

7М07202 «Геология и разведка месторождений  
полезных ископаемых»

Дисциплина МТРІК 7306

# Месторождения твердых полезных ископаемых Казахстана

Маусымбаева Алия Думановна

Ассоциированный профессор кафедры ГРМПИ: доктор PhD, к.т.н.



# Тема 4: Черные металлы - Хром Титан Ванадий

- ▶ Цель: детально изучить сырьевую базу черных металлов

## Хром (Cr)

Кларк в земной коре – 0,0083% (в ультраосновных породах – 0,2%, в основных – 0,02%); основная область использования – легирующая добавка в производстве специальных сталей и производстве сплавов с Ni, Co, Al, Mo и др. металлами; производство огнеупоров; химическая промышленность.

### Минеральные типы руд:

1. магнохромитовый –  $(\text{Mg,Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$
2. хромшпинкелитовый –  $(\text{Mg,Fe})(\text{Al,Cr})_2\text{O}_4$  и алумохромитовый –  $(\text{Fe,Mg})(\text{Al,Cr})_2\text{O}_4$  изоморфный ряд; шпинель  $(\text{MgAl}_2\text{O}_4)$  – герцинит  $(\text{FeAl}_2\text{O}_4)$

### Качество руд:

в металлургии используют руды с содержанием  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  более 48%, S и P менее 1% и соотношением  $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  более 3; в химической промышленности – с содержанием  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  более 44%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  менее 14%,  $\text{SiO}_2$  менее 5%; в промышленности огнеупоров – с содержанием  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  более 32%,  $\text{SiO}_2$  менее 6%, CaO менее 1%.

### Продукты металлургического передела:

большая часть металлургических хромитов перерабатывается в феррохром (50–60% Cr, а также Fe и C); металлический хром получают электролитическим или алумотермическим способами :

### Генетические типы месторождений:

1. раннемагматический (в базит-гипербазитовых расслоенных плутонах древних щитов) – месторождения Бушвелдского комплекса (ЮАР), Великой Дайки (Зимбабве), района Кемп-Камо-Формозу, Куттак;
2. позднемагматический (линзовидные залежи в массивах ультраосновных пород складчатых областей) – месторождения Кемпирсайского массива (Казахстан), Сарановское (Пермский край), месторождения Албании, Греции, Турции, Филиппин
3. латеритный, элювиально-делювиальный и прибрежно-морской россыпные – месторождения Индонезии, Вьетнама, Новой Каледонии, Австралии, Урала, Тихоокеанского побережья США, Адриатического побережья Албании, Средиземноморского – Турции.

### Группировка месторождений по разведанным запасам:

1. уникальные (разведанные запасы руды в сотни млн. т);
2. крупные (разведанные запасы руды в десятки млн. т);

### Титан (Ti)

Кларк в земной коре – 0,45% (в основных породах – 0,9%, в средних – 0,8%); основные области использования: сплавы с ванадием и другими металлами – как высокопрочные конструкционные материалы во многих отраслях промышленности; карбид титана – для изготовления сверхтвердых сплавов; диоксид титана  $\text{TiO}_2$  – для получения белил, пластмасс, в целлюлознобумажной промышленности.

#### Минеральные типы руд:

1. ильменитовые ( $\text{FeTiO}_3$ ), ильменит-магнетитовые ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), ильменит-титаномагнетитовые (прораствание магнетита ильменитом – распад твердого раствора);
2. рутиловые ( $\text{TiO}_2$ ), рутил-ильменитовые;
3. лейкрксеновые (микрокристаллический агрегат оксидов титана как продукт изменения ильменита).

**Генетические типы месторождений** (подчеркнуты главнейшие геолого-промышленные типы):

1. магматический (il-tmt, hm-il; приурочены к крупным массивам анортозитов) – Телнесс Норвегия) Тегавус (США), Лак Тио (Канада), Отанемяки (Финляндия)
2. кор выветривания (il,rt; на габбро-анортозитах и метаморфических породах) - месторождения Волынского массива, Украинского щита, Кундыбаевское (Казахстан);
3. прибрежно-морские россыпи (il-rt-zr  $\text{ZrSiO}_4$ ) – современные в Зап. Австралии, Индии, Шри-Ланке, Сьерра-Леоне, Бразилии, США; древние в Ставрополье, Зауралье, Приднепровье;
4. континентальные элювиально-аллювиальные россыпи (il) – Иршинское;
5. вулканогенно-осадочный (il) – Нижний Маммон;
6. метаморфогенные – метаморфизованный (il-zr, il-mt, lk) – Ярегское; и - метаморфический (rt) – Кузнечихинское, Шубинское, Хартворд и др.



### Ванадий (V)

Кларк в земной коре – 0,009% (в габбро и базальтах – 0,02%; он также повышенный в глинистых породах; феррованадий (35-80% V, Fe) и его заменители (карван, сольван, ферован, нитрован) – легирующие добавки в черной металлургии (производство высокопрочных сталей); сплавы V с Ti, Ca, Ta, Nb, Zr, Ni, Co, Al, Mg – в машиностроении, самолетостроении, космической технике; ванадий – в химической промышленности (крекинг нефти, производство кислот, красок, каучука), для окраски стекол и керамики, изготовление цветных пленок.

#### Минеральные формы нахождения ванадия в рудах:

1. примесь в магнетите ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , mt), ильмените ( $\text{FeTiO}_3$ , il), рутиле ( $\text{TiO}_2$ , rt); в них содержание  $\text{V}_2\text{O}_5$  составляет 0,1-4,9%;
2. собственные минералы – ванадинит ( $3\text{Pb}_3[\text{VO}_4]_2\text{PbCl}_2$ ; vn; 11-19%), деклуазит ( $\text{PbZn}[\text{VO}_4](\text{OH})$ ; dk; 16-23%), купродеклуазит ( $\text{PbCuZn}[\text{VO}_4](\text{OH})$ ; kdk; 17-22%), карнотит ( $\text{K}_2[\text{UO}_2]_2[\text{VO}_4]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ; kt; 16-21%), роскоэллит ( $\text{KV}_2(\text{OH})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$ ; rs; 9-29%), тольмунит ( $\text{Ca}[\text{UO}_2]_2[\text{VO}_4]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ; tm; 19%) и др.

#### Минеральные типы ванадийсодержащих руд:

1. титаномagnetитовые и ильменит-магнетитовые (сод.  $\text{V}_2\text{O}_5 \sim 0,1-1,0\%$ );
2. деклуазит-ванадинитовые зоны окисления сульфидов (сод.  $\text{V}_2\text{O}_5 \sim \text{до } 5-6\%$ );
3. карнотит-роскоэллитовые уран-ванадиевые (сод.  $\text{V}_2\text{O}_5$  до 1,7%; сод.  $\text{U}_3\text{O}_8$  до 0,3%)

#### Добыча и переработка руд:

1. открытая или подземная добыча → дробление, измельчение → обогащение (флотация, магнитная сепарация → дуплекс-процесс (доменная плавка и конвертор), после которого остается шлак, содержащий 10-16%  $\text{V}_2\text{O}_5$ , → обжиг шлака с солями ванадия → техническая окись ванадия  $\text{V}_2\text{O}_5$  → феррованадий (35-80% V, Fe); либо:

2. обжиг исходного сырья с солями Na с последующим выщелачиванием вначале  $\text{H}_2\text{O}$ , затем разбавленной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  → осаждение из раствора  $\text{V}_2\text{O}_5$ , из которого получают карван, сольван, нитрован, феррованадий, содержащие 86% ванадия.

# Магматические породы гибридного происхождения

## Генетические типы пород

- Продукты смешения первичных мантийных магм и их дифференциатов в промежуточных камерах
- Продукты контаминации мантийных основных и ультраосновных магм сиалическими горными породами корового происхождения

## Состав пород и их генетическая позиция

- Разнообразные базальтоиды и габброиды
- Гиперстеновые лейкобазальты, андезибазальты, нориты, в том числе краевые зоны некоторых расслоенных плутонов

# Магматические породы гибридного происхождения

## Генетические типы пород

- Продукты контаминации кислых коровых магм более основными горными породами
- Продукты контаминации кислых магм высокоглиноземистыми метаосадочными породами

## Состав пород и их генетическая позиция

- Кварцевые диориты, гранодиориты эндоконтактных зон гранитных плутонов
- Высокоглиноземистые граниты, гранитоиды и их вулканические аналоги

# Магматические породы гибридного происхождения

Продукты смешения мантийных и коровых магм	Генетические типы пород	Состав пород и их генетическая позиция
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Смеси коматиитов с низкокалиевыми дацитами - риодацитами</li><li>• Смеси пикритов с дацитами - риодацитами</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Бониниты, базальты и их интрузивные аналоги</li><li>• Магнезиальные андезиты</li></ul>



# Магматические породы гибридного происхождения

Продукты смешения  
мантийных и коровых магм

## Генетические типы пород

- Смеси низкомагнезиальных (высокоглиноземистых) толеитовых базальтов с дацитами - риодацитами
- Смеси щелочных базальтов с кварцевыми трахитами, риодацитами

## Состав пород и их генетическая позиция

- Андезибазальты, андезиты, андезидациты и их интрузивные аналоги - габбро-диориты, диориты, кварцевые диориты
- Латиты, трахиты и их интрузивные аналоги - монцониты, монцодиориты, сиениты

# How does the mantle melt??

1) Increase the temperature

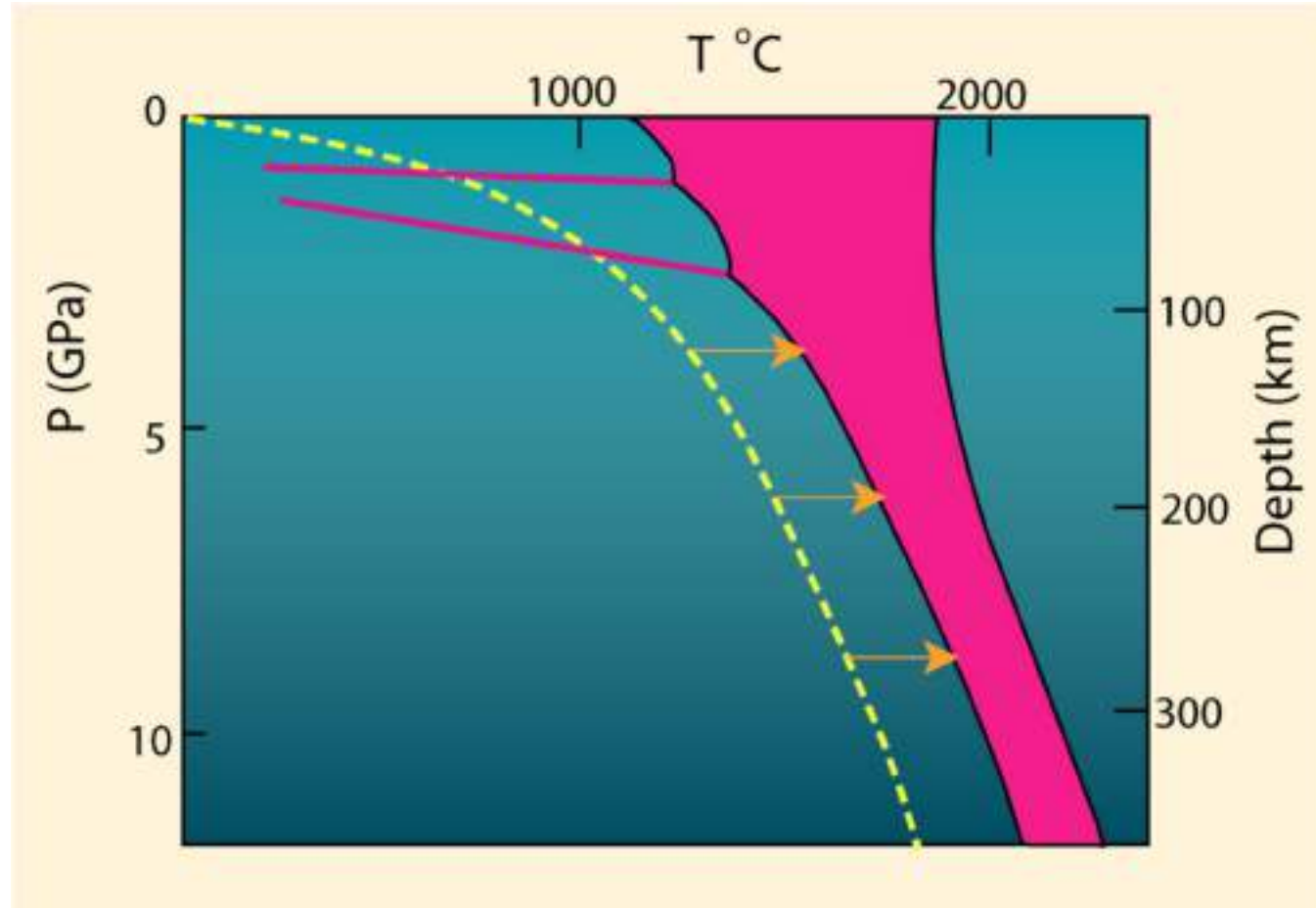
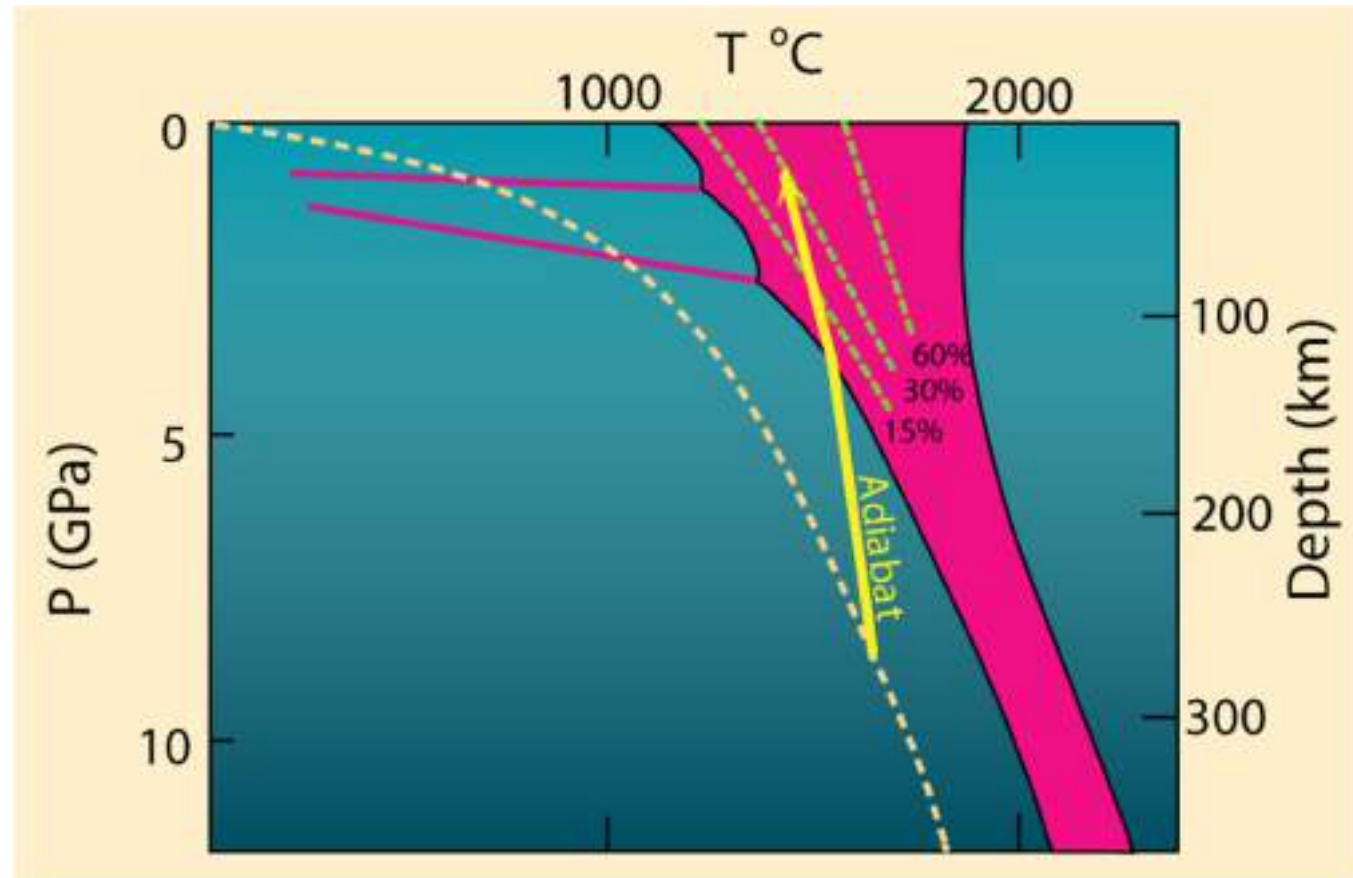


Figure 10.3. Melting by raising the temperature.

## 2) Lower the pressure

- *Adiabatic* rise of mantle with no conductive heat loss
- *Decompression partial melting* could melt at least 30%



**Figure 10.4.** Melting by (adiabatic) pressure reduction. Melting begins when the adiabat crosses the solidus and traverses the shaded melting interval. Dashed lines represent approximate % melting.

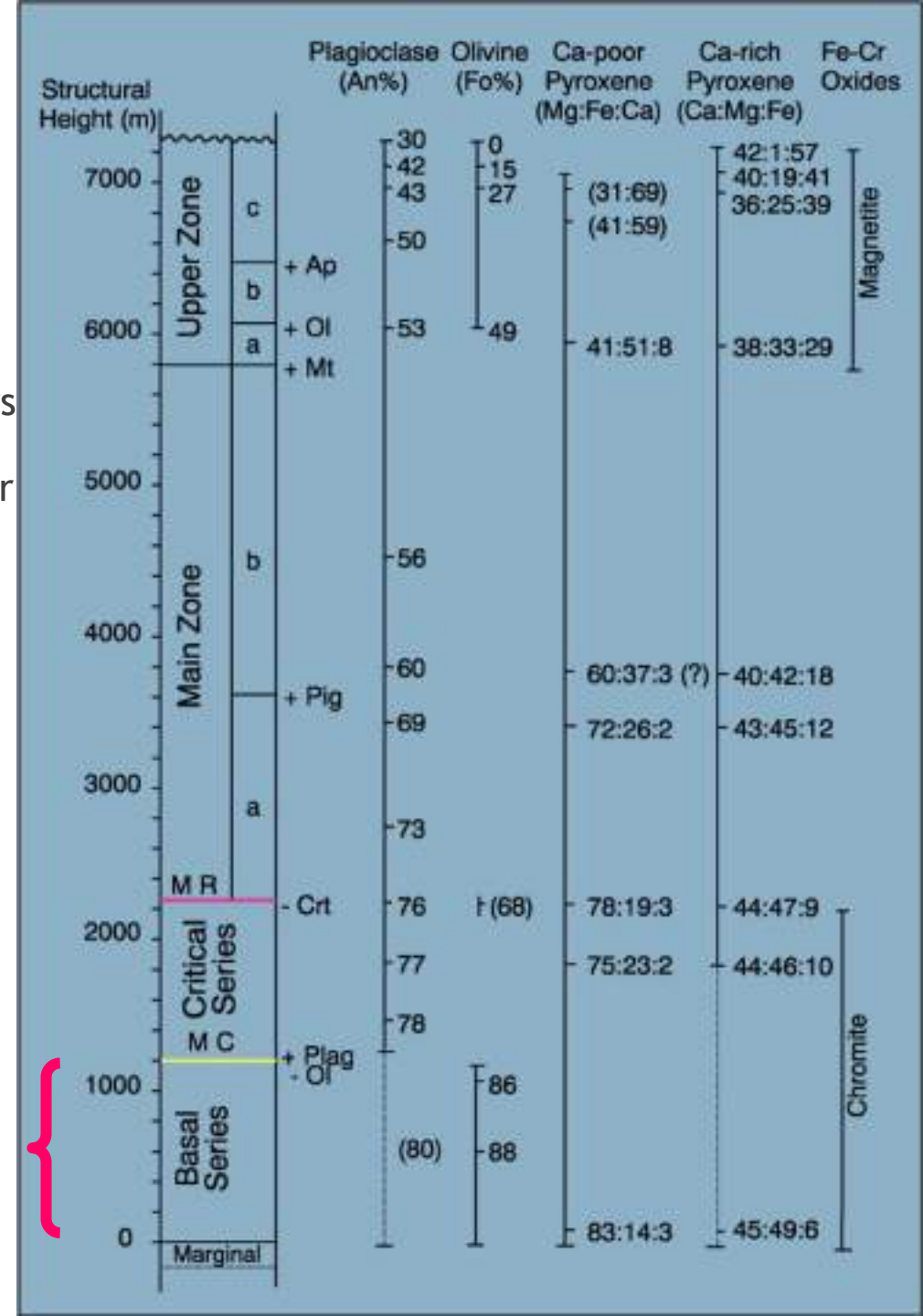
# Stratigraphy

## Basal Series

Thin uniform dunite cumulates alternating with orthopyroxenite and harzburgite layers

The top defined as the Main Chromite Layer

Figure 12.6. Stratigraphic sequence of layering in the Eastern Lobe of the Bushveld Complex. After Wager and Brown (1968) Layered Igneous Rocks. Freeman. San Francisco.

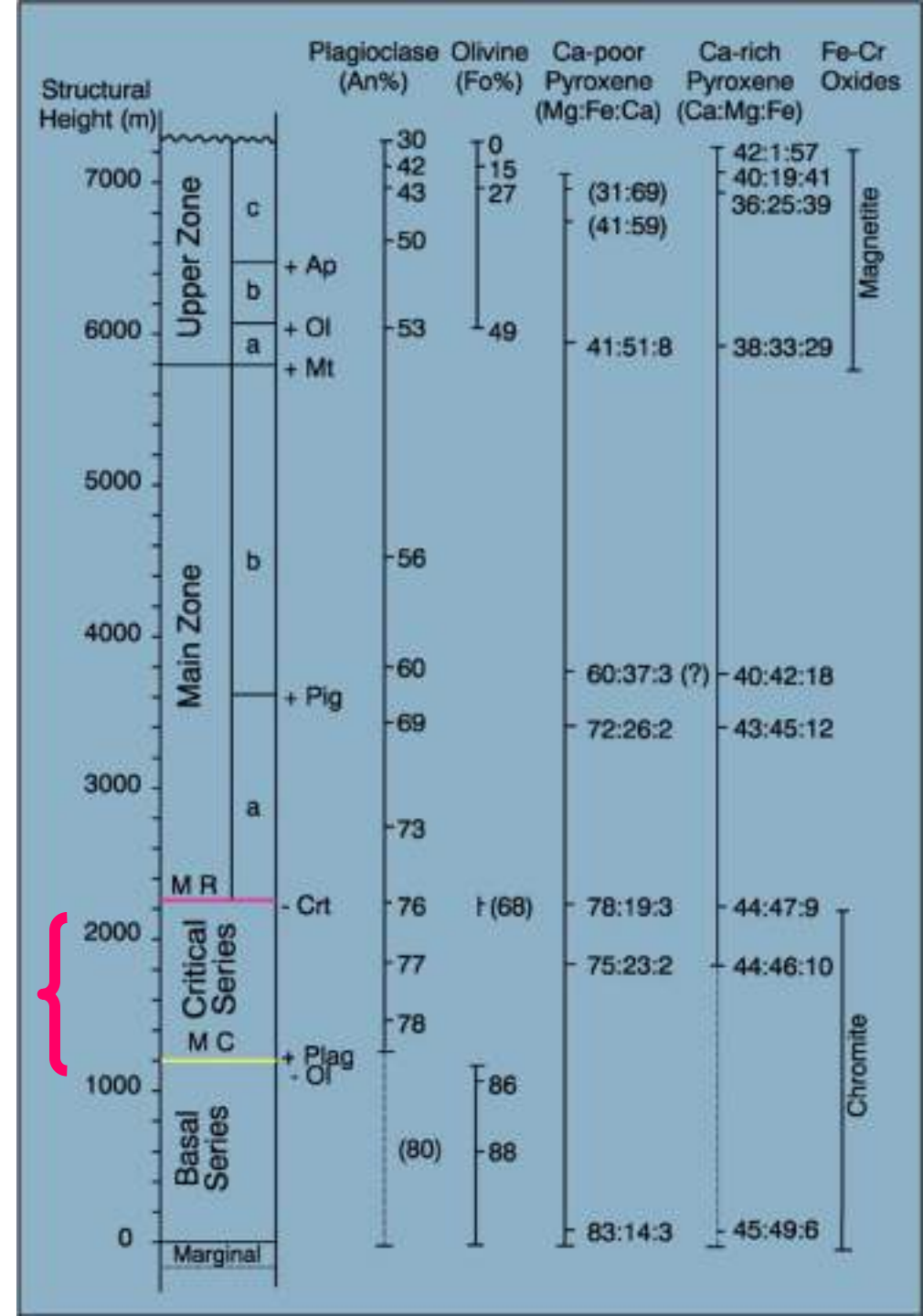


# Critical Series

Plagioclase forms as a cumulate phase (phase layering)

Norite, orthopyroxenite, and anorthosite layers etc

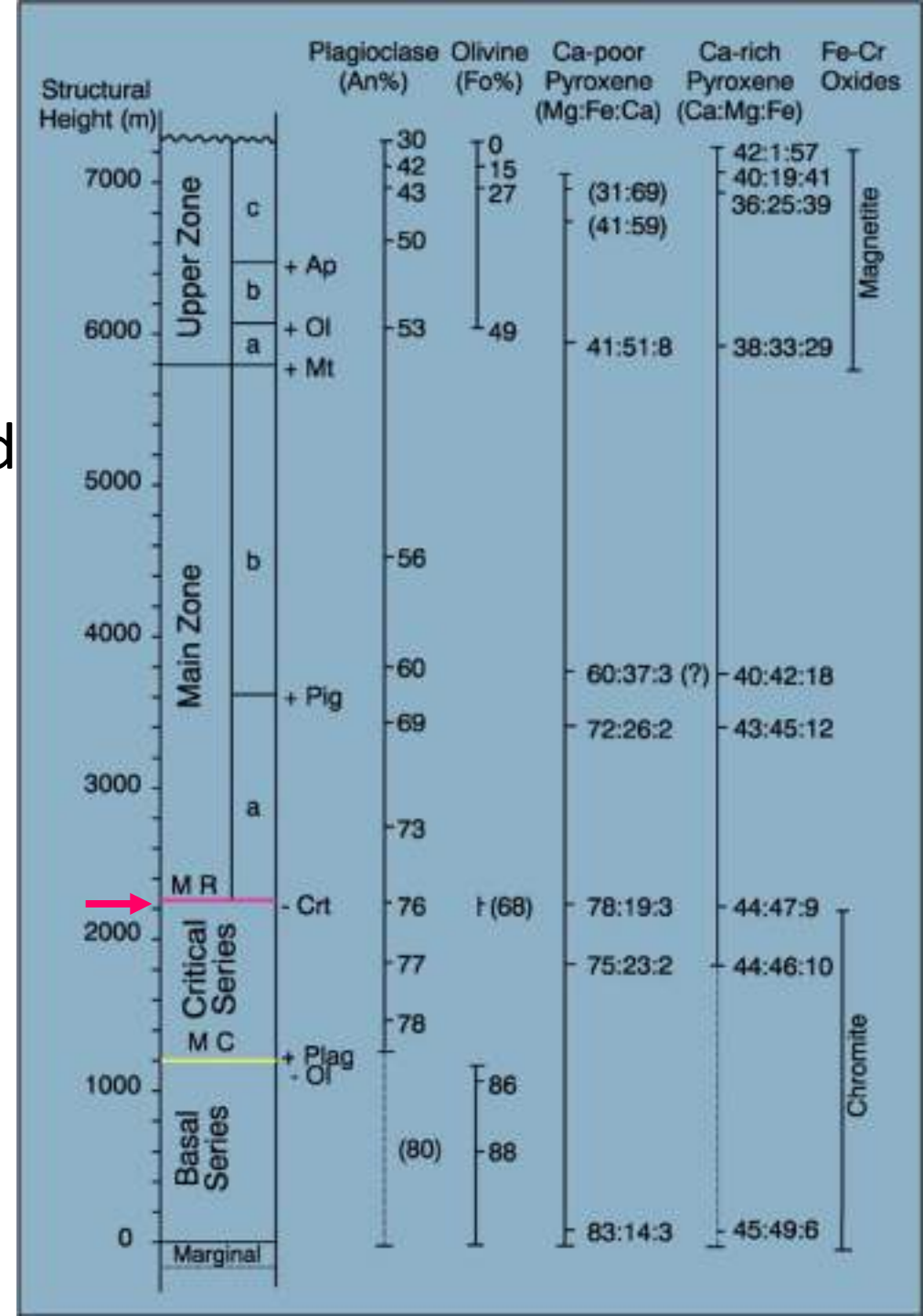
**Figure 12.6. Stratigraphic sequence of layering in the Eastern Lobe of the Bushveld Complex. After Wager and Brown (1968) Layered Igneous Rocks. Freeman. San Francisco.**



# The Merensky Reef

~ 150 m thick sequence of rhythmic units with cumulus plagioclase, orthopyroxene, olivine, and chromite

Figure 12.6. Stratigraphic sequence of layering in the Eastern Lobe of the Bushveld Complex. After Wager and Brown (1968) Layered Igneous Rocks. Freeman. San Francisco.

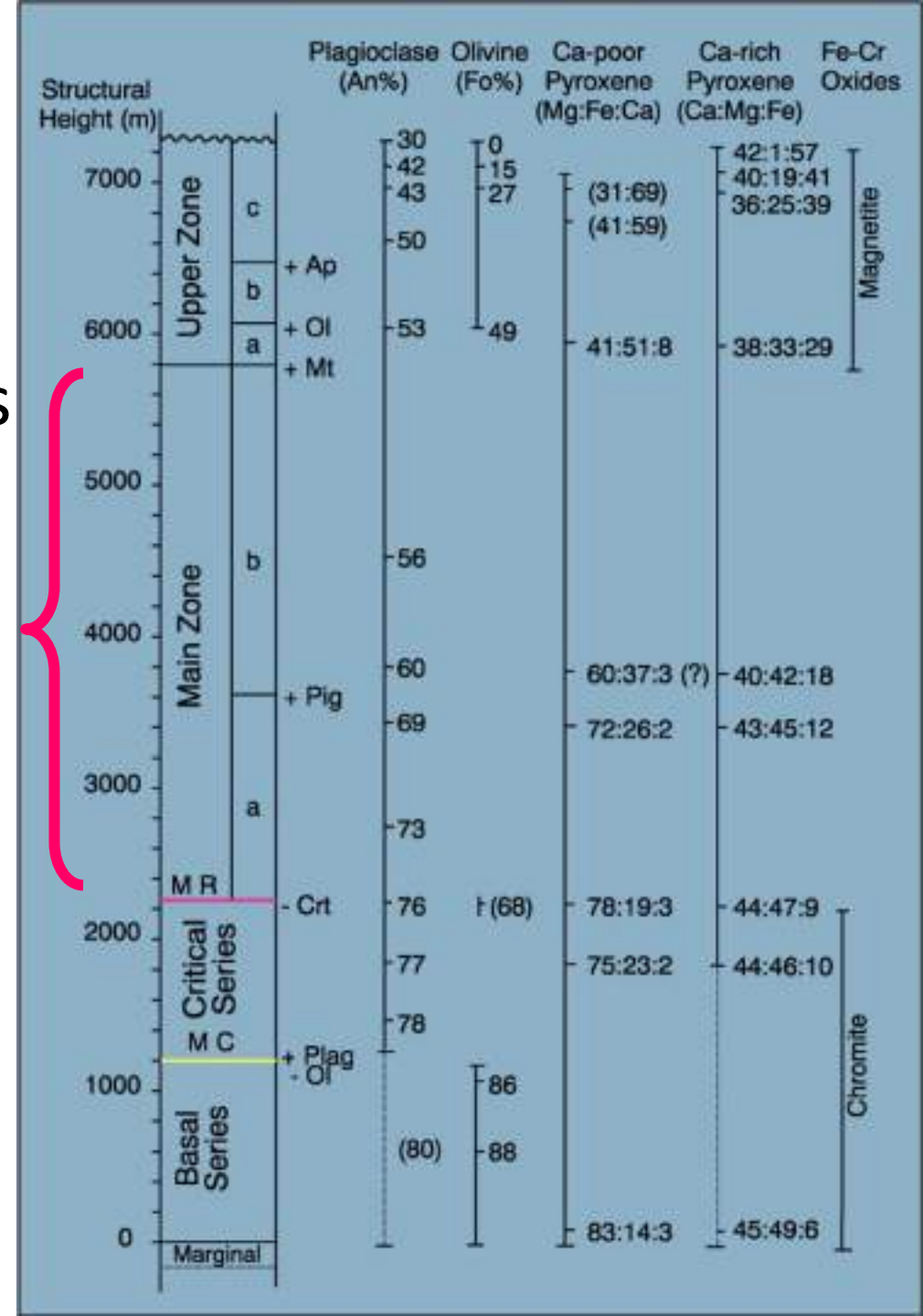




## Main Zone

the thickest zone and contains thick monotonous sequences of hypersthene gabbro, norite, and anorthosite

Figure 12.6. Stratigraphic sequence of layering in the Eastern Lobe of the Bushveld Complex. After Wager and Brown (1968) Layered Igneous Rocks. Freeman. San Francisco.



## Upper Zone

Appearance of cumulus magnetite (Fe-rich)

Well layered:  
anorthosite, gabbro,  
and ferrodiorite

Numerous felsic rock  
types = late  
differentiates

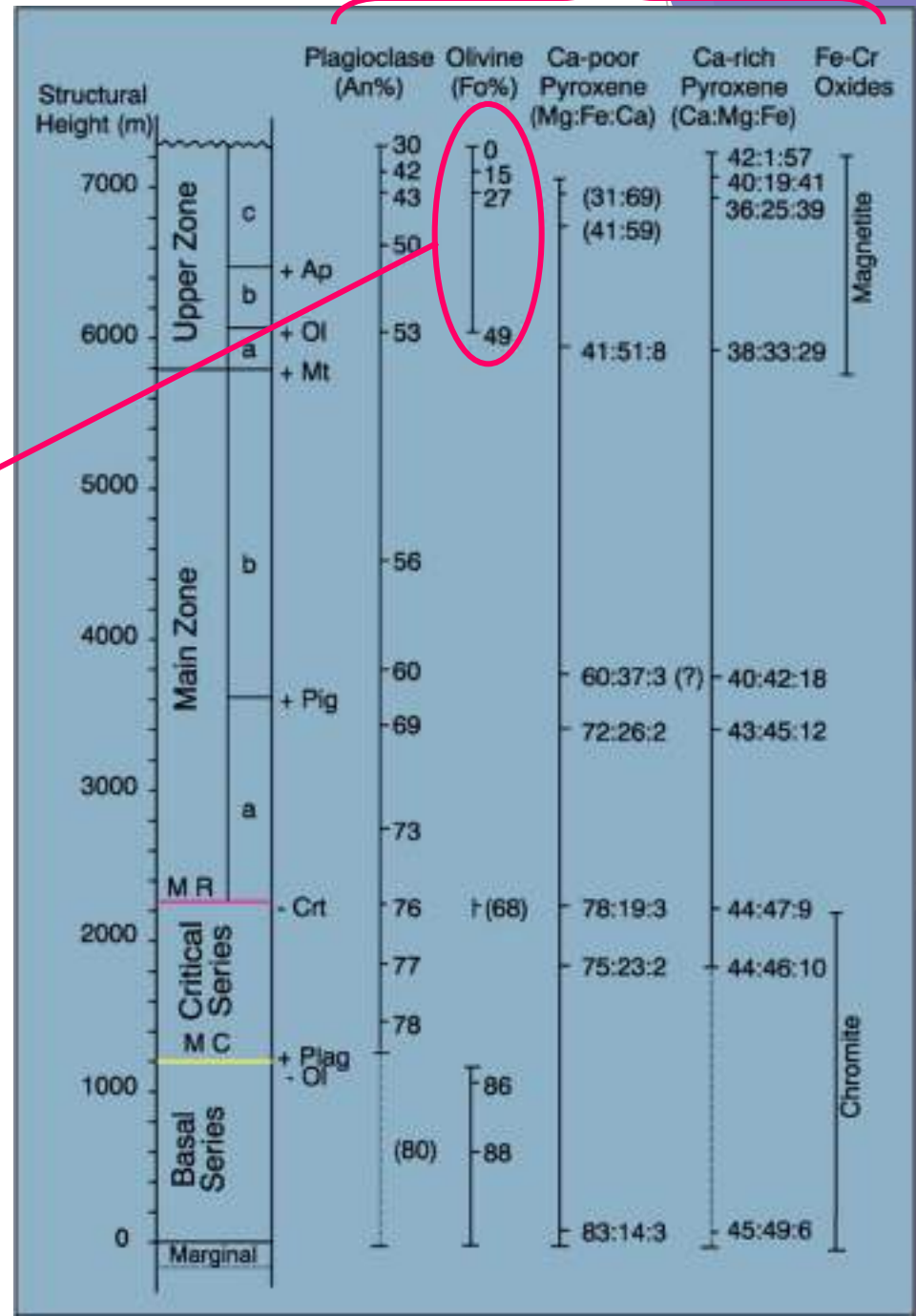
Structural Height (m)	Zone	Plagioclase (An%)	Olivine (Fo%)	Ca-poor Pyroxene (Mg:Fe:Ca)	Ca-rich Pyroxene (Ca:Mg:Fe)	Fe-Cr Oxides
7000	Upper Zone	30	0		42:1:57	Magnetite
6000		42	15		40:19:41	
		43	27	(31:69)	36:25:39	
		50		(41:59)		
5000	Main Zone	53	49	41:51:8	38:33:29	
4000		56				
3000		60		60:37:3 (?)	40:42:18	
		69		72:26:2	43:45:12	
2000	Critical Series	73				
1000		76	1 (68)	78:19:3	44:47:9	Chromite
		77		75:23:2	44:46:10	
		78				
0	Basal Series	(80)	86	83:14:3	45:49:6	
0	Marginal		88			

Also note:

Cryptic layering: systematic change in mineral compositions

Reappearance of Fe-rich olivine in the Upper Zone

Figure 12.6. Stratigraphic sequence of layering in the Eastern Lobe of the Bushveld Complex. After Wager and Brown (1968) Layered Igneous Rocks. Freeman. San Francisco.



► Контрольные вопросы:

1. Классификация месторождений по ПИ
2. Металлические месторождения
3. Неметаллические месторождения

► Защита работ: на основании подготовленного отчета по усвоенному материалу по теме 4.

► **Основной список литературы**

- 1. Антипин В.Н., Васильева В.П., Вахромеев С.А. и др. Краткий курс месторождений полезных ископаемых. М.:Изд."Высшая школа".1967. - 472с.
- Авдонин В.В. Геология полезных ископаемых: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.В. Авдонин, В.И. Старостин. М.: Издательский центр «Академия», 2010. - 384 с.
- 3. Большой Алтай; (геология и металлогения). В 3 кн Кн. I. Геологическое строение / Щерба Г.Н., Дьячков Б.А., Стучевский Н.И. и др. Алматы: Гылым, 1998. - 304с.
- 4. Бетехтин А.Г., Голиков А.С., Дыбков В.Ф и др. Курс месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1964. - 590с.
- 5. Вахромеев С.А. Месторождения полезных ископаемых, их классификация и условия образования. М.: Недра, 1979. - 288 с.
- 6. Вольфсон Ф.И., Дружинин А.В. Главнейшие типы рудных месторождений. М.: Недра, 1975. - 392 с.
- 7. Геология СССР. Т. 41 (Полезные ископаемые). М.: Недра, 1974. - 395 с.
- 8. Дьячков Б.А., Интрузивный магматизм и металлогения Восточной Калбы. М.: Звука. 1972. - 212с.
- 9. Дьячков Б.А., Майорова Н.П., Щерба Г.Н., Абдрахманов К.А. Гранитоидные и рудные формации Калба-Нарынмского пояса (Рудный Алтай). Алматы; Гылым, 1994. - 208с.
- 10. Металлогения Казахстана / Под ред. А.А.Абдулина, А.К.Каюпова, В.Г.Ли я др. Алма-Ата: Наука Каз.ССР, 1977-1983.
- 11. Милютин А.Г. Геология: Учебник. М.: Высшая школа, 2004. - 413 с.
- 12. Смирнов В.К. Геология полезных ископаемых. М.; Недра, 1982.
- 13. Смирнов В.И., Гинзбург А.И.» Григорьев В., Яковлев Г.Ф. Курс рудных месторождений: Учебник для ВУЗов / Ред. Академик В.И.Смирнов. - 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1986. - 360с.
- 14. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. Учеб. для ВУЗов.М.; Недра, 1989. - 326с.
- 15. Щерба Г.Н. Колчеданно-полиметаллические месторождения Рудного Алтая / Колчеданные месторождения СССР. М.: Наука, 1983. с. 87-.148.
- 16. Щерба Г.П., Дьячков Б.А., Нахтигаль Г.П. Металлогения Рудного Алтая и Калбы. Алма-Ата: Наука, 1984. - 240с.