

ПЕТРОЛОГИЯ,

часть 2. Магматизм

Лекция 1. Магмы и магматические расплавы

Понятие магмы, строение и свойства магматических расплавов. Модификаторы и сеткообразователи в силикатных расплавах, способы количественного выражения степени полимеризации расплава. Зависимость свойств расплава от его состава, температуры, давления и содержания летучих компонентов. Разнообразие магматических расплавов и магм в природе.

каф.петрологии

Геологический факультет МГУ

2013

Петрология магматических пород

2-й курс, весенний семестр

Введение в петрологию – А.Л.Перчук

Уральская петрографическая практика

3 курс, осенний семестр

Основы магматической петрологии – П.Ю.Плечов

**Петрография магматических пород – семинары –
Л.В.Сазонова, Шкурский Е.Б., М.Ю.Штур**

**Основы математического моделирования в петрологии
В. Д. Щербаков – 20 семинаров по 3 часа**

3 курс, весенний семестр

Эффузивные горные породы – П.Ю.Плечов

4 курс, осенний семестр

Методы изучения флюидных и расплавных включений – П.Ю.Плечов

4 курс, весенний семестр

Динамическая вулканология – П.Ю.Плечов, О.Э.Мельник

Основы петрологии

Лекции по средам, в 12:40 – 14 лекций

Лекторы: проф. Павел Юрьевич Плечов

проф. Алексей Алексеевич Аriskин

Семинары по петрографии - 28 семинаров

313 группа: Людмила Вячеславовна Сазонова

312+328 группы: Борис Борисович Шкурский

305+314 группы: Мария Юрьевна Шур

Основы физической геохимии

Лектор: Андрей Юрьевич Бычков

Семинары: Галина Николаевна Назьмова

Олег Иванович Яковлев

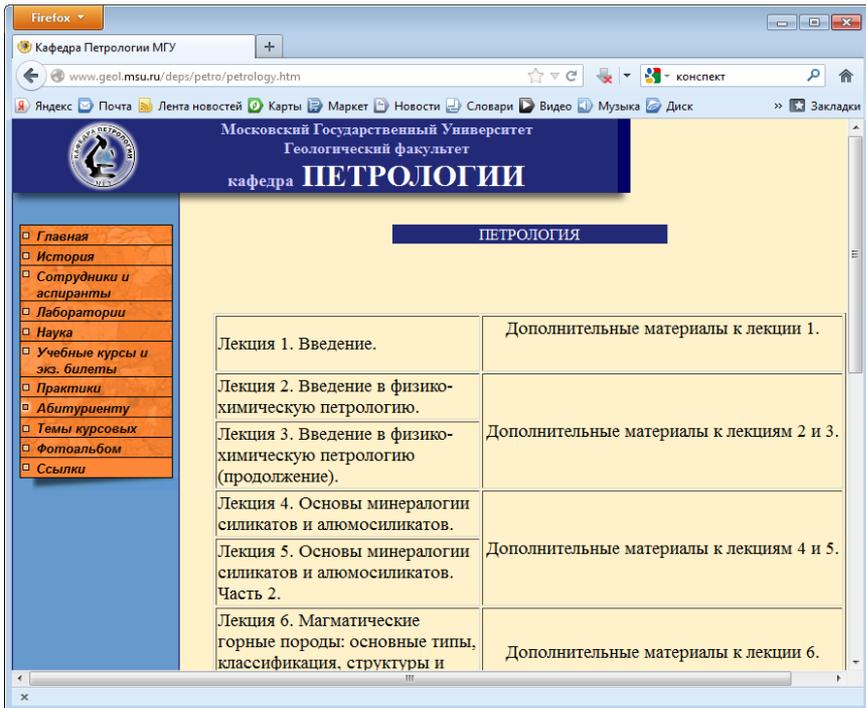
Георгий Сергеевич Николаев

литература по курсу

Главы учебника на сайте кафедры петрологии

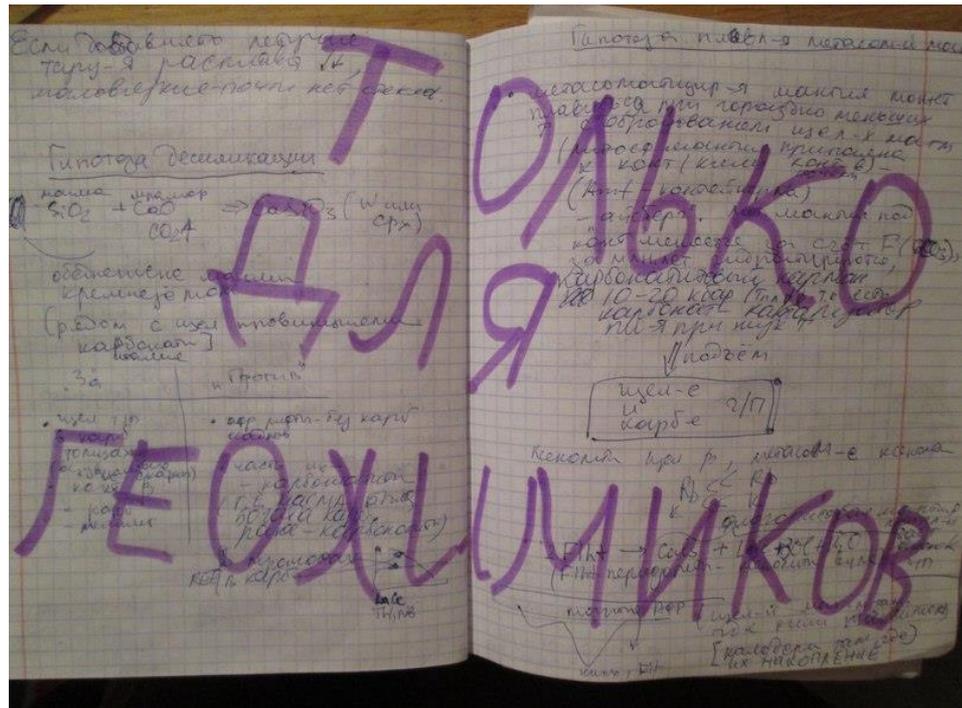
Презентации данных лекций на сайте кафедры петрологии

Конспекты лекций и семинаров в тетрадях студентов



The screenshot shows a web browser window displaying the website of the Department of Petrology at Moscow State University. The page features a navigation menu on the left with links to 'Главная', 'История', 'Сотрудники и аспиранты', 'Лаборатории', 'Наука', 'Учебные курсы и экз. билеты', 'Практики', 'Абитуриенту', 'Темы курсовых', 'Фотоальбом', and 'Ссылки'. The main content area is titled 'ПЕТРОЛОГИЯ' and contains a table of lecture topics and additional materials.

Тема лекции	Дополнительные материалы
Лекция 1. Введение.	Дополнительные материалы к лекции 1.
Лекция 2. Введение в физико-химическую петрологию.	
Лекция 3. Введение в физико-химическую петрологию (продолжение).	Дополнительные материалы к лекциям 2 и 3.
Лекция 4. Основы минералогии силикатов и алюмосиликатов.	
Лекция 5. Основы минералогии силикатов и алюмосиликатов. Часть 2.	Дополнительные материалы к лекциям 4 и 5.
Лекция 6. Магматические горные породы: основные типы, классификация, структуры и	Дополнительные материалы к лекции 6.



The image shows two pages of handwritten student notes in a notebook. The notes are written in Russian and cover topics related to petrology and geochemistry. The left page includes a chemical equation: $SiO_2 + CaO \rightarrow CaSiO_3$ (with 'шуга' and 'срх' in parentheses). It also discusses 'Гипотеза десиликации' and 'обменное выщелачивание кремнезема'. The right page discusses 'Гипотеза плавки' and 'магматическая дифференциация'. Large purple letters 'ТОПОР' and 'ГЕОХИМИКОС' are written across the pages. A small box on the right page contains the text 'шуга и карбонаты' and '2/17'.

литература по курсу

Геологический факультет МГУ: Магматическая петрология

Геовикипедия wiki.web.ru

Поиск по геол. сайтам

Все о геологии | Конференции: Календарь / Материалы | Каталог ссылок | Словарь | Форумы | В помощь студенту | Последние поступления

Навигация

- Главная страница
- Тематический каталог
- Библиотека GeoWiki
- Свежие правки
- Новые статьи
- Популярные статьи
- Требуемые страницы
- Случайная статья
- Справка
- Авторское право

Личные инструменты

- Представиться системе

Инструменты

- Ссылки сюда
- Связанные правки
- Спецстраницы
- История
- Цитировать статью

Благодарим за отзыв! [Назад](#)

Мы проверим это объявление и сделаем все возможное для повышения качества рекламы.

Чтобы рекламные объявления соответствовали вашим интересам, [укажите свои предпочтения](#).

Геологический факультет МГУ: Магматическая петрология

Материал из GeoWiki - открытой энциклопедии по наукам о Земле.

Курс петрологии читается на геологическом факультете МГУ с 2013 г.

Лекции читаются по четвергам, в 12:40, ауд.829 (1-й этаж, корпус 1).

Лекторы: проф. Павел Юрьевич Плечов, пр.ф. Александр Александрович Алексеев.

Вопросы к экзамену

Материалы лекций 2013 г.:

- Лекция 1 - Понятие магмы, строение и свойства магматических расплавов

Понятие магмы, строение и свойства магматических расплавов. Модификаторы и сеткообразователи в силикатных расплавах, способы количественного выражения степени полимеризации расплава. Зависимость свойств расплава от его состава, температуры, давления и содержания летучих компонентов. Разнообразие магматических расплавов и магм в природе.

- Лекция 2 - Принципы классификации плутонических горных пород

Классификация плутонических горных пород по минеральному составу. Связь минерального состава и химизма пород. Принципы использования тройных диаграмм для классификации интрузивных горных пород. Главные семейства плутонических горных пород (гранитоиды, диориты, сиениты, габброиды, анортозиты, пироксениты, перидотиты). Главные семейства плутонических пород щелочного ряда (семейство урит-якупирангит, мельтейгиты, нефелиновые сиениты, лейцитовые породы).

- Лекция 3 - Принципы классификации вулканических горных пород

Классификация вулканических горных пород по текстурным признакам и минеральному составу. Лавы, тефры, туфы, игнимбриты. Главные семейства вулканических горных пород (риолиты, дациты, трахиты, андезиты, базальты, пикриты и коматиты). Главные семейства вулканических горных пород щелочного ряда (командиты-пантеллериты, фениты, нефелиниты, лейцититы, кимберлиты и лампроиты).

- Лекция 4 - Принципы классификации производных несиликатных и малосиликатных магм

Семейства сульфидных, хромитовых, магнетитовых, апатитовых пород. Жидкостная несмесимость. Семейства карбонатитов и кимберлитов. Семейство лампроитов.

- Лекция 5 - Пегматиты

Дополнительная литература по курсу

П. Ф. ЕМЕЛЬЯНЕНКО, Е. Б. ЯКОВЛЕВА

ПЕТРОГРАФИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД

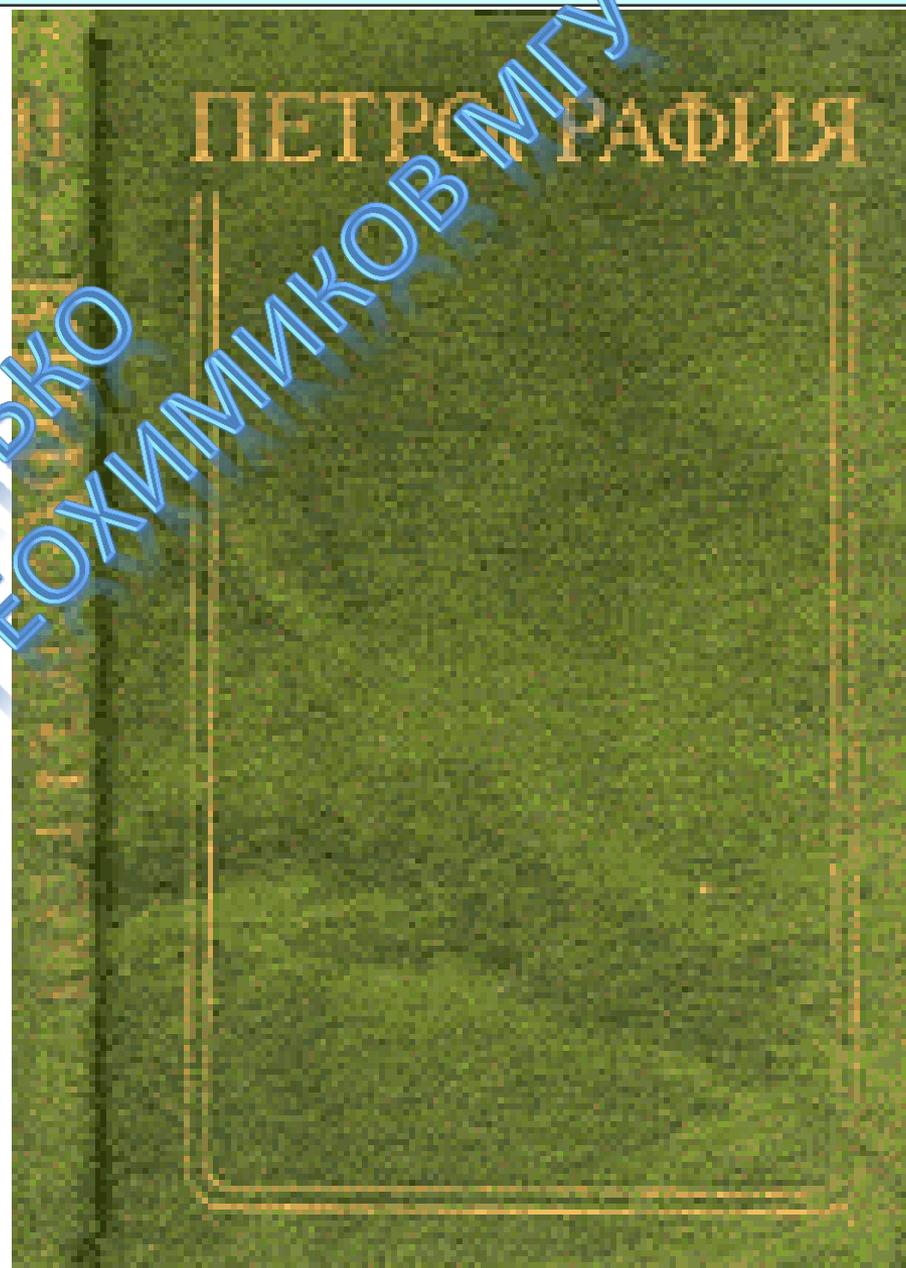


структуры и текстуры горных пород

структуры
и текстуры
изверженных
и метаморфических
горных пород

ЧАСТЬ ВТОРАЯ
ТОМ

Дополнительная литература по курсу



Только
для групп
ГЕОХИМИКОВ
МГУ

Литература по курсу

МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

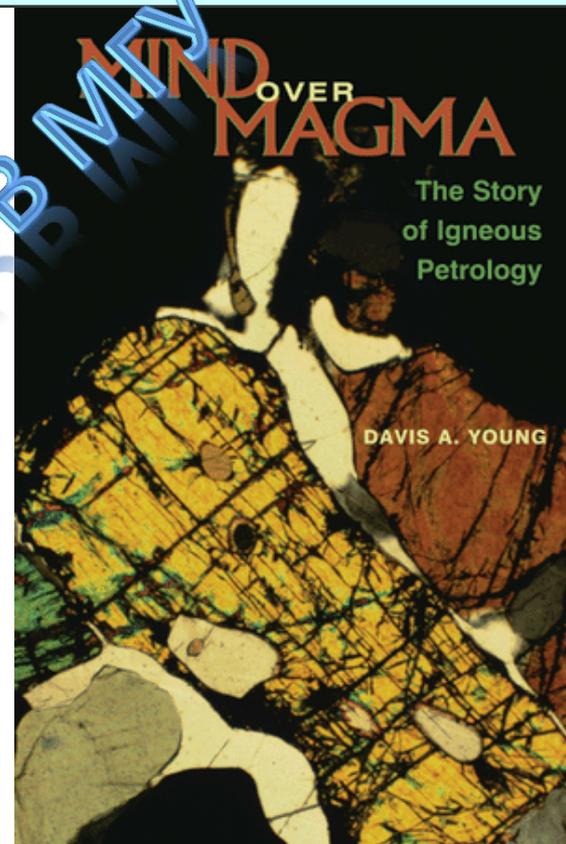
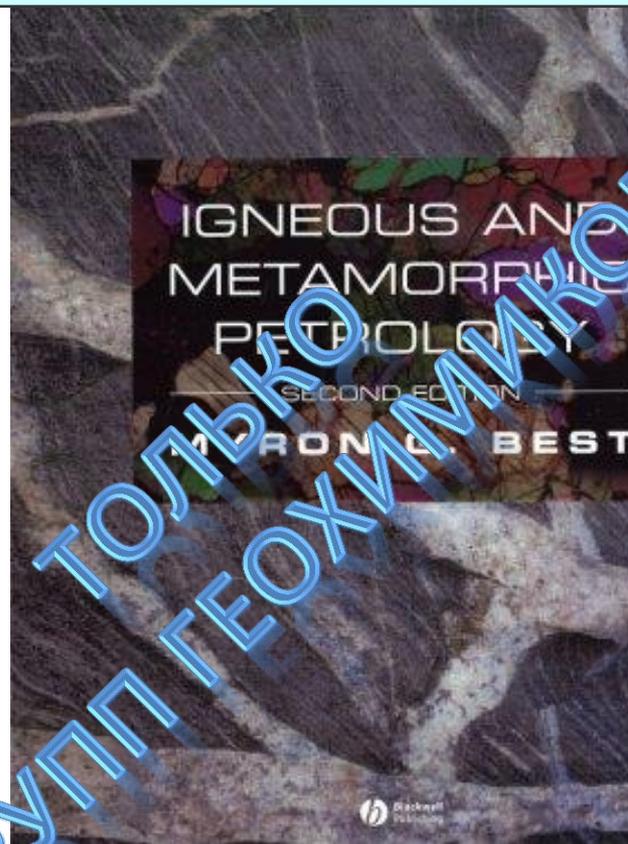
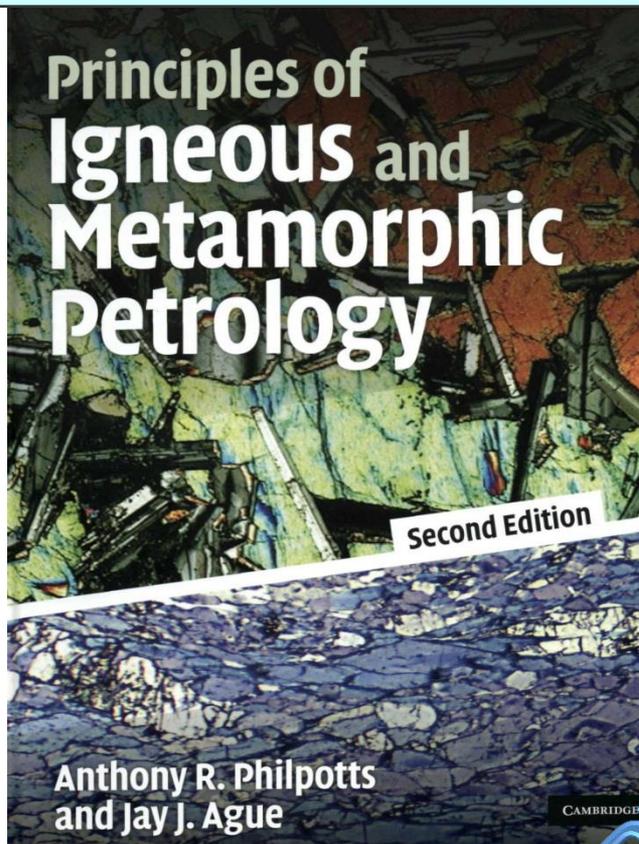
Классификация
Номенклатура
Петрография

Часть 1

**Классические
пяtitомники**

У.А.ДИР • В.А.ХАУИ • А.Ж.ЗУСМАН
ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ
МИНЕРАЛЫ

Дополнительная литература

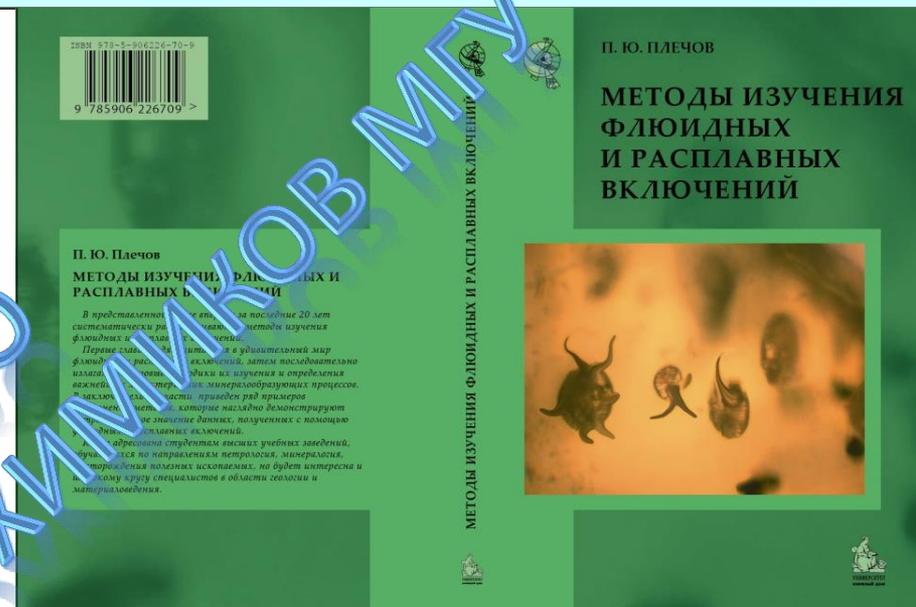


- Philpotts A.R., Ague J.J. Principles of Igneous and Metamorphic Petrology, 2010, 667 pp
- Best M. Igneous and Metamorphic Petrology, Second Edition, 2003, 729 pp
- Best, M. G. Igneous and metamorphic petrology. John Wiley & Sons, 2009.
- Young D. Mind over magma, 712 pp

Дополнительная литература

ОГЛАВЛЕНИЕ

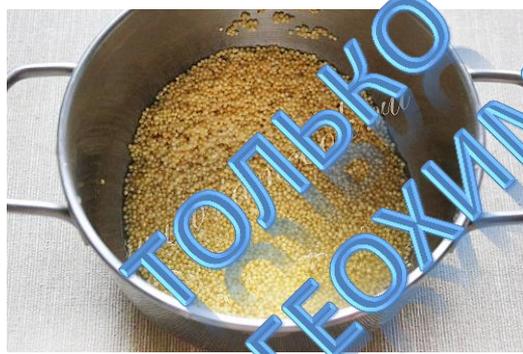
Введение.....	3
Лекция 1. История развития методов изучения флюидных и расплавных включений.....	7
Лекция 2. Базовые определения, рост кристаллов и механизмы образования включений.....	28
Лекция 3. Морфология включений. Обратимые изменения во включениях после захвата.....	61
Лекция 4. Типизация эффектов, влияющих на состав расплавных включений.....	105
Лекция 5. Аналитические методы, используемые при изучении расплавных и флюидных включений.....	147
Лекция 6. Аппаратура для проведения экспериментов с включениями и поведение включений при эксперименте.....	189
Лекция 7. Расчетные методы оценки условий существования магматических расплавов.....	222
Лекция 8. Применение методов изучения включений для исследования магматических процессов.....	242



Пlechov P.Yu. Методы изучения флюидных и расплавных включений, М., КДУ, 2014, 267 с. ~750 руб.

Понятие магмы

Магма (От греч. "магма" - "густая мазь") смесь магматического расплава, кристаллов и/или их сростков и флюидной фазы, способная к перемещению в земной коре.



Вода + соль + Крупа + T = Каша

Расплав + флюид + Кристаллы + T, P = Магма

ТОЛЬКО
ДЛЯ ГРУППЫ
ГЕОХИМИКОВ ВМГУ

Понятия магмы и лавы

Магма, попадающая на поверхность Земли, теряет растворенные летучие компоненты и превращается в лаву.



Лавы = Магма - флюид

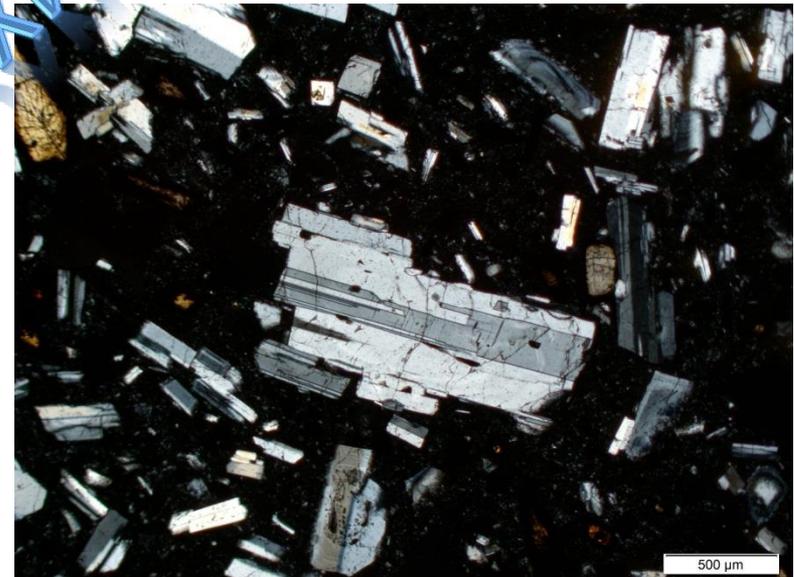
Понятия магмы и лавы

При застывании магмы и лавы образуются магматические породы.

ЗАСТЫВШАЯ МАГМА

ЗАСТЫВШАЯ ЛАВА

Плутонические = Интрузивные Вулканические ≠ Эффузивные



Полнокристаллические

Неполнокристаллические,
Порфировые

Понятие магмы

Магма (От греч. "магма" - "густая мазь") смесь магматического расплава, кристаллов и/или их сростков и флюидной фазы, способная к перемещению в земной коре.

Магма, попадающая на поверхность Земли, теряет растворенные летучие компоненты и превращается в лаву.

При застывании магмы и лавы образуются магматические породы.

Магмы по химическому составу делятся на силикатные, карбонатные, фосфатные, сульфидные и т.д.

Наиболее распространены в земных условиях силикатные магмы.

Понятия, связанные с магмой

- Магматический расплав – жидкая часть магмы. Магматических расплавов в магме может быть несколько. Они необязательно должны быть алюмосиликатными. Для земных условий доказано существование алюмосиликатных, карбонатных, фосфатных, сульфидных магматических расплавов.
- Соотношения расплава и кристаллов определяет способность к перемещению всей массы целиком.

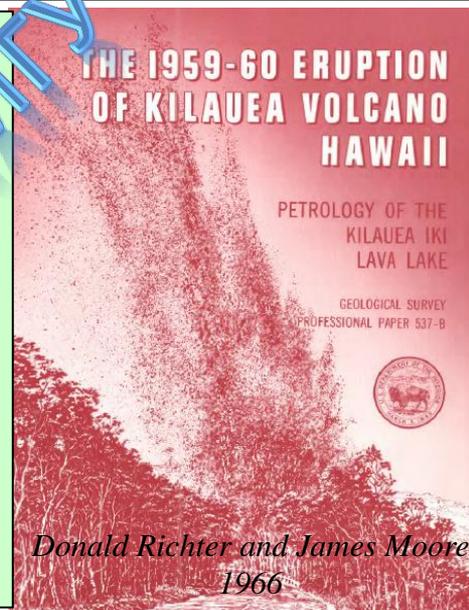
99% расплава + 1% кристаллов → магма,
смесь 1% расплава + 99% кристаллов не способна к перемещению,
т.е. не является магмой. Максимальное количество кристаллов в
магме, с которой она еще способна к перемещению, называется
«**предельная кристалличность**».

Фаза - устойчивая по химическому составу область системы, имеющая границу раздела (фазовую границу).

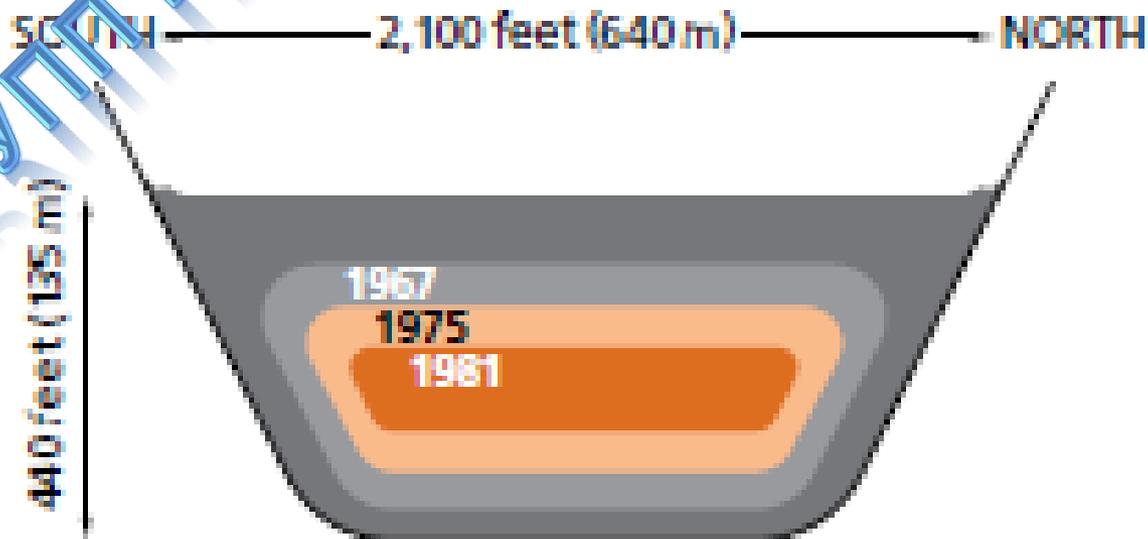
Бурение лавового озера на Гавайях



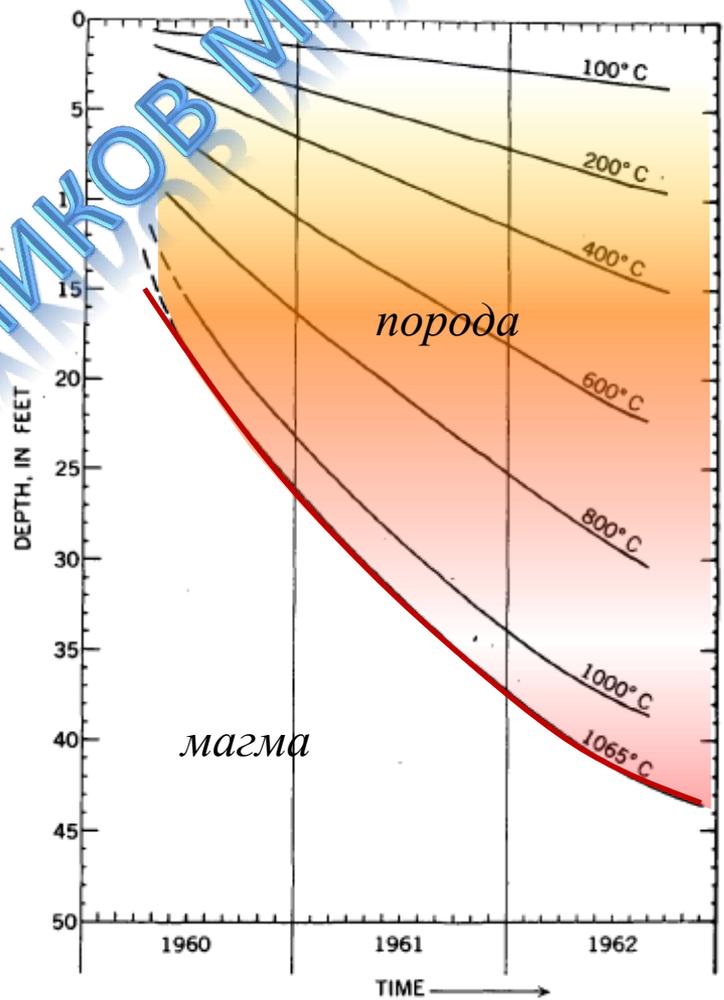
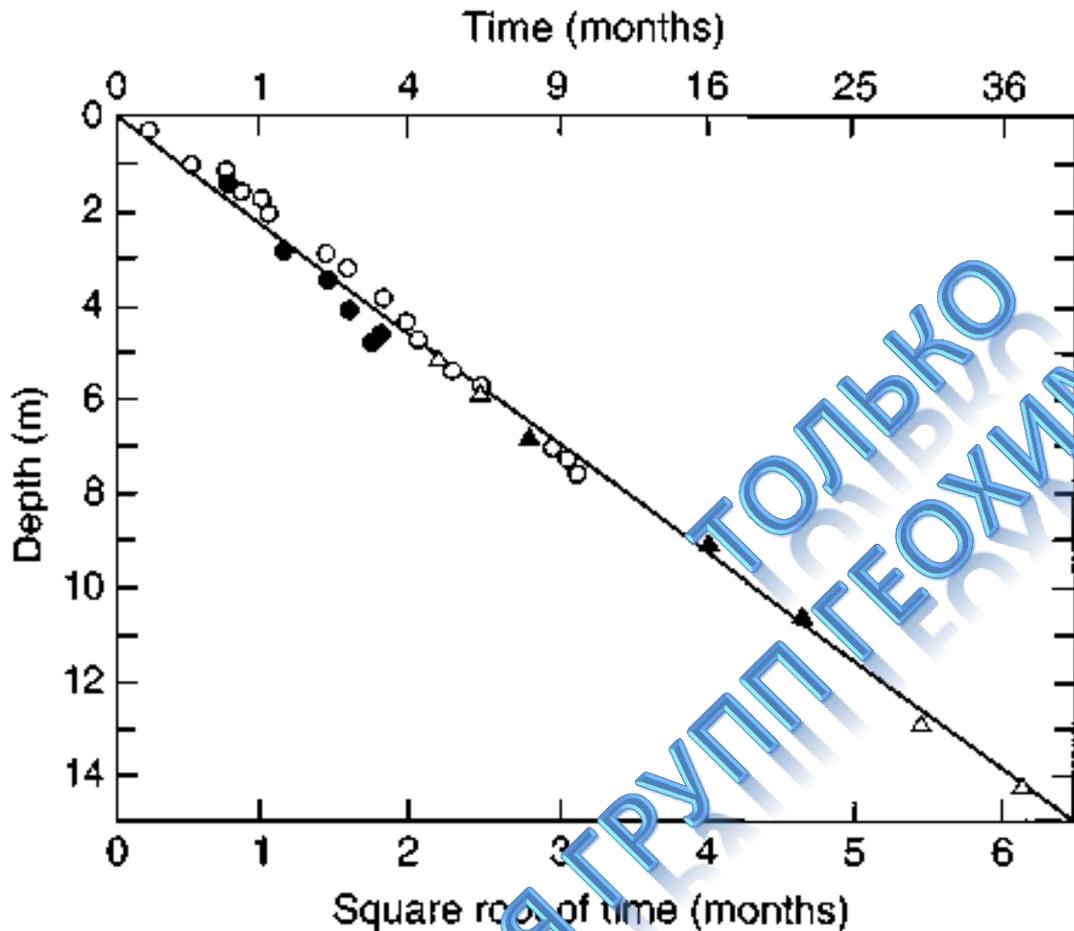
В озере проводилось периодическое бурение. При кристалличности > 55% корка вела себя как твердая порода. При кристалличности < 50% бур свободно продвигался вверх. Температура образования корки ~1065°C. В 1988 г. в озере уже не было магмы, но были участки, содержащие магматический расплав.



Извержение 1959-1960 г.
Длилось 5 недель
Лавы фонтанировали на высоту до 500 м
Образовалось лавовое озеро глубиной 135 м.



Бурение лавового озера на Гавайях

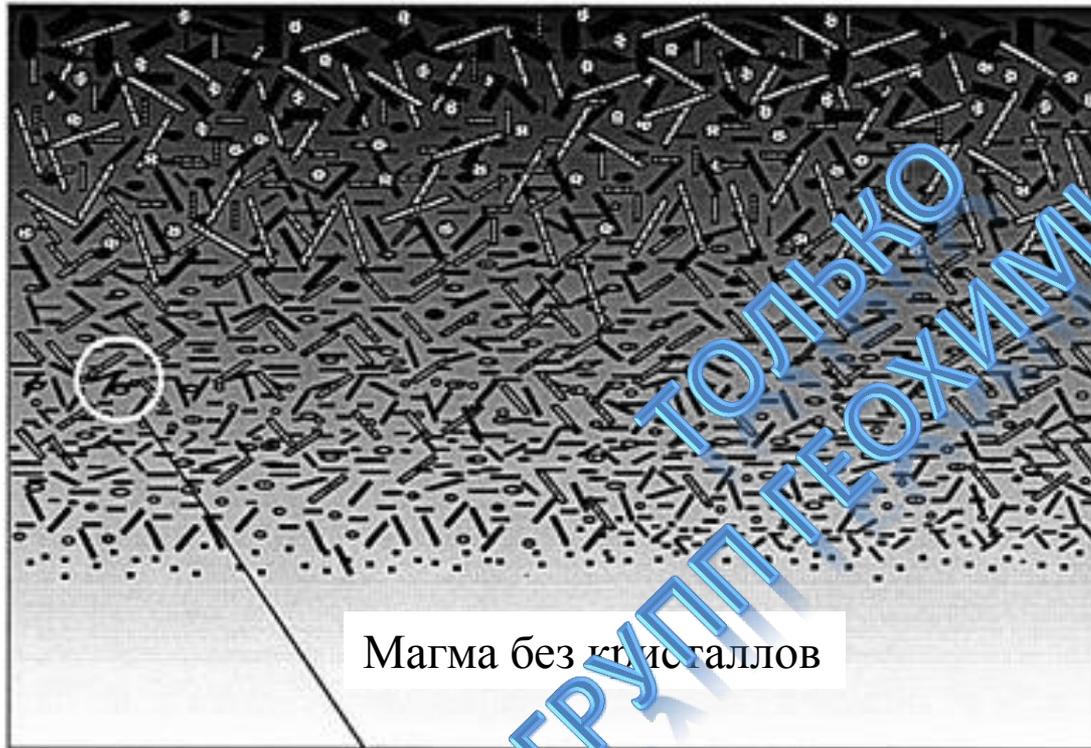


Глубина фронта = $\lambda \cdot \sqrt{t}$

Продвижение фронта затвердевания пропорционально корню из времени

Пределная кристалличность

Marsh, 1989, Marsh, 2002



Полностью застывшая магма

Твердая корка

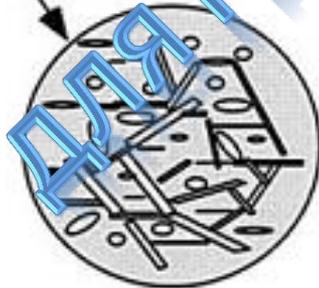
Кристаллическая каша

Фронт связывания

Суспензия

Магма без кристаллов

Магма без кристаллов



Кристалличность

Для лавового озера Килауэа:

Твердая корка $1 \geq F > 0.55$

Кристаллическая каша $0.55 \geq F > 0.25$

Магматическая суспензия $0.25 \geq F > 0$

Магматические расплавы. Плотность.

Плотность магматического расплава определяет возможность его подъема к поверхности, возможность оседания или всплывания кристаллов в магме

Плотность магматического расплава меньше плотности породы и меньше плотности вулканического стекла

При 25 С:

Базальт – 3011 кг/м³

Базальтовое стекло 2960 кг/м³

При 1300 С:

Оливин – 2950 кг/м³

Плагиоклаз (лабрадор) - 2519 кг/м³

Базальтовый расплав Килауэа -2709 кг/м³

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \begin{array}{l} \text{СИ} \quad \text{кг/м}^3 \\ \text{СГС} \quad \text{г/см}^3 \end{array}$$

$$\rho_T = \rho_0 (1 + \alpha_V (T - T_0))$$

α_V (К⁻¹) – коэффициент объемного термического расширения

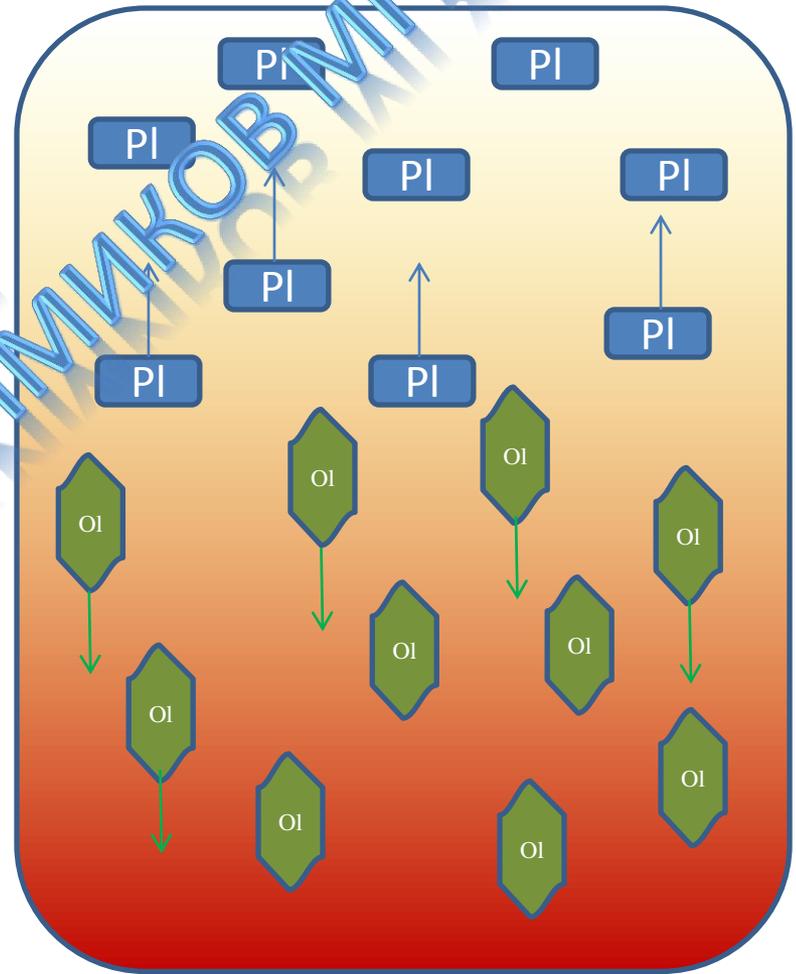
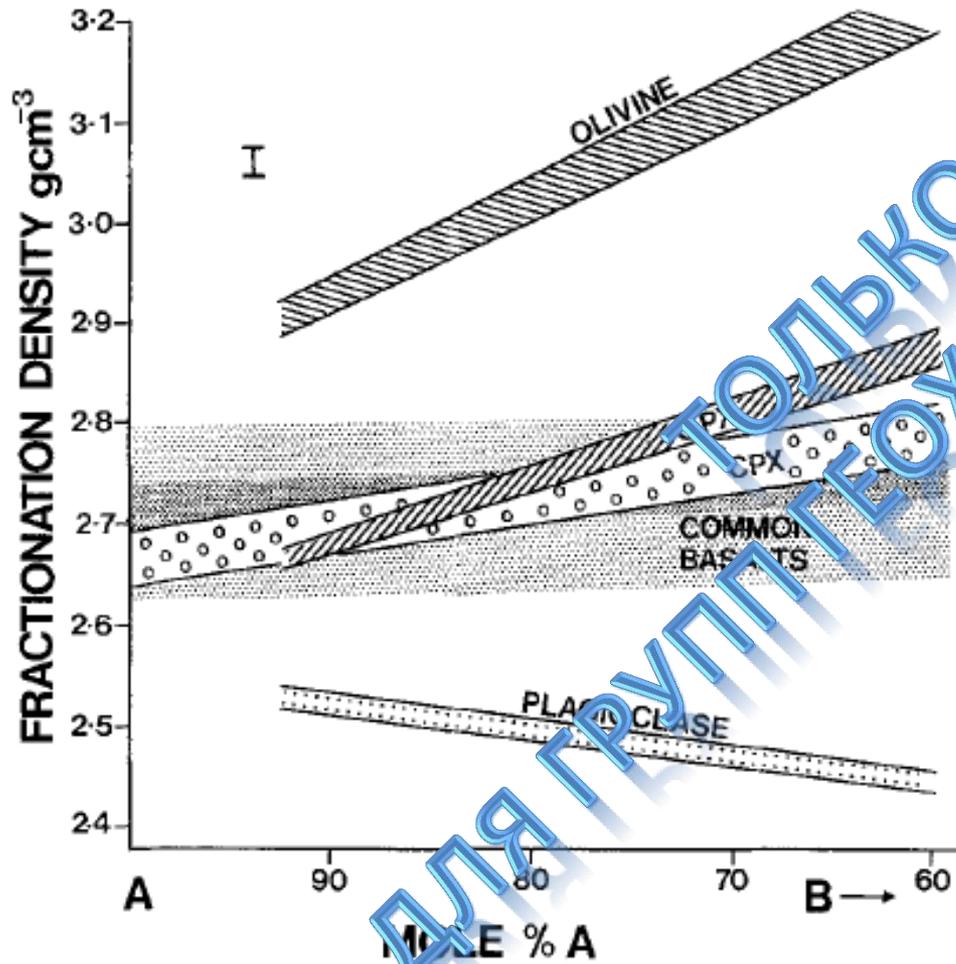
$$\rho_T = \frac{\rho_0}{1 + \alpha_V (T - T_0)} \cong \rho_0 (1 - \alpha_V (T - T_0))$$

$$\alpha_V \sim 3 * 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

Для устного счета:

Порода примерно на 10% плотнее магматического расплава того же состава

Сравнение плотностей расплава и минералов



Sparks, Huppert, 1984

За счет разности плотностей плагиоклазы будут стремиться вверх, а оливины вниз

Вязкость магматических расплавов

Вязкость (η) – физическое свойство, отражающее способность жидкости к течению



Svetlana Sewell

$$\tau = \eta \frac{du}{dz}$$

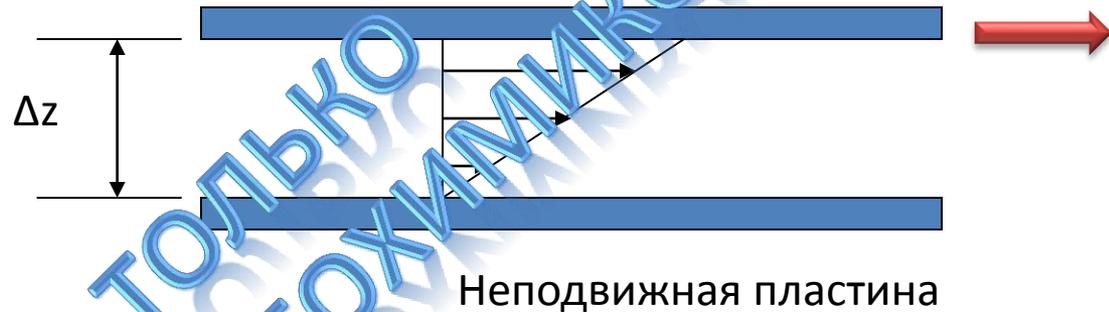
Закон вязкости Ньютона

Закон вязкости Ньютона



$$\tau = \eta \frac{du}{dz}$$

Подвижная пластина движется
С постоянной скор. u



τ (Н/м²) – напряжение деформации
 u (м/с) – скорость
 z (м) – координата

$$\eta = \tau / \frac{du}{dz}, \text{ Па} \cdot \text{сек}$$

Пример решения задачи об определении мощности потока по замеру скорости приведен в конце лекции (дополнительные слайды).

Модели структуры расплава



ТОЛЬКО ГЕОХИМИКОВ МГУ
ДЛЯ ГРУПП

Квазикристаллическая модель:
Предложена А.А.Лебедевым в 1921 г

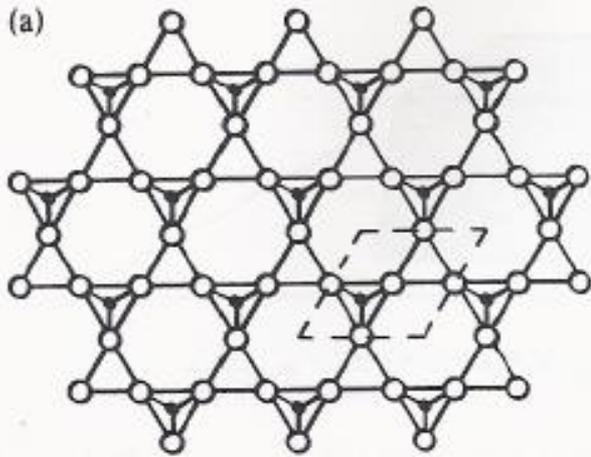
Расплав состоит из хаотично расположенных очень мелких (3-15Å) фрагментов упорядоченных структур минералов, между которыми располагается неупорядоченное пространство

Сетчатая модель:
Предложена В.Х.Захариасеном в 1932 г.

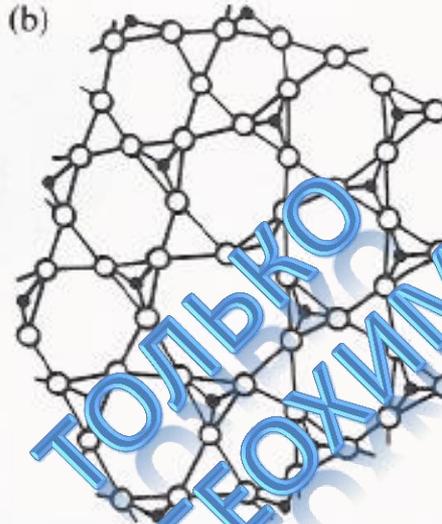
Расплав представляет собой трехмерную неупорядоченную сетку. Кремнекислородные тетраэдры связаны между собой «мостиковыми» атомами кислорода. Немостиковые атомы кислорода означают разрыв сетки.

Структура расплава

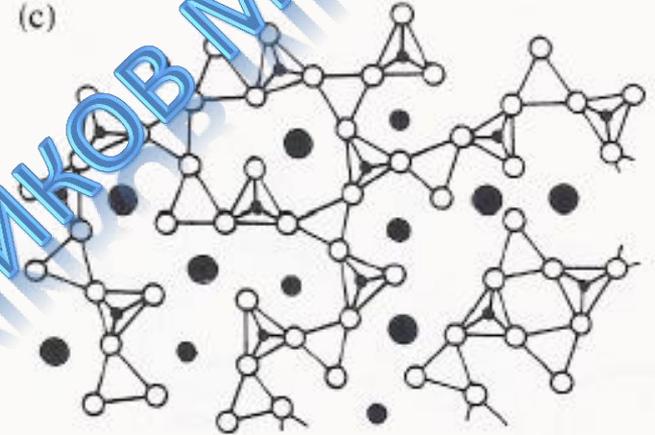
Carmichael, 1974



CRYSTALLINE SILICA



LIQUID SILICA

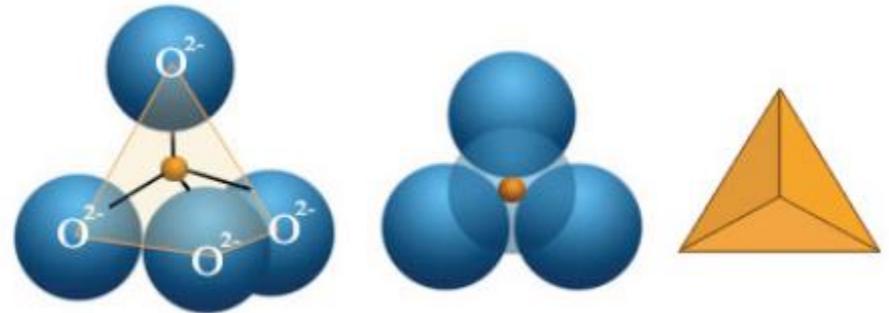


LIQUID DIOPSIDE

Ионно-полимерная структура

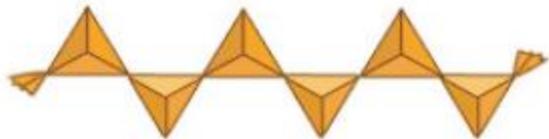
⊕ Bridging oxygen ⊖ Nonbridging oxygen ● Network former (Si) ● Network modifier (Ca) ● Network modifier (Mg)

Сеткообразователи: Si, Al, Fe³⁺
Модификаторы: Ca, Fe²⁺, Mg и др.

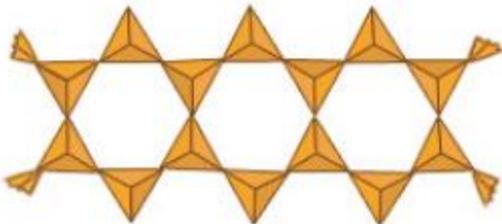


Степень деполимеризации силикатного расплава

$$NBO/T = \frac{\text{количество немостиковых кислородов (NBO)}}{\text{количество тетраэдров (T)}}$$



Полимерные цепочки – на каждый тетраэдр 2 немостиковых кислорода. $NBO/T = 2$



Полимерные ленты – на каждые 4 тетраэдра 6 немостиковых кислорода. $NBO/T = 1.5$



Трехмерный каркас – все кислороды мостиковые. $NBO/T = 0$

Вязкость



ТОЛЬКО ДЛЯ ГРУППЫ ГЕОХИМИКОВ ВМГУ

Расчет NBO/T по составу силикатного расплава

Mysen, 1983:

- Преобразовать в атомные %
- $T = Si + Ti + P$
- Если $Al > Na + K + 2Ca + 2Mg$,
то $T = T + Na + K + 2Ca + 2Mg$
Если $Al < Na + K + 2Ca + 2Mg$,
то
 $T = T + Al$
- Fe^{3+} в T. Если $Na + K > Al$, то
 $T = T + Na + K - Al$
- $NBO = 2O - 4T$
- $NBO/T = (2O - 4T)/T$

Brooker et al., 2001:

$$2 * (MgO + MnO + Na_2O + K_2O + CaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3 - FeO) / (SiO_2 + TiO_2 + 2 * Al_2O_3 + 2 * Fe_2O_3 + FeO + P_2O_5), \text{ mol. \%}$$

Проверка:

Двопсид (щелочный силикат) $CaMgSi_2O_6$

По Мусену: $T = 2$, $NBO/T = (12 - 8) / 2 = 2$

По Брукеру: $NBO/T = 2 * (1 + 1) / 2 = 2$

	wt. %	M ox	mol. Prop.
SiO ₂	49.95	60.084	831.36
TiO ₂	1.00	79.954	12.49
Al ₂ O ₃	14.99	100.181	149.58
Fe ₂ O ₃	0.97	159.695	6.08
FeO	8.12	71.848	112.98
MnO	0.10	70.937	1.41
MgO	9.99	40.311	247.83
CaO	11.99	56.079	213.78
Na ₂ O	2.50	61.979	40.30
K ₂ O	0.20	94.203	2.12
P ₂ O ₅	0.10	141.943	0.70

Базальт

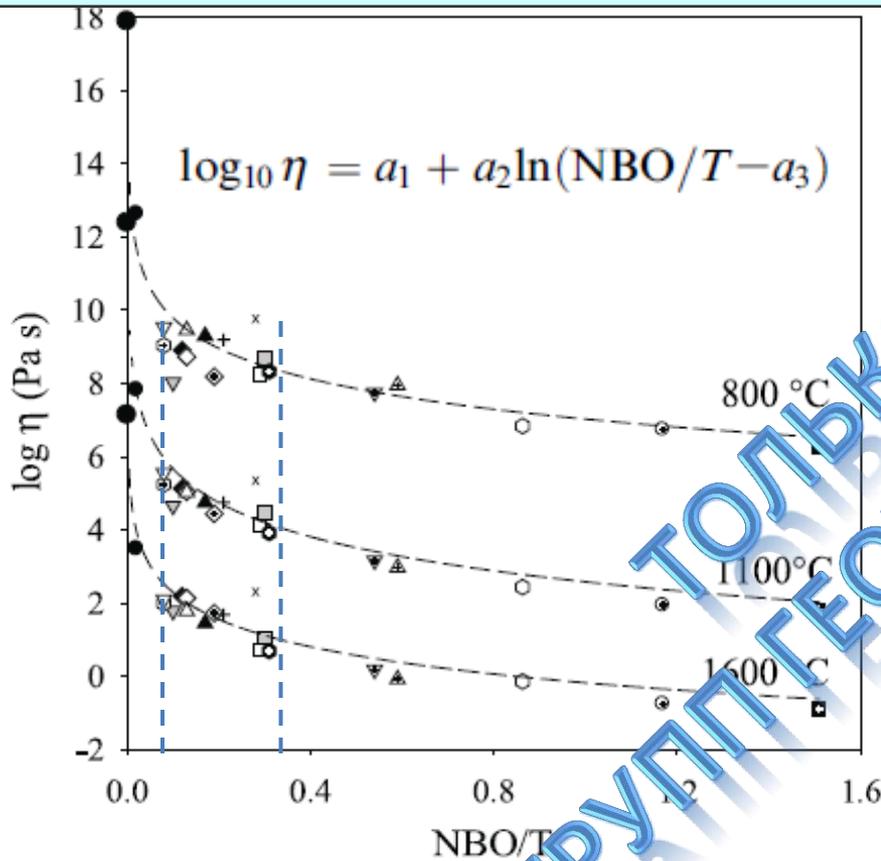
NBO/T = 0.373

	wt. %	M ox	mol. Prop.
SiO ₂	77.00	60.084	1281.54
TiO ₂	0.20	79.954	2.50
Al ₂ O ₃	11.00	100.181	109.80
Fe ₂ O ₃	0.10	159.695	0.63
FeO	0.30	71.848	4.18
MnO	0.10	70.937	1.41
MgO	0.90	40.311	22.33
CaO	2.00	56.079	35.66
Na ₂ O	5.00	61.979	80.67
K ₂ O	3.00	94.203	31.85
P ₂ O ₅	0.10	141.943	0.70

Риолит

NBO/T = 0.076

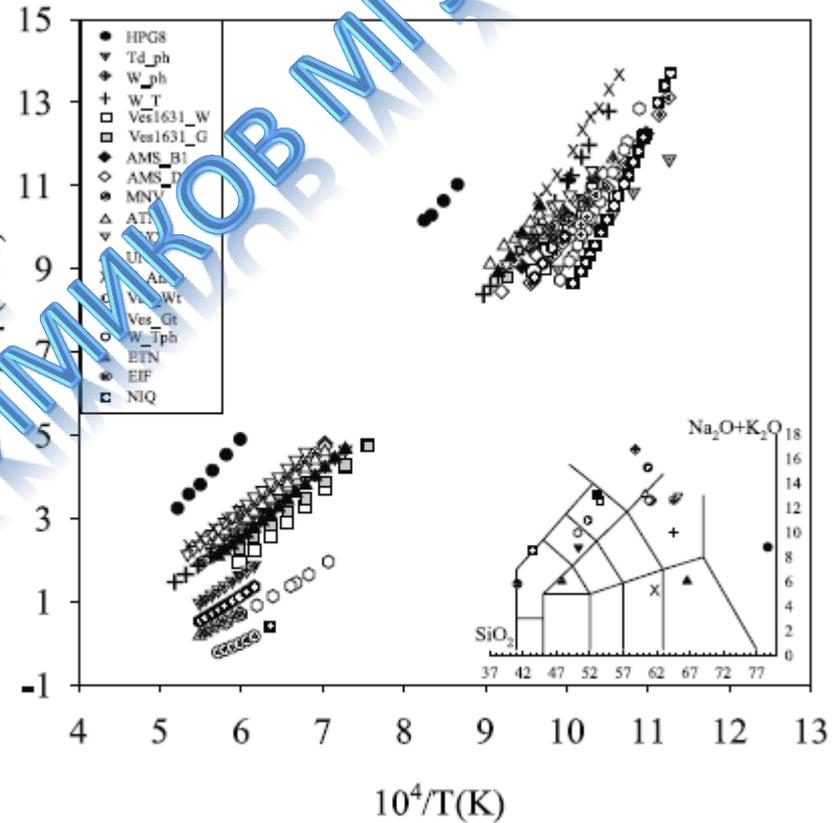
Зависимость вязкости от состава и температуры



$$a_1 = -0.15139 \frac{1129.19}{T(^{\circ}\text{C})} - \frac{138.914}{[T(^{\circ}\text{C})]^2} + \frac{1.29 \times 10^9}{[T(^{\circ}\text{C})]^3}$$

$$a_2 = -0.00071 \frac{347.0}{T(^{\circ}\text{C})} - \frac{720.781}{[T(^{\circ}\text{C})]^2} + \frac{2061030}{[T(^{\circ}\text{C})]^3}$$

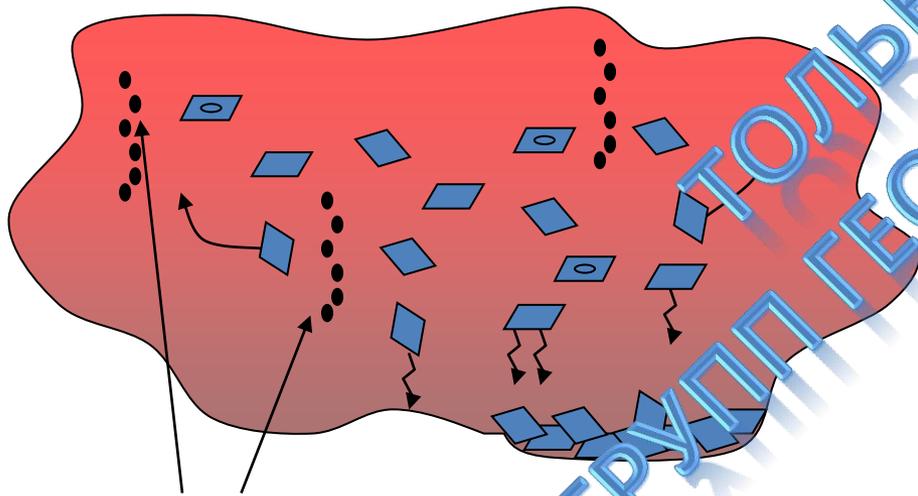
$$a_3 = -5.44516 \frac{309.88}{T(^{\circ}\text{C})} - \frac{3390935}{[T(^{\circ}\text{C})]^2} + \frac{3144300695}{[T(^{\circ}\text{C})]^3}$$



$$\eta = \eta_0 e^{-\frac{E}{RT}}$$

Базовые определения

Флюидные (летучие) компоненты – химические соединения с низкой температурой кипения ($<100\text{ C}$ при 1 атм). К распространенным флюидным компонентам в магмах относятся **H_2O , CO_2 , H_2 , CH_4 , Cl_2 , F_2 , HCl , HF , SO_2 , N_2 , NH_3 , He , Ar** . Это элементы-газы (водород, кислород, азот, галогены, инертные газы) и их соединения друг с другом и серой.



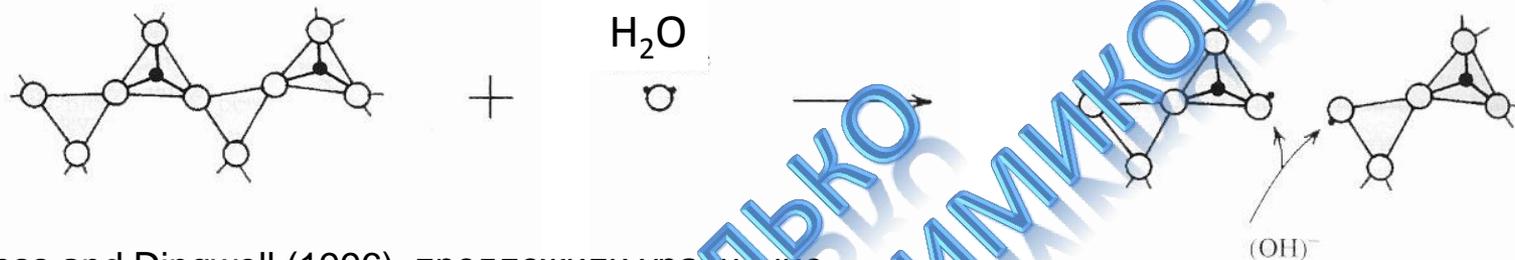
Флюидные пузырьки

Летучие компоненты могут быть растворены в магме и могут находиться в виде самостоятельной **флюидной фазы** (например, пузырьки газа в магме). Растворимость летучих компонентов в магме резко падает с уменьшением давления, т.е. при подъеме магма дегазирует.

Во флюиде, отделяющемся от магмы, может содержаться большое количество растворенных рудных компонентов.

Влияние растворенных флюидных компонентов на вязкость магматического расплава

Молекула воды разрывает Si-O-Si связи, уменьшая степень полимеризации расплава



Hess and Dingwell (1996) предложили уравнение, учитывающее воду:

$$\log \eta = [a_1 + a_2 \ln(w)] + \frac{[b_1 + b_2 \ln(w)]}{T - [c_1 + c_2 \ln(w)]}$$

η - вязкость, w - содержание воды (мас.%), T - температура ($^{\circ}\text{K}$), a_1 , a_2 , b_1 , b_2 , c_1 , and c_2 коэффициенты.

Значения коэффициентов:

$$\begin{aligned} a_1 &= -3.54 \\ a_2 &= 0.83 \\ b_1 &= 9601 \\ b_2 &= -2368 \\ c_1 &= 196 \\ c_2 &= 32 \end{aligned}$$

Растворенная в расплаве вода резко уменьшает вязкость расплава

Влияние флюидной фазы на вязкость магмы



$$\eta_{magma} = \eta_{melt} \left(1 - \frac{\phi}{\phi_0} \right)^{-5/2}$$



ϕ (об. доля) – количество пузырьков в магме (лаве)
 ϕ_0 (об.доля) – максимально возможное количество пузырьков. В случае плотнейшей упаковки, $\phi_0 \sim 0.6$

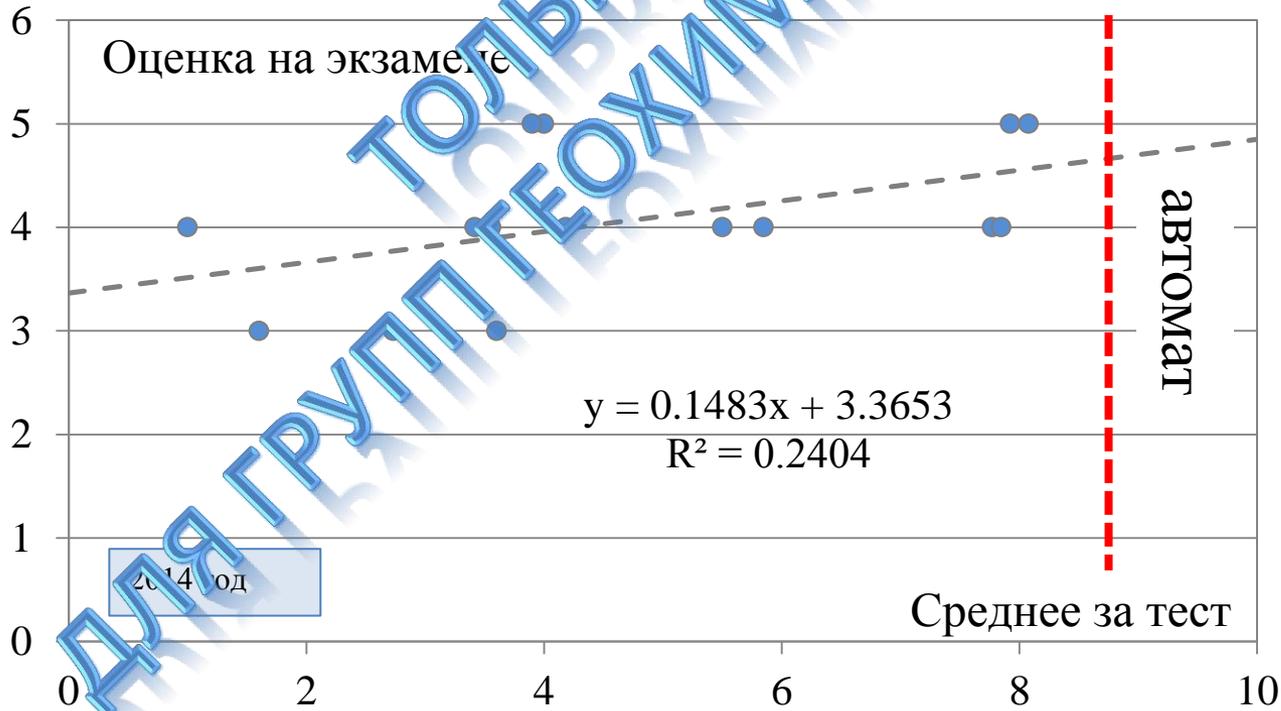
Пена имеет гораздо большую вязкость, чем вода

Свободная флюидная фаза увеличивает вязкость магмы (но не магматического расплава).

Кристаллы также увеличивают вязкость магмы (но не магматического расплава).

Готовьтесь к тесту !!

Наследуется система прошлого семестра:
В начале каждой лекции будет тест из 5
вопросов по материалам предыдущей лекции



Готовьтесь к тесту !!

PDF файлы с презентациями лекций будут выкладываться на сайте кафедры петрологии

и

На странице курса на GeoWiki (wiki.web.ru)

Пароль не нужен!!

Для успешных ответов на вопросы теста необходимо хотя бы пару раз внимательно просмотреть презентацию и свои записи на лекции. Почти 100% результат достигается при составлении собственного конспекта по теме лекции с использованием записей, презентаций, учебников и другой литературы.

До новых ВСТРЕЧ!!

Применение закона Ньютона к лавовому потоку

Дано:

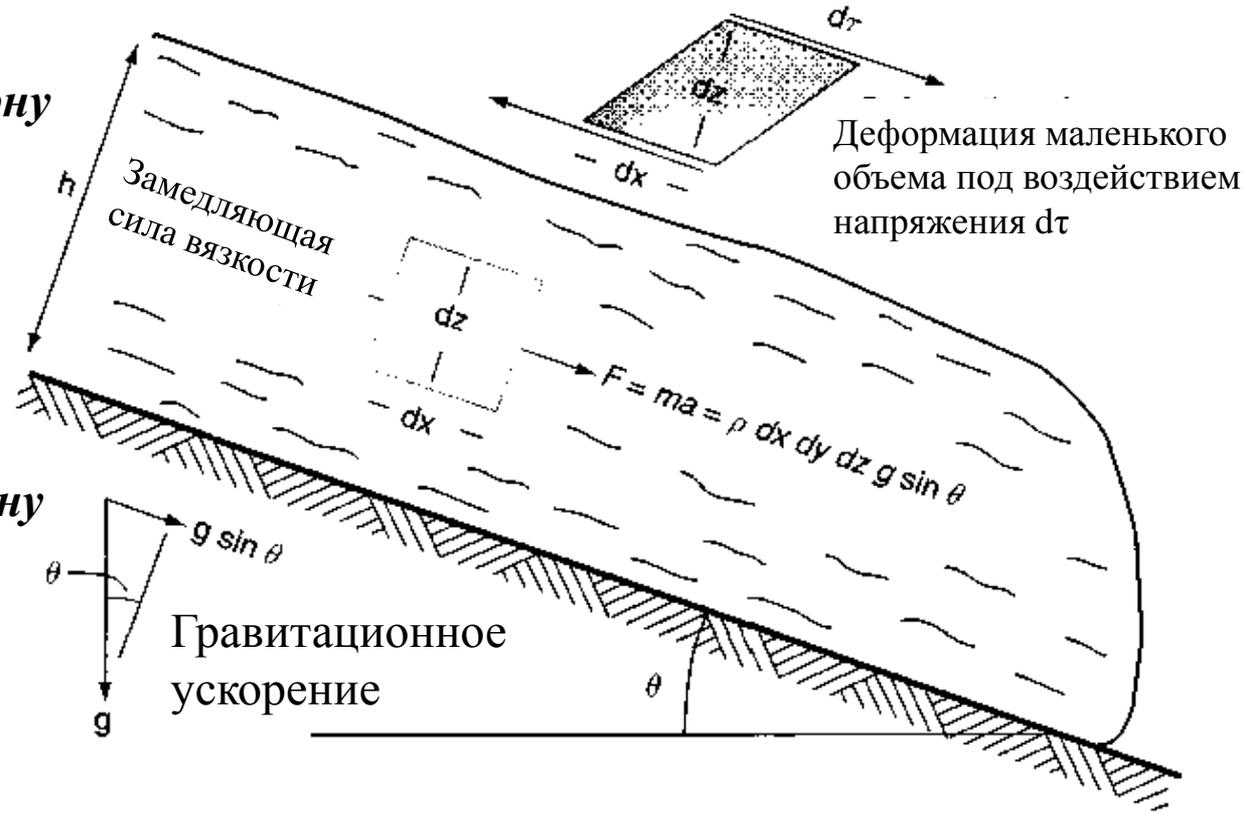
Лавовый поток течет по склону вулкана Толбачик со скоростью 2 м/с.

Угол склона 7.5 градусов.

Плотность лавы 2610 кг/м³

Вязкость лавы 944 Па*с

Оценить максимальную глубину лавового потока, предполагая ньютоновское поведение жидкости



Поскольку поток стационарен (нет ускорения), можно считать равной нулю сумму всех сил

$$0 = F + \text{Замедляющая сила вязкости} = \rho \cdot dx \cdot dz \cdot g \sin \theta + \tau \cdot dx \cdot dz$$

Применение закона Ньютона к лавовому потоку

$$0 = F + \text{Замедляющая сила вязкости} = \rho \cdot dx \cdot dz \cdot g \sin \theta + \tau \cdot dx$$

$$\rho \cdot dx \cdot dz \cdot g \sin \theta = -\tau \cdot dx$$

$$\tau = -\rho \cdot dz \cdot g \sin \theta$$

Если τ не зависит от z , то можно проинтегрировать:

$$\tau = -\rho \cdot g \sin \theta \cdot z + Const$$

$\tau=0$ на поверхности потока, когда $z = h$

Отсюда,

$$Const = \rho \cdot g \sin \theta \cdot h,$$

а формула примет вид:

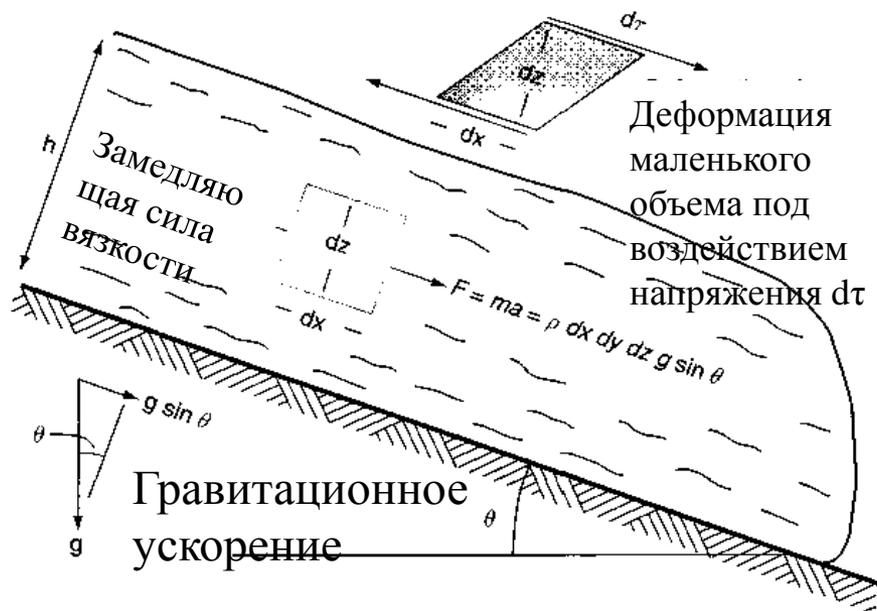
$$\tau = \rho \cdot g \sin \theta \cdot (h - z) = \eta \frac{du}{dz}$$

Интегрируем еще раз по dz :

$$u = \frac{\rho \cdot g \sin \theta}{\eta} \cdot \left(hz - \frac{z^2}{2} \right) + Const$$

Закон Ньютона

$$\tau = \eta \frac{du}{dz}$$



Применение закона Ньютона к лавовому потоку

$$u = \frac{\rho \cdot g \sin \theta}{\eta} \cdot \left(hz - \frac{z^2}{2} \right) + \text{Const}$$

На дне потока скорость равна нулю, т.е. при $z=0$ - $u=0$.
Отсюда $\text{Const}=0$ и, конечная формула:

$$u = \frac{\rho \cdot g \sin \theta}{\eta} \cdot \left(hz - \frac{z^2}{2} \right)$$

Замеренная скорость относится к поверхности потока, где $z=h$.
Подставим все величины в уравнение:

$$2 \text{ м/с} = \frac{2610 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 9.81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \sin 7.5^\circ}{944 \text{ Па} \cdot \text{с}} \cdot \left(\frac{h^2}{2} \right)$$

$$h^2 = \frac{2 \cdot 2 \cdot 944}{2610 \cdot 9.81 \cdot 0.1305} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{Па} \cdot \frac{\text{с}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \right) = 1.13 \text{ м}^2$$

Ответ: максимальная мощность потока $\sqrt{1.13} = 1.06 \text{ м}$