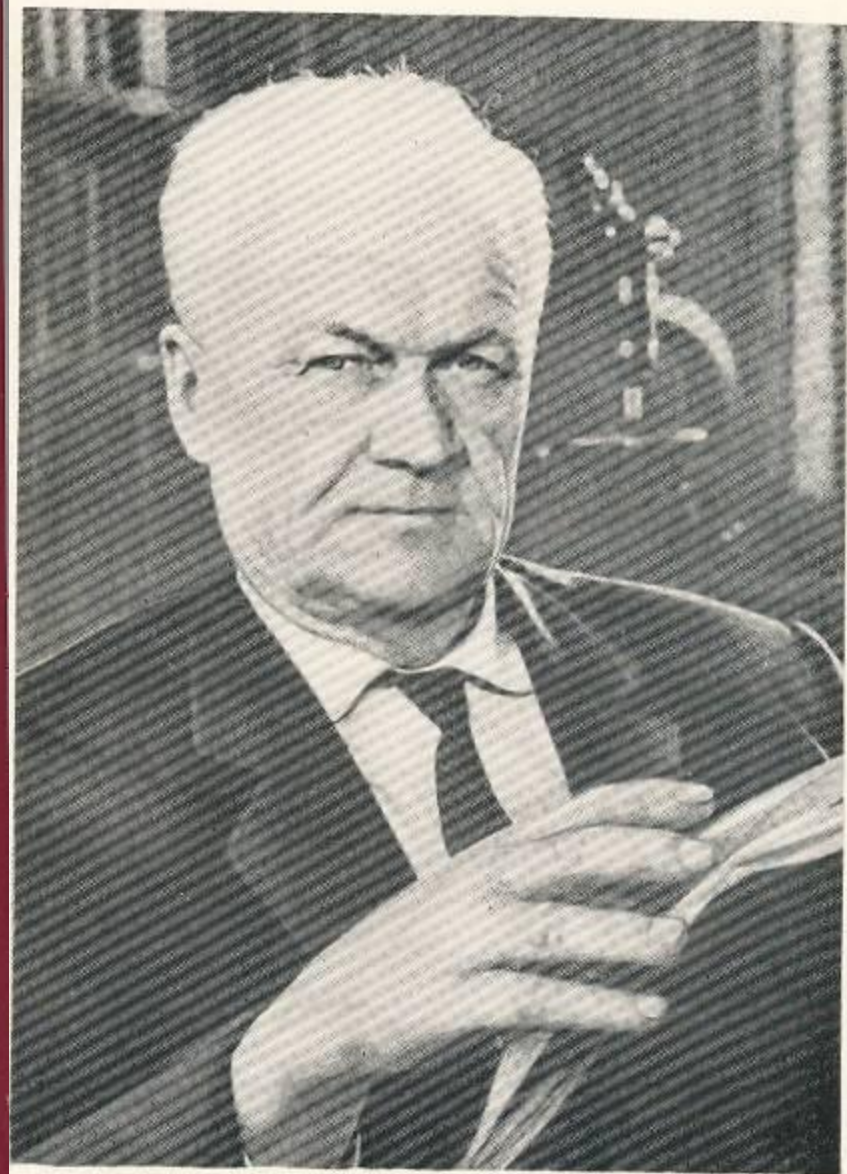


ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ

II

Ю.А. КУЗНЕЦОВ

Главные типы  
магматических  
формаций










*Ю.А. Кузнецов*

Под магматической формацией понимается устойчивая ассоциация изверженных горных пород, которая, закономерно повторяясь в разных регионах, всюду формируется в сходной геологической обстановке

Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических горных пород. Учебник. Под ред. В.С.Попова и О.А. Богатикова. М.: Логос, 2001, 768 с.

- **В учении о геологических формациях намечаются две последовательно решаемые группы задач.**
- Первая предусматривает **выделение формаций, их изучение**, типизацию, установление коррелятивных связей между типами формаций и тектоническими структурами, палеогеографическими обстановками, полезными ископаемыми.
- Вторая группа задач сводится к осуществлению разных видов районирования и **прогнозной оценки** территорий.

# группировка магматических формаций, в соответствии со схемой ВСЕГЕИ

- **· семейство ультрамафических формаций**
-  группа ультрамафитовых формаций
-  группа щелочно-ультрамафитовых формаций
- **· семейство мафических формаций**
-  группа базальтовых и габбровых формаций
-  группа щелочно-базальтовых и щелочно-габбровых формаций
- **· семейство мафическо-салических формаций**
-  группа андезитовых и гранодиоритовых формаций
- **· семейство салических формаций**
-  группа риолитовых и гранитовых формаций
-  группа фонолитовых и нефелинсиенитовых формаций.

# Семейство ультрамафических формаций

Группа формаций	эффузивные и жильные	интрузивные
Ультрамафитовых	Коматиитовая	<b>Дунит-перидотитовая</b>
	Меймечитовая	Пироксенит-перидотитовая
		Дунит-пироксенит-габбровая
		<b>Перидотит-пироксенит-норитовая</b>
Щелочно-ультрамафитовых	Карбонатит-нефелинитовая	<b>Щелочно-ультрамафитовая с карбонатитами</b>
	Лампроитовая	

- С массивами **дунит-перидотитовой** формации ассоциируют рудные формации: хромитовая с платиноидами (Кемпирсайское месторождение, Урал), тальковая (Козьмодемьяновское, Южный Урал), хризотил-асбестовая (Баженовское, Средний Урал), вермикулитовая (Каратас, Мугоджары), силикатно-никелевая (Халиловское, Урал) и другие. В зонах наложенных гидротермально-метасоматических изменений массивы рассматриваемой формации вмещают месторождения золота, нефрита, жадеита и

- С расслоенными **перидотит-пироксенит-норитовыми** массивами связаны месторождения хромитовой (Бушвельдский массив), платиноидно-сульфидновкрапленной (Риф Меренского, Бушвельдский массив), сульфидной медно-никелевой с платиноидами (Мончегорск и др. ), титаномагнетитовой с ванадием (Бушвельдский массив) рудных формаций, хризотил-асбеста и т.д.

С породами **щелочно-ультраосновной с карбонатами формации** связана обширная группа рудных формаций, включая экзогенную вермикулитовую. С дунитами ассоциируют иридиево-платиновая (Кондерский массив) и иридиево-осмиевая (Гулинский массив) россыпная формация, с пироксенитами – перовскит-титаномагнетитовая (Ковдорский массив), с ийолитами – флогопитовая, апатит-магнетитовая, апатит-фенитовая (Ковдорский, Вуориярвинский, Палаборский, Маганский массивы), с камафоритами и карбонатами – магнетит-apatитовая, флогопитовая, апатит-пирохлоровая (Араша, Мрима), апатит-гатчетолитовая, борнит-халькопиритовая с палладием (Палабора), монацитовая и бастнезитовая (Вигу, Нкомбва), флюоритовая (Большетайгинский массив), брукитовая (массив Магнет-Ков) и другие рудные формации.



# Семейство мафических формаций

Группа формаций	эффузивные и жильные	интрузивные
Мафитовых	Натриевых базальтов (спилит-диабазовая)	Анортозитовая Сиенит-габбровая Габбро-анортозитовая Габбро-верлитовая
	Натриевых базальтов-риолитов (спилит-кератофировая)	
	Базальт-андезит-риолитовая	
	Андезит-базальтовая	
	Калиевых базальтов-трахитов	
	Риолит-лейкобазальтовая	
	Трахибазальтовая	
	Трахибазальт-трахиандезит-трахиорилитовая	
	<b>Базальт-долеритовая (трапповая)</b>	
	Габбро-диабазовая	
Щелочно-мафитовых	Щелочных базальтоидов и фонолитов	Щелочных габброидов и нефелиновых сиенитов
	Щелочных базальтоидов и лейцитифиров	Щелочных габброидов и псевдолейцит-нефелиновых сиенитов

- **С базальт-долеритовыми (трапповыми) комплексами Сибирской и в меньшей степени Восточно-Европейской платформ связаны крупные месторождения: магматические – меди, никеля, платиноидов, титаномагнетита, гидротермальные – меди и никеля, железа (магнетит), исландского шпата, графита и т.д.**

# Классификация мафическо-салических формаций

Группа формаций	вулканические	плутонические
Андезитовых и гранодиоритовых	Базальт-андезитовая Андезитовая Трахиандезитовая	Тоналит-плагиогранит-гранодиоритовая
		Диорит-гранодиоритовая
		Монцонит-сиенитовая

- С комплексами, относимыми к **тоналит-плагиогранит-гранодиоритовой** формации, связана достаточно разнообразная промышленная минерализация: в первую очередь золото- и железорудная, а также меднорудная, полиметаллическая, висмут-серебряная. Золоторудная минерализация наиболее характерна для тоналит-плагиогранитовых, а железорудная – для диорит-гранодиоритовых массивов. С наиболее щелочными (тоналит-граносиенитовыми) комплексами формации ассоциирует медно-молибденовая минерализация, реже шеелитовые скарны и кварц-шеелитовое оруденение.

# Классификация салических формаций

Группа формаций	вулканические	плутонические
Риолитовых и гранитовых	Натриевых риолитов	Мигматит-плагиогранитовая и мигматит-гранитовая
		Гранитовая
	Дацит-риолитовая	Формация гранитов-рапакиви
		<b>Лейкогранит-аляскитовая</b>
	Риолитовая	Субщелочнолейкогранитовая (фтор-литиевых гранитов)
	Трахилипаритовая	Щелочногранитовая
		Гранит-граносиенитовая

# Классификация салических формаций

Группа формаций	вулканические	плутонические
Фоновых и нефелиновых сиенитовых	Трахит-фонолитовая (натриевая)	Миаскитовых нефеливых сиенитов с карбонатитами (натриевая)
		Сиенитов-миаскитовых нефелиновых сиенитов (ильмено-вишневогорского типа)
		Сиенитов, агпаитовых и миаскитовых нефелиновых сиенитов (натриевая)
		<b>Агпаитовых нефелиновых сиенитов (натриевая)</b>
	Лейцит-фонолитовая (калиевая)	Псевдолейцитовых сиенитов (калиевая)

- *Лейкогранит-аляскитовая формация* Редкометалльно-пегматитоносные массивы сопровождаются жильными полями из даек мелкозернистых и письменных гранитов, среди которых есть пегматитовые тела с бериллом, часто с попутным колумбитом-танталитом, иногда с крупнолистоватым мусковитом (калиевые граниты и пегматиты Мадагаскара, слюдяно-берилловые пегматиты Индии и др.). Хрусталеpegматитоносные массивы включают значительное количество внутригранитных пегматитов, в том числе перспективных на горный хрусталь, оgranочный топаз, оптический флюорит и др. (Коростеньский плутон Украины, Зерендинско-Балкашинский, Бектауатинский, Акжайляуский, Кентский и другие Казахстана, Адун-Чолонский Забайкалья, Горихинский Монголии и др.). Грейзеноносные массивы сопровождаются кварцевожильно-грейзеновыми месторождениями и рудопроявлениями W, Mo, Sn, Bi (Акчатауский и Караобинский массивы Казахстана, Айбенштокский Рудных гор, Санта-Комба в Испании, массивы Великого оловянного пояса Бирмы, Таиланда, Индонезии и др.). Альбититогрейзеноносные массивы сопровождаются альбитово-грейзеновыми месторождениями касситерита и колумбита, нередко и кварцевожильно-грейзеновыми месторождениями касситерита, вольфрамита и др. (массивы орлиногорского комплекса в Северном Казахстане, лейкогранитовые мезозойские массивы Нигерии). Мелкие месторождения и рудопроявления редких металлов или горного хрусталя.

- Массивы агпаитовых нефелиновых сиенитов привлекают особое внимание тем, что практически каждый из них обладает уникальными месторождениями редкометальных руд: Ловозеро – лопаритовое и эвдиалитовое оруденение, Посос-де-Кальдас – циркон-бадделеитовые жилы с уран-ториевой минерализацией, Пилансберг – редкоземельно-урановое (бритолитовое) и пирохлоровое оруденение, Илимауссак – стенstrupиновое редкоземельно-урановое и эвдиалитовое оруденение, Хибины – апатитовые и глиноземные руды с редкими землями, стронцием и др. Нефелиновые сиениты и фонолиты используются как ценное стекольное



# Эволюция магматических формаций в истории Земли

- В истории Земли принято выделять четыре стадии тектономагматической эволюции:
  - 1) «лунную» (стадию первичной коры) – более 3,8 млрд лет,
  - 2) нуклеарную – 3,8-2,5 млрд лет,
  - 3) кратонную – 2,5-1,5 млрд лет,
  - 4) континентально-океаническую – 1,5 млрд лет – доныне.

( *Континентально-океаническая* стадия подразделяется на континентальную (1,5-0,25 млрд лет) и континентально-океаническую (0,25 млрд-0) подстадии )

# «Лунная» стадия

- «Лунная» стадия охватывает период от образования Земли в результате аккреции протопланетного вещества до момента прекращения бомбардировки поверхности крупными метеоритами и расшифровывается с трудом. Доказательствами проявления магматизма в эту стадию являются наличие магматических пород среди самых древних образований Земли, интенсивный магматизм Луны, а также вывод о дифференциации к этому времени Земли на ядро, мантию и кору. Тип магматизма определяется как примитивный базальтовый. Стадия считается практически

# *Нуклеарная стадия*

- *Нуклеарная* стадия завершается на рубеже 2,5 млрд лет, когда началось интенсивное образование протоконтинентов. Типичен ареальный площадной характер магматизма и формирование изверженных пород нормальной щелочности – толеитовой и известково-щелочной серий с максимальным развитием **коматиитовых** формаций. Широко представлены плутонические ультрамафиты и кислые породы гранитогнейсовой («серые гнейсы»), мигматитовой и чарнокитовой групп формаций. Формации нуклеарной стадии связаны с зеленокаменными поясами и щитами древних платформ. В зеленокаменных поясах Северо-Американской и Африканской платформ появляются щелочные граниты. Возникают в ходе этой стадии и крупные дифференцированные интрузии базитов (Великая дайка, Стиллуотер и др.). В конце стадии (2,6-2,5 млрд лет) образуются автономные **массивы габбро-анортозитовой (анортозит-монцонитовой)** формации.

- Нуклеарная стадия сравнительно бедна эндогенными месторождениями, хотя в зеленокаменных поясах они довольно многочисленны. Это небольшие магматогенные титаномагнетитовые месторождения в анортозитах Гренландии, Шотландии, Южной Африки, Индии, сульфидные медно-никелевые месторождения Канады, Зимбабве, Австралии в связи с коматиитовой формацией; древнейшие цинково-медные и медно-полиметаллические колчеданные месторождения пояса Абитиби в Канаде, Биг Стабби в Австралии; золоторудные месторождения в сульфидных залежах Барнет в Канаде, в штокверках и жилах Барбертон в Африке, Колар в Индии и др. К более позднему времени относится образование пегматитовых месторождений лития, бериллия, тантала, олова, мусковита (Канада, Зимбабве, Индия, Мадагаскар), керамических пегматитов Карелии, хромитовых месторождений (Великая дайка), железорудных скарнов Алданского щита.

# Кратонная стадия

- *Кратонная* стадия характеризуется объединением сформированных в предыдущую стадию протоконтинентальных ядер в стабилизированные кратоны с типичными платформенными чехлами и зонами внутрикратонной активизации. Массовое образование формаций, слагающих сиалическую часть земной коры. К концу стадии формируется до 90 % существующих ныне сиалических пород. Продолжается образование формаций нуклеарной стадии при резком снижении роли коматиитов и отчетливом увеличении удельного веса таких формаций, как **гранитогнейсовая, мигматитовая, чарнокитовая, анортозитовая, гранитов-рапакиви**, повышении роли калиевых магматитов по сравнению с натриевыми и заметном росте многообразия магматических формаций. Впервые появляются **траппы базальт-долеритовой формации, в конце стадии – ультраосновные щелочные породы с карбонатитами, кимберлиты, альпинотипные гипербазиты и офиолиты, фтор-литиевые граниты субщелочнолейкогранитовой формации**. Значительна роль дифференцированных интрузий **перидотит-пироксенит-норитовой формации**

- В кратонную стадию сформировались магматогенные месторождения хромитов и платины (Бушвельд), апатит-магнетитовых руд типа Кируна в Швеции; колчеданов Австралии (Брокен-Хилл, Маунт Айза), Швеции (Болиден), Северной Америки, Карелии; мусковитовых и мусковит-редкометальных пегматитов Беломорья и Мамы; гидротермальных месторождений серебра (Кобальт в Канаде) и золота (Хоумстейк в США); скарновых и гидротермальных месторождений олова и вольфрама в Карелии и Финляндии; редкометальных приразломных метасоматитов с ураном, танталом, ниобием, бериллием; сульфидных медно-никелевых руд Седбери. К этой стадии приурочен максимум эндогенного сидерофильного, золотого, уранового, никелевого и медного оруденения.

# *Континентальная подстадия*

- *Континентальная подстадия* – охватывает промежуток времени от начала рифея до начала мезозоя, когда континентальная земная кора достигает наивысшей зрелости и характеризуется формированием складчатых поясов и зон тектономагматической активизации. Происходит наращивание и перераспределение вещества сиалической коры, а плавление мантийного субстрата опускается на все более глубокие уровни, что приводит к прогрессирующей генерации и дифференциации субщелочных и щелочных расплавов от ультраосновных и основных до фонолитовых и трахитовых. Наиболее типичной особенностью континентальной подстадии является многообразие связанных с ней магматических формаций. Широко представлены такие формации как **дунит-гарцбургитовая, спилитовая, тоналит-плагиогранитовая, характерные для регионов со зрелой корой формации известково-щелочной серии (базальт-липаритовая, андезитовая, гранитовая, лейкогранит-аляскитовая и др.)**. Образование глубинных разломов в жесткой литосфере способствует выведению этих магм к поверхности с появлением формаций **щелочных, щелочно-базитовых, щелочно-ультрамафитовых пород и кимберлитов**.

# Континентально-океаническая подстадия

- *Континентально-океаническая подстадия* ознаменована распадом Гондваны, образованием современных континентов, Атлантического и Индийского океанов и отличается отчетливо дифференцированным характером магматизма, проявляющимся в континентальных и океанических обстановках. В океанических сегментах литосферы Земли преобладают формации толеитовой серии, распространены известково-щелочные островодужные формации и щелочно-базальтовые формации океанических островов. От ранних фаз магматизма к поздним в океанических сегментах наблюдается нарастание дифференцированности и щелочности базальтовых серий при снижении их кремнекислотности. На континентах развиты формации: **базальт-андезитовая, плагиогранитовая, базальт-липаритовая, андезитовая, гранитовая, лейкогранит-аляскитовая, субщелочнолейкогранитовая, щелочно-ультрамафитовая, кимберлитовая** и др. По количеству формаций, разнообразию их пород континентально-океаническая подстадия превосходит все предшествующие.



# *Континентально-океаническая подстадия*

- По представлениям акад. В.И.Смирнова, континентально-океаническая стадия включает
  - гренвильский (1500-1000 млн лет),
  - байкальский (1000-600 млн лет),
  - каледонский (600-400 млн лет),
  - герцинский (400-250 млн лет),
  - киммерийский (250-100 млн лет)
  - альпийский (моложе 100 млн лет)
- металлогенические этапы.

# гренвильский этап

- Во время гренвильского этапа образовались колчеданные и колчеданно-полиметаллические месторождения (Сулливан в Канаде), золоторудные месторождения Южной Африки, урановые Большого Медвежьего озера в Канаде, серебро-кобальтовые Онтарио, медные и полиметаллические Восточной Сибири, скарновые железорудные месторождения Норвегии, редкоземельные карбонатиты Маунтин-Пасс в США и др.

# Байкальский этап

- Во время байкальского этапа формировались магматические титаномагнетитовые месторождения Норвегии, Канады, Урала (Кусинское), колчеданные Северной Америки и Сибири (Холоднинское, Горевское), редкометальные пегматиты и грейзены Египта, Уганды, Индии, Австралии.

# Каледонский этап

- В каледонский этап магматогенные месторождения титаномагнетитов и хромитов проявлены слабо, но известны железорудные скарновые и широко развиты колчеданные (Фосен в Норвегии, Рио Тинто в Испании, Озерное в Прибайкалье и др.). Второстепенное значение имеют редкометальные граниты Алтае-Саянской области, медно-порфировые (Казахстан), золоторудные и полиметаллические (Англия) месторождения, а также карбонатитовые и пегматитовые (Норвегия, Канада)

# Герцинский этап

- Герцинский этап известен хромитовыми и титаномагнетитовыми магматогенными (Урал), медно-колчеданными и полиметаллическими (Урал, Рудный Алтай) месторождениями, многочисленными и разнообразными месторождениями олова, вольфрама, молибдена, меди, золота, редких элементов, оптического флюорита и пьезокварца в пегматитах, редкометальных гранитах, грейзенах, скарнах и других метасоматитах лейкогранит-аляскитовой, субщелочнолейкогранитовой, щелочногранитовой и других щелочных формаций, месторождениями медно-никелевых руд с платиноидами, алмазов и др.

# Киммерийский этап

- В киммерийский металлогенический период преобладают месторождения цветных, редких, благородных и радиоактивных металлов Забайкалья, Якутии, Чукотки, Приморья и др., в том числе гигантские редкоземельные месторождения в Китае (Баян-Обо) и Монголии.

# Альпийский этап

- Альпийский период отличается большим разнообразием эндогенных полезных ископаемых, охватывающих практически все известные их типы. Среди наиболее масштабных: хромитовые месторождения дунит-гарцбургитовой формации (Филиппины), медно-колчеданные (впадина Красного моря, Атлантика, Кипр), сульфидные месторождения типа Куроко дацит-липаритовой и андезитовой формаций (Япония), золото-серебряные андезитовой формации (Япония, Филиппины, Карпаты, Балканы), медно-порфировые месторождения (с молибденом, золотом), связанные с известково-щелочными вулканоплутоническими поясами (Чили, США, Филиппины, Индонезия), редкометальные, урановые и флюоритовые месторождения, ассоциирующие с онгориолитами и субщелочными лейкогранитами (Калифорния, Невада, Колорадо, Юта, Мексика).

- Сравнительный анализ магматизма различных стадий развития Земли позволяет сделать следующие выводы:
- 1. Общая эволюция магматизма в истории Земли направлена в сторону последовательного расширения спектра магматических формаций и составов магматических пород. В процессе эволюции к древнейшим ассоциациям магматических пород – толеитовой и известково-щелочной серий – последовательно подключаются все более многочисленные формации субщелочных и щелочных пород.
- 2. Площадной и относительно непрерывный во времени магматизм ранних стадий сменяется пульсирующим дискретным магматизмом линейного характера поздних стадий.



- 3. От ранних стадий к поздним сокращается, вплоть до исчезновения, распространение формаций коматиитов, чарнокитов, анортозитов, гранито-гнейсов и мигматитов.
- 4. На поздних стадиях уменьшается роль толеитового магматизма за счет увеличения распространенности формаций известково-щелочной серии.
- 5. Плагиограниты ранних стадий сменяются все более калиевыми гранитами поздних стадий.

- 6. Формации щелочных пород, фтор-литиевых гранитов и онгонитов получают широкое развитие (а некоторые появляются) только начиная с кратонной стадии.
- 7. Интенсивность эндогенного рудообразования повышается от практически безрудной лунной стадии через нуклеарную с нарастанием сидерофильного (Fe, Cr, Mn, Ti, V, Pt) оруденения к кратонной стадии с сидерофильной минерализацией и, наконец, к континентально-океанической стадии с литофильно-халькофильным (W, Sn, Mo, Co, Sb, Ag, Hg и др.) оруденением.

- Эволюция эндогенного оруденения вполне согласуется с эволюцией магматизма в геологической истории. Сидерофильный характер оруденения кратонной стадии связан с широким развитием расслоенных базитовых плутонов и анортозитов, а также дифференцированных базальт-андезит-риолитовых ассоциаций. Литофильно-халькофильный профиль оруденения континентально-океанической стадии коррелируется с широким развитием лейкогранит-аляскитовой, субщелочнолейкогранитовой, щелочных формаций, а также значительным распространением расслоенных базитовых плутонов и базальт-андезит-риолитовых

- В целом ведущей тенденцией эволюции магматизма в истории нашей планеты является смена примитивного коматиит-базитового магматизма глубоко дифференцированным магматизмом с последовательным расширением спектра изверженных пород и возрастанием роли известково-щелочных и щелочных формаций.