки. Кобальт концентрируется в зоне окисления, где на отдельных наиболее обогащенных участках руды содержат в среднем 1–2 % кобальта. Кроме меди и кобальта в них присутствуют в промышленных концентрациях цинк, платина, кадмий, германий, серебро, уран и другие полезные компоненты.

Месторождения

кор

выветривания

кобальтсодержащих никелевых руд приурочены к коре выветривания серпентинитов. Кобальтсодержащие гидрооксиды марганца встречаются во всех зонах профиля выветривания площадного типа, но наиболее обогащены кобальтом верхние горизонты обохренных и нонтронизированных серпентинитов. В месторождениях линейного типа обогащение оксидами марганца, содержащими Co и Ni, происходит в зонах охр и брекчий, совпадающих с контуром промышленных никелевых руд.

Спасибо за внимание



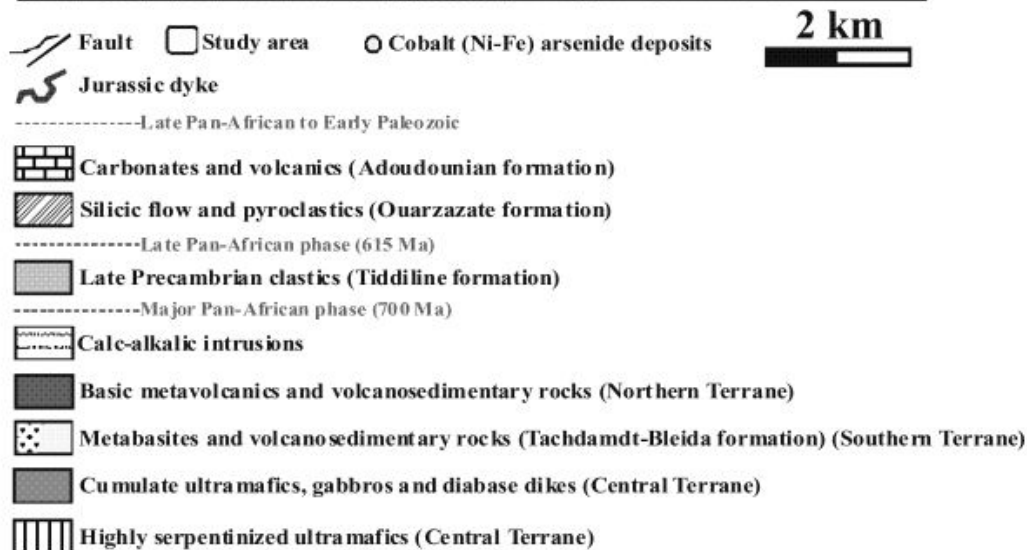
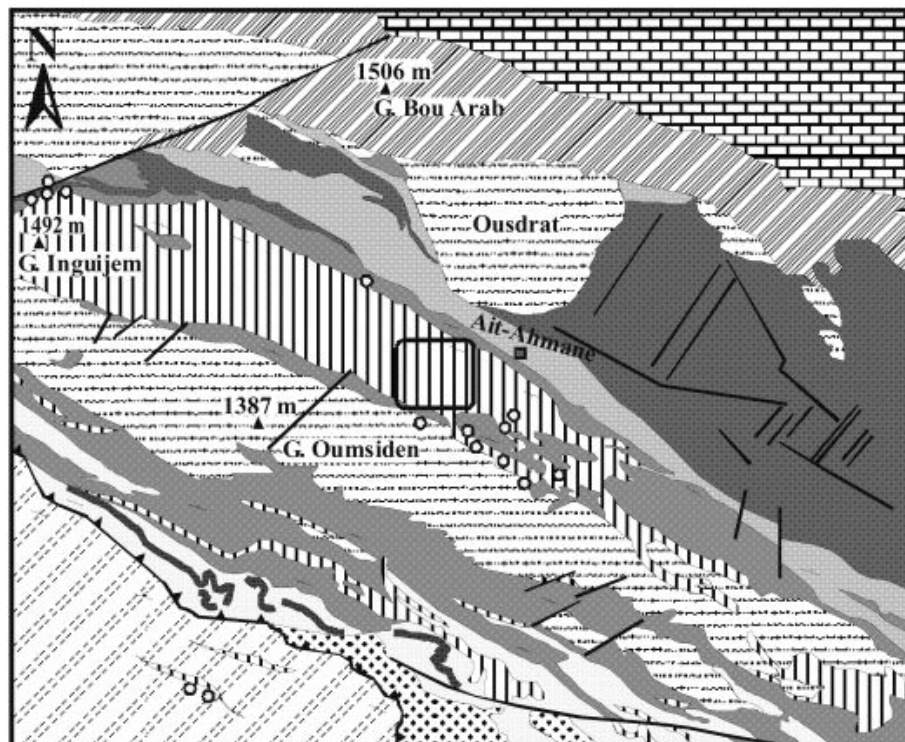


Схема геологического строения Чайского ультрамафит-мафитового массива (Цыганков, 2005).

1 – конгломераты холоднинской свиты, 2 – дуниты, 3 – плагиоперидотиты, 4 – оливиновые габбронориты, 5 – троктолиты, 6 – пироксениты, 7 – габбронориты, 8 – вмещающие амфиболиты, кристаллосланцы и гнейсы, 9 – сульфидные медно-никелевые руды, 10 – разрывные нарушения; РТ № 2, РТ № 3 – рудные тела № 2 и № 3.

Содержание главных компонентов в рудах Чайского месторождения, %

Руды	Ni	Co	Cu	S	Ni/Cu	Ni/Co
Бедновкраплен ные	0,45	0,02	0,14	1,90	3,2	22,5
Богатовкрапле нные	1,28	0,05	0,38	7,40	3,4	25,6
Массивные	5,58	0,19	1,70	35,40	3,3	29,4
Брекчиевидные	1,70	0,09	0,60	-	2,0	3,3
Рудные бластомилонит ы	6,10	0,14	0,35	-	9,0	43,6