

# Литология

## КРЕМНИСТЫЕ ПОРОДЫ



# Содержание

*Общая характеристика, номенклатура и классификация кремнистых пород.*

*Главные типы кремнистых пород.*

*Структурные особенности, минералогический петрографический состав кремнистых пород.*

*Условия образования, распространение и практическое значение кремнистых пород.*

# **Общая характеристика кремнистых пород**

# Определение

**Кремнистыми** (или **силицитолитами**) именуется породы, более чем на 50% состоящие из минералов группы оксидов кремния — опала, кристобалита, тридимита, халцедона и развивающегося по ним кристаллически-зернистого кварца. (Япаскурт О.В., 2008)

В.Т. Фролов в 1992 г. предложил называть их **кремневми**.

Кварцевые алевролиты, песчаники, гравелиты и конгломераты данной группе не принадлежат – это обломочные породы  
Кварциты – образования метаморфические

Кремневые породы по своей распространенности занимают 4-е место после карбонатных (1,5—2% всего осадочного материала).

# Минеральный состав

*Опал* – преимущественно или только аморфный кремнезем  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  с переменным содержанием воды, с низкой плотностью (около 2,1), растворимый в  $\text{KOH}$ , с низким показателем преломления (чаще всего от 1,38 до 1,46).

# Минеральный состав

Опал обнаружен только в кайнозойских и мезозойских силикатах, а в более древних он замещен халцедоном и кварцем.



# Минеральный состав

*Кристобалит*  $\text{SiO}_2$  низкотемпературный - тетрагональный или псевдокубический, с низкими преломлением и двупреломлением, существующий при температурах до  $200\text{—}275^\circ\text{C}$ , обычно коллоидальный, пластинчатый или волокнистый, метастабильный, растворяется в расплавленной  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

# Минеральный состав

В седиментогенных и метасоматических опалитах более распространен *неупорядоченный кристобалит*.

Под СЭМ устанавливается, что опалиты слагаются глобулями диаметром 1-5 мкм, представляющими собой *леписферы* – срастания опала с пластиночками кристобалита, которые напоминают гипсовые розы.



# Минеральный состав

*Тридимит*  $\text{SiO}_2$  низкотемпературный - ромбический или моноклинный коллоидально-пластинчатый и волокнистый минерал с низкими преломлением и двупреломлением, метастабильный, при  $117^\circ\text{C}$  переходящий в высокотемпературную модификацию, а потом и в кварц.

# Минеральный состав

*Халцедон*  $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$  – группа ультра- или криптоволоконистых по размеру коллоидальных минералов с кристаллической решеткой кварца.

# Минеральный состав

*Кварц*  $\text{SiO}_2$  – полнокристаллическая разновидность кремнезема тригональной сингонии с низким положительным рельефом, низким двупреломлением, положительного оптического знака, положительного удлинения, без спайности, с удельным весом 2,65 и твердостью 7.

# Главные типы кремнистых пород

По их внешнему облику и минеральным составам делятся на две главные категории.

1. **Опаловые**, реже **халцедоно-опаловые** образования, которые визуальюно именуются как пелитоморфные.

Они обладают характерным «землистым», шершавым на ощупь, изломом.

# Главные типы кремнистых пород

По их внешнему облику и минеральным составам делятся на две главные категории.

2. **Халцедоновые** и **кварцево-халцедоновые** породы.

Они более крепкие и монолитные, на свежем изломе имеют *афанитовую*, или стекловатую, макроструктуру (похожи на поперечный скол разбитого толстого стекла, без признаков зернистости).

# Главные типы кремнистых пород

Истинные микроструктуры и компонентные составы кремнистых пород выявляются только под микроскопом.



# Классификация (по В.Т. Фролову, 2008, с сокращениями)

Структуры		Минеральный состав						
		опал и кристобалит	халцедон и кварц	кварц				
биоморфные	диатомовая	диатомиты	кремни	нет	кварциты апосилитовые	нет		
	радиоляриевая	радиоляриты		кремни и яшмы радиоляриевые, спикуловые		радиоляриевые		
	спикуловая	спонголиты				спонголитокварциты		
абиморфные	аморфная: а) сплошная б) глобулярная	трепелы, опоки		нет		кварциты апосилитовые	нет	нет
	криптокристаллическая	порцелланиты		кремни, фтаниты, яшмы				
	кристаллическая	нет		нет				

# Главные типы кремнистых пород

К опаловым разновидностям относятся *трепелы* и *опоки*.

Это светло-серые, очень легкие, некрепкие, неразмокающие породы.

На изломе они похожи на мел, но не «вскипают» в HCl.

# Главные типы кремнистых пород

*Трепел* (нем. Tripel, от названия города Триполи в Северной Африке) тонкопористая опаловая осадочная горная порода, рыхлая или слабосцементированная, очень лёгкая.

# Главные типы кремнистых пород

Сложен преимущественно мелкими сферическими опаловыми, иногда халцедоновыми тельцами (глобулями) размером 0,01—0,02 мм.

# **Главные типы кремнистых пород**

Обычно в небольшом количестве содержит глинистое вещество, зёрна глауконита, кварца, полевых шпатов. Цвет от белого и сероватого до бурого, красного и чёрного.

# Главные типы кремнистых пород

*Трепелы* очень пористы (до 90%), их объемный вес близок к 1.

*Опоки* – более уплотненная разновидность (объемный вес от 1,2 до 1,8 г/см<sup>3</sup>); по внешнему виду похожи на скол фаянса.

# Главные типы кремнистых пород

Состоит в основном из микрозернистого опала (до 97%), обычно с примесью глины, песка, глауконита и др.; присутствуют плохо сохранившиеся остатки диатомей и спикулы губок.

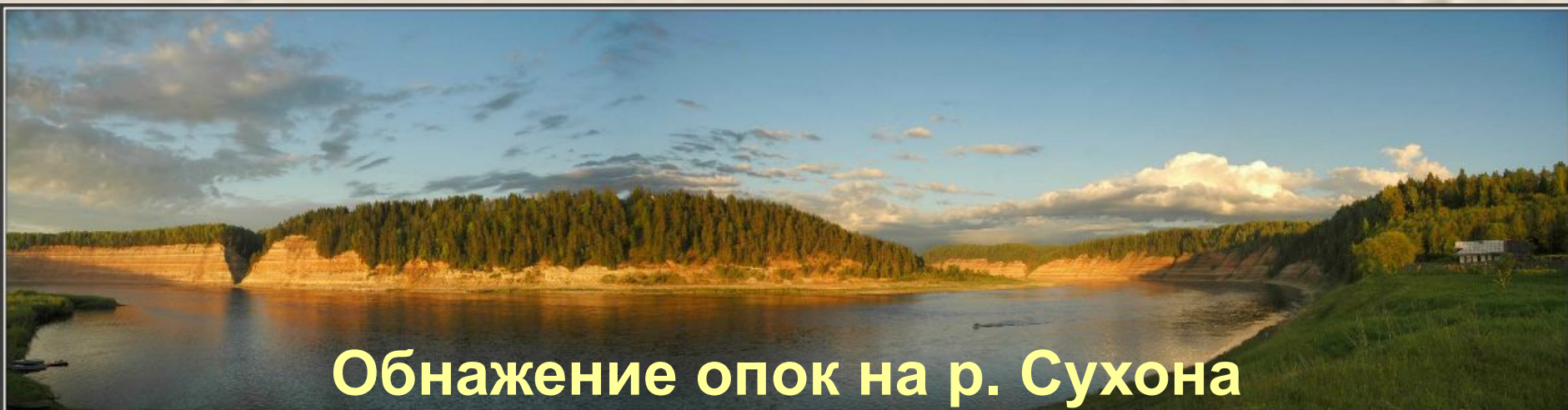
Цвет от светло-серого до тёмно-серого, почти чёрного.



**трепел**



**опока**

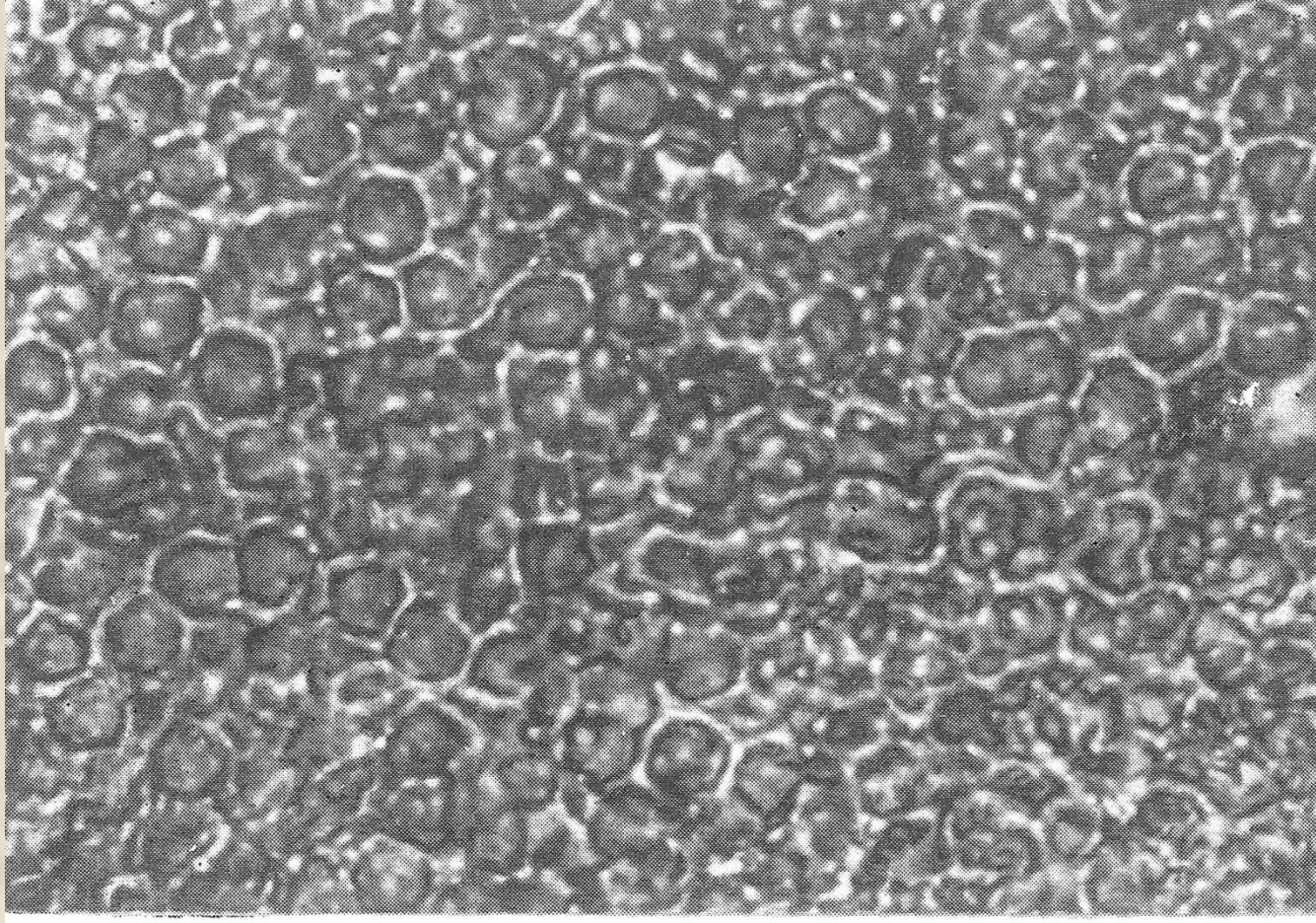


**Обнажение опок на р. Сухона**





**опока**



# Главные типы кремнистых пород

Опаловые породы с биоморфными структурами представлены *диатомитами*, *радиоляритами* и *спонголитами*.

# Главные типы кремнистых пород

*Диатомиты* сложены тончайшими скелетами диатомовых водорослей.

Внешне диатомиты похожи на трепел, но легче его и не тонут в воде; поры составляют до 97 % объема породы.

# Главные типы кремнистых пород

Обычно это рыхлая или слабо сцементированная порода, светло-серого или желтоватого цвета.

На 96% состоит из водного кремнезёма (опала).

В различных количествах встречаются шарики (глобули) опала, а также обломочные и глинистые минералы.



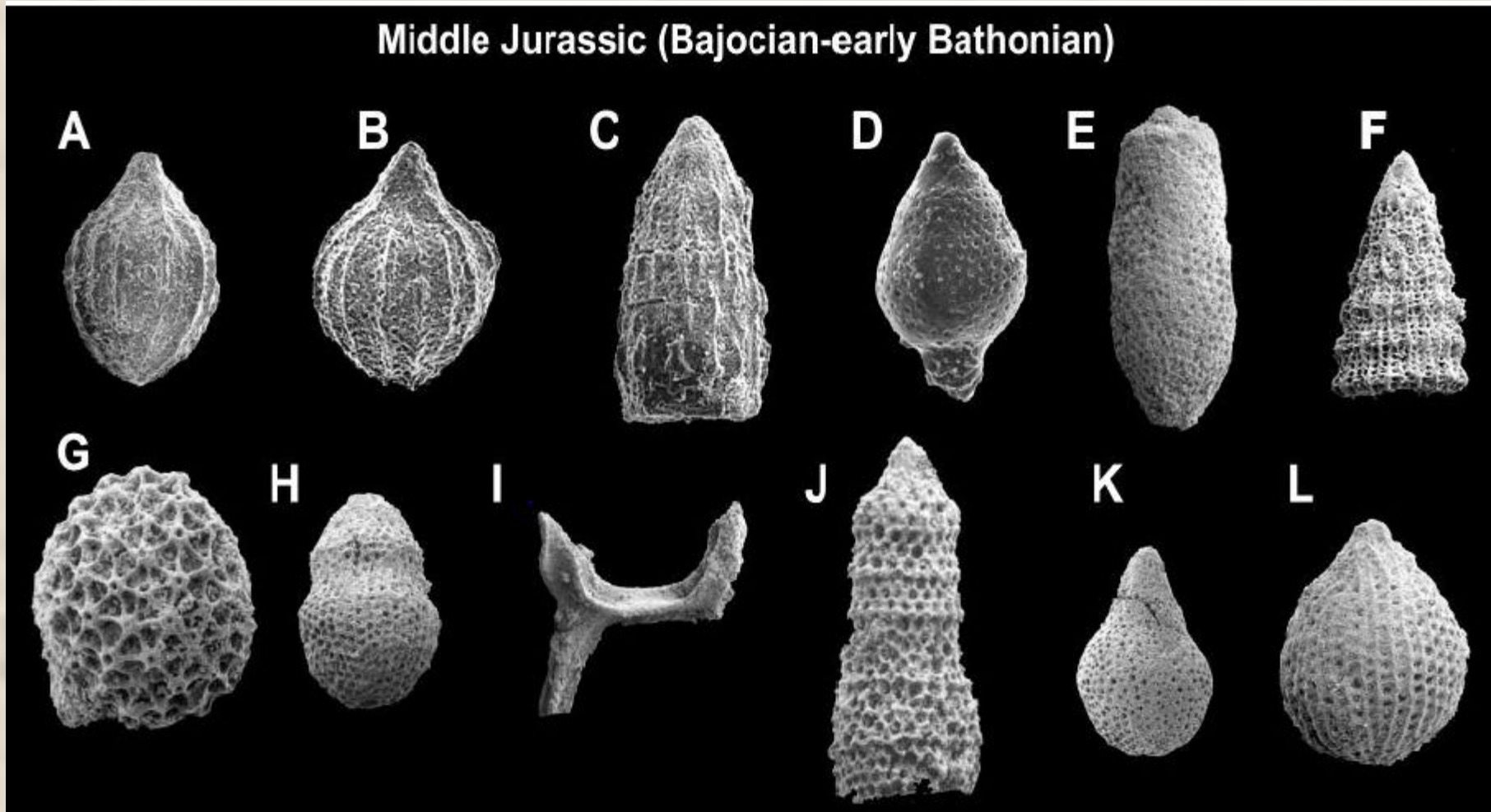
# Главные типы кремнистых пород

*Радиоляриты* сложены мелкими (не крупнее 0,1—0,2 мм) шарообразными скелетиками морских одноклеточных — радиолярий.

Породы серого, желтоватого или красного цвета, содержащие также фосфатный, глинистый и иногда алевролитовый материал, опаловые глобулы, остатки диатомей, кремнёвых губок и др.

# Остатки радиолярий

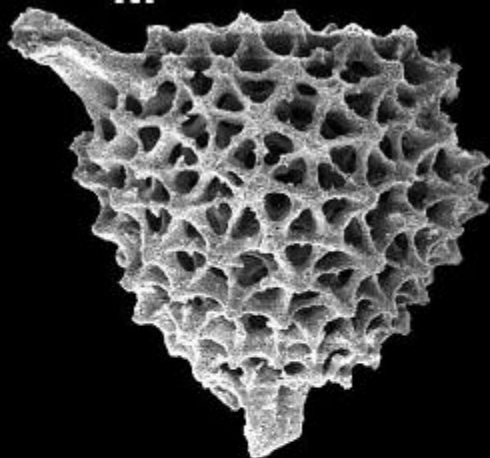
Middle Jurassic (Bajocian-early Bathonian)



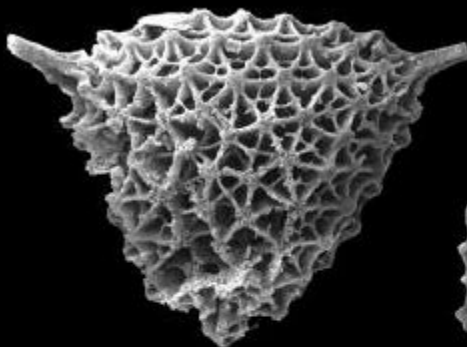


Late Cretaceous (Coniacian-Santonian)

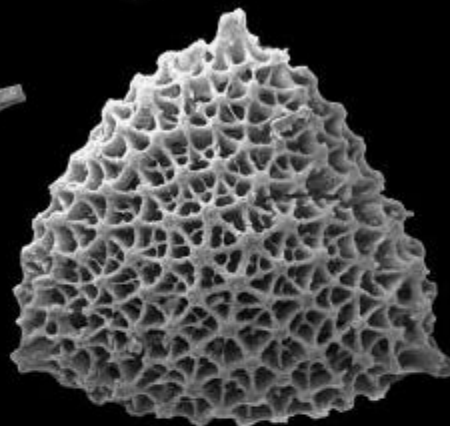
M



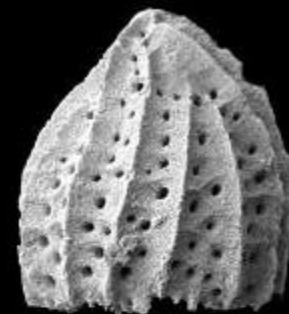
N



O



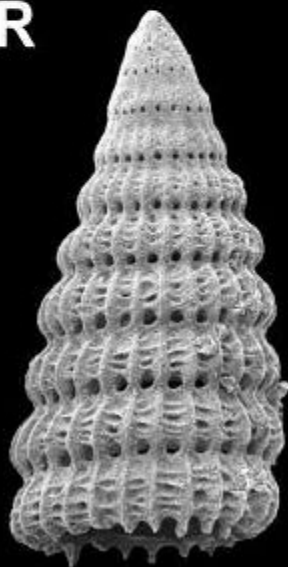
P



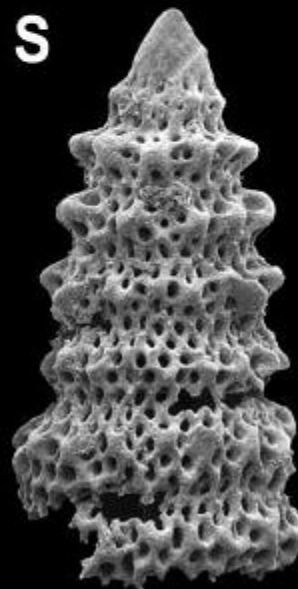
Q



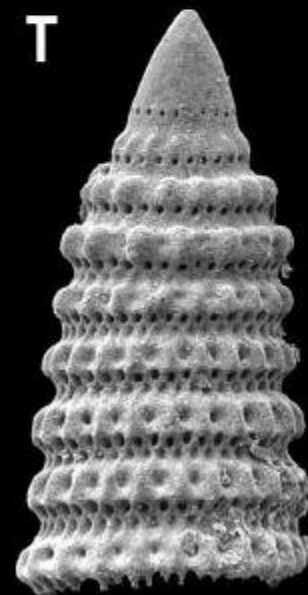
R



S

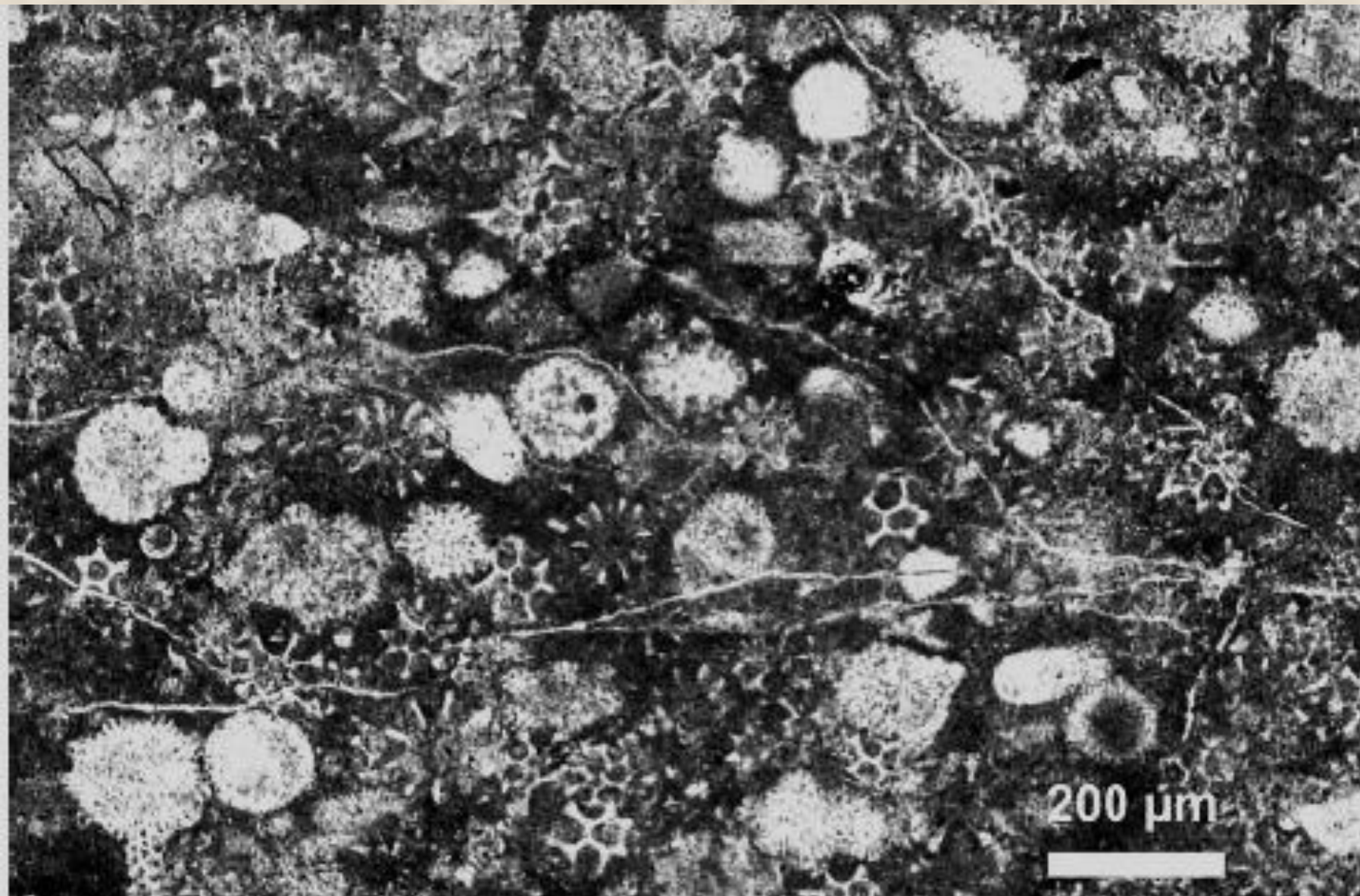


T

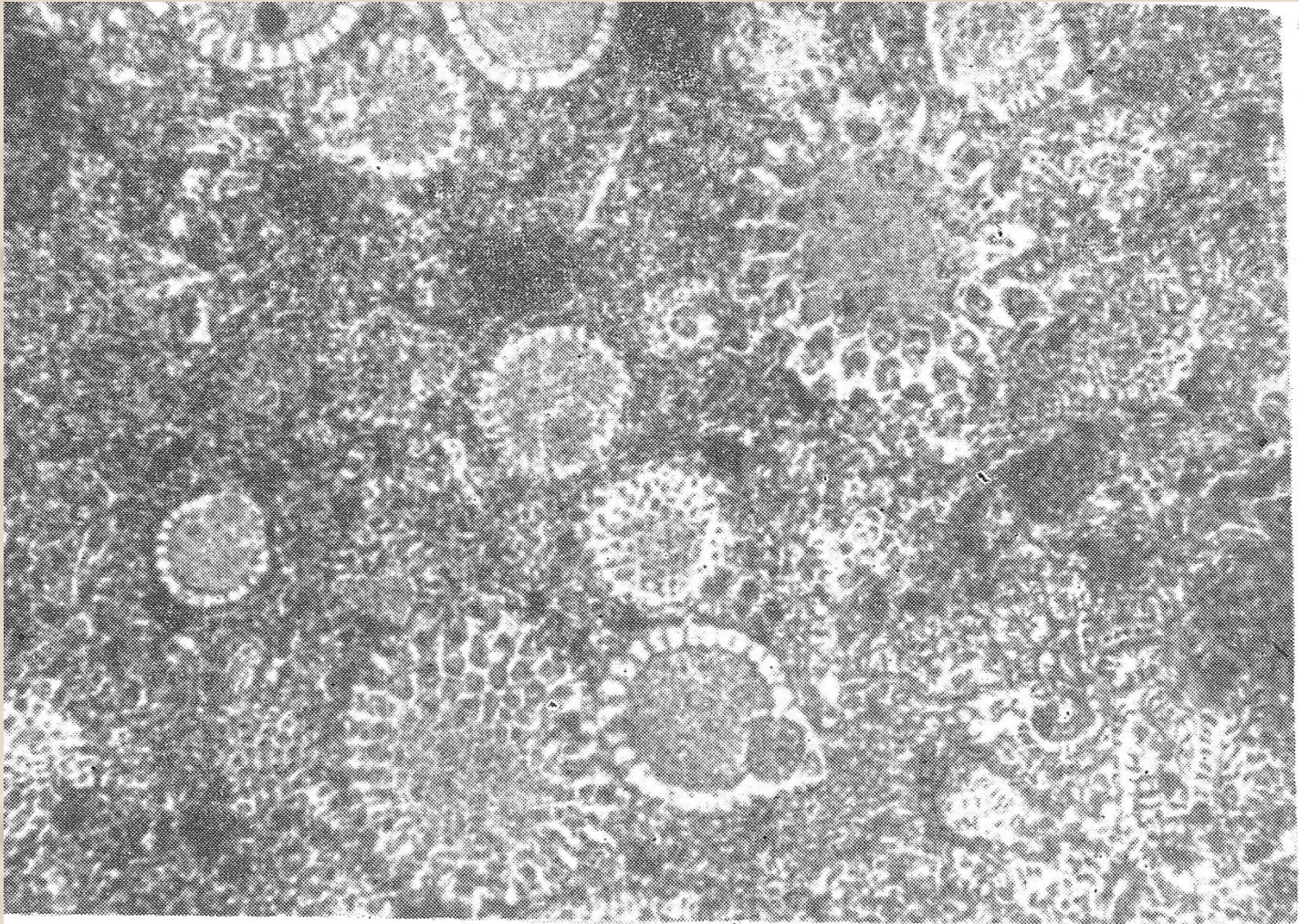


200  $\mu$ m





**Радиолярит в шлифе**



**Радиолярит в шлифе**

# Главные типы кремнистых пород

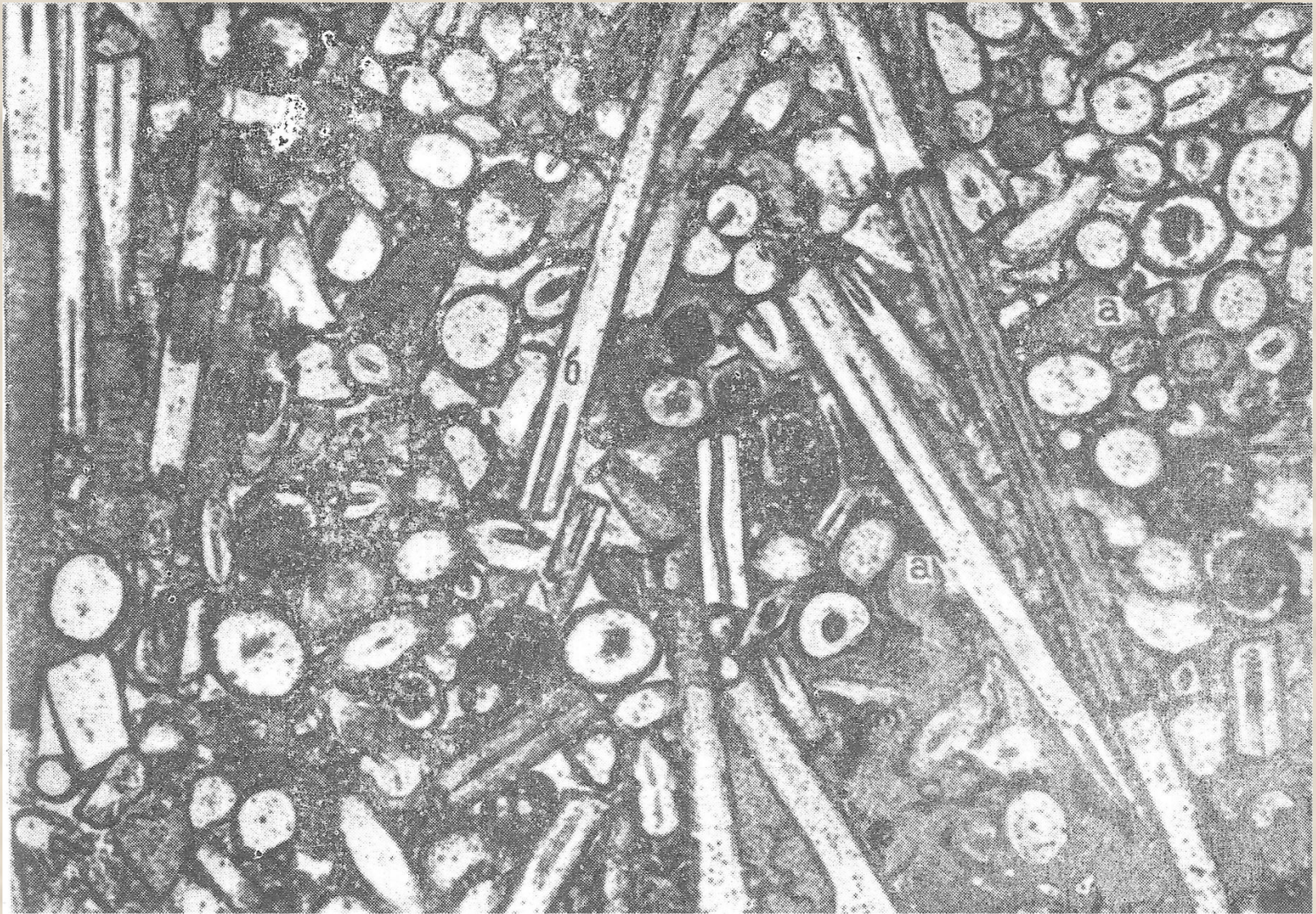
*Спонголиты* состоят из спикул морских губок (от лат. *spongia* — губка). Внутри канальцев этих спикул опал превращается в микроглобулярный опал СТ.

Он на стадии катагенеза кристаллизуется в микрозернистый агрегат волокнистого халцедона.

Его примесь существенно утяжеляет породу до 1,8 — 2,2 г/см<sup>3</sup>.

# Главные типы кремнистых пород

Цемент породы кремнистый (из опаловых округлых телец - глобулей) или глинистый (слегка известковистый), нередко включает вторичный халцедон.



**Спонголит в шлифе**

# Главные типы кремнистых пород

*Кремни* – обширный и сложный петротип, объединяющий как седиментогенные, так и конкреционные и метасоматические образования.

# Главные типы кремнистых пород

Состав: от чисто халцедоновых до существенно кварцевых

Структура: абиоморфная

и биоморфная:

спикуловые,

радиоляриевые,

криноидные, раковинные, возникающие при окремнении известняков.



# Главные типы кремнистых пород

Макроскопически *структура* афанитовая, криптокристаллическая.

*Излом* раковистый, края острые, режущие, часто просвечивающие.

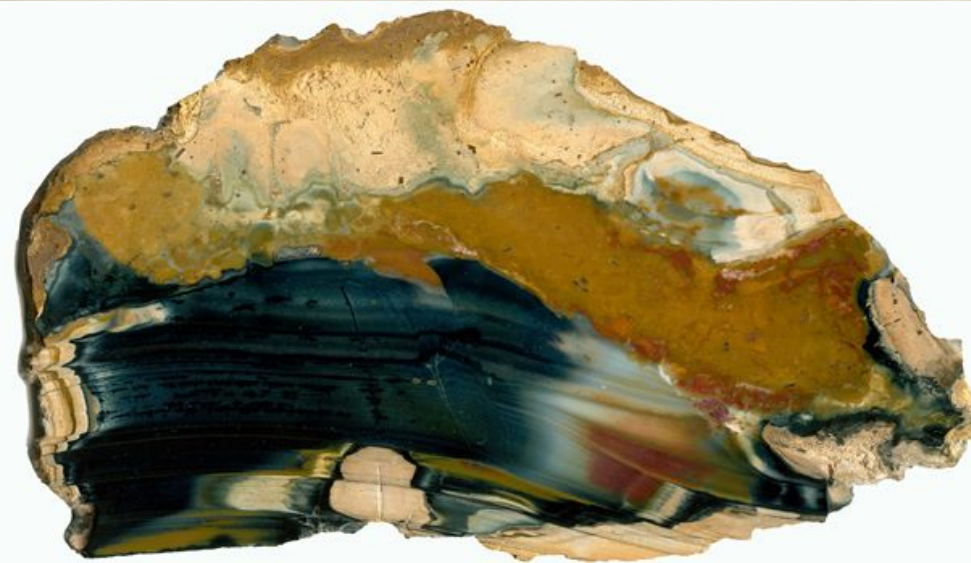
*Текстура* неслоистая, массивная, а также тонкослоистая.

# Главные типы кремнистых пород

*Цвет* серый до черного, бурый и красноватый, нередко зеленоватый, белый и светло-серый.

*Крепость* – одна из самых больших.

*Пористость* практически отсутствует, порода сливная.



# Главные типы кремнистых пород

*Фтаниты* (греч. "фтано" – предваряю), или *лидиды* (от древнеримской провинции Лидия в Малой Азии), - черные или темно-серые кремни, обогащенные органическим веществом.

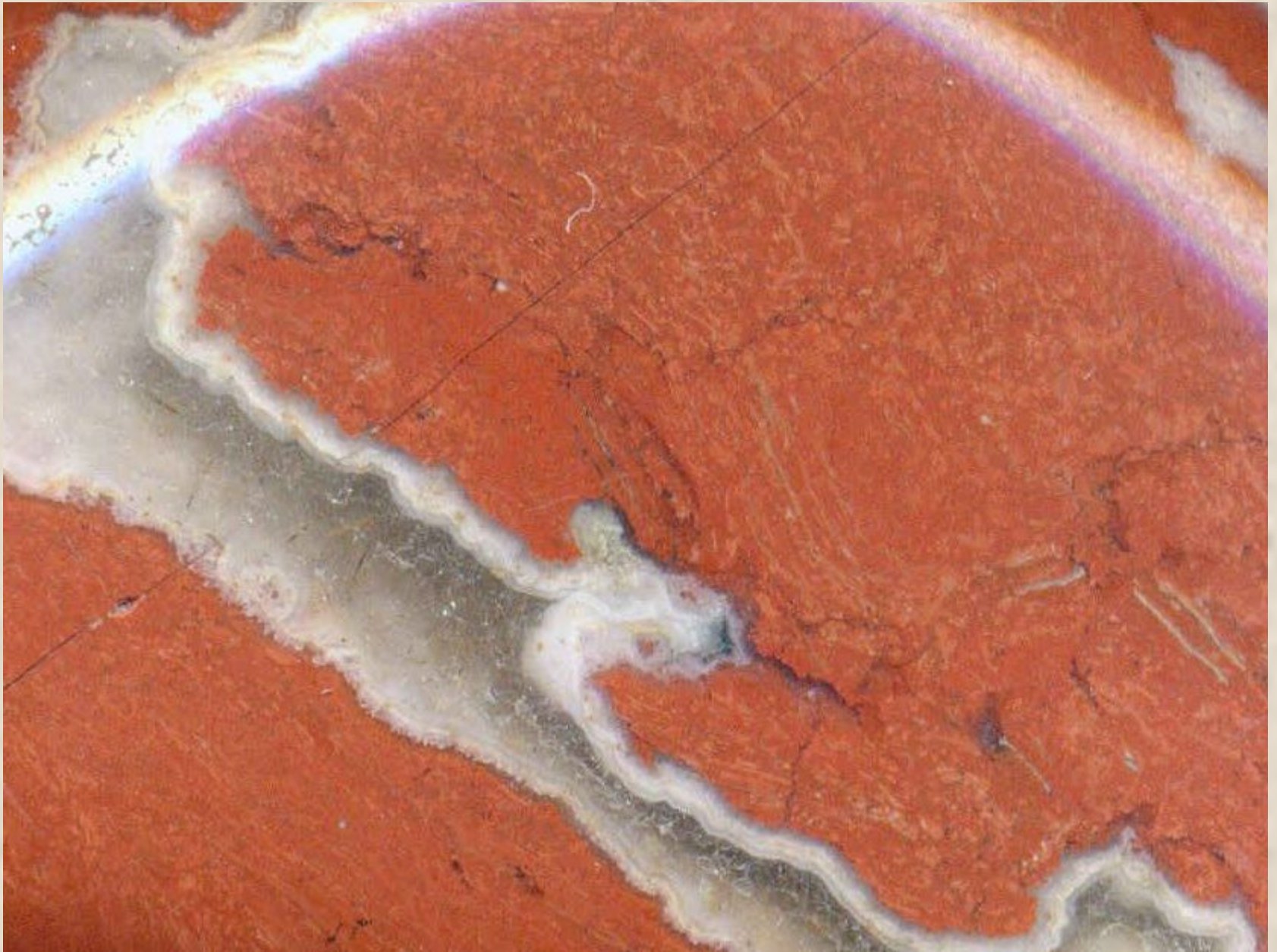
Нередки реликты радиолярий и других организмов.

В древних, особенно докембрийских, фтанитах-лидитах кремневое вещество - кварц, а органическое – графит.

# Главные типы кремнистых пород

*Яшмы* – цветные кремни.

Ю.Г. Волохин (1985) предложил яшмами называть только красные кремни – в них железо находится преимущественно в трехвалентной, окисленной форме – и противопоставить их собственно кремням (и фтанитам) – зеленым, серым и бесцветным, в которых преобладает двухвалентное, восстановленное железо.



# Главные типы кремнистых пород

Яшмы афанитовые, под микроскопом микро- и ультрамикрористаллические, гранобластовые, при халцедоновом составе и коллоидально-волокнистые.

Текстура слоистая, полосчатая, пятнистая и неслоистая, массивная.

# Главные типы кремнистых пород

Слоистость обычно выражена цветом, структурой и примесями.

Встречаются оползневые складки и текстуры замещения.

Излом раковистый, края острые, режущие.

Пористость отсутствует, крепость высокая.



# Главные типы кремнистых пород

Обычны раскристаллизованные панцири радиолярий, реже - спикулы губок, реликты фораминифер и некоторых других известковых скелетных остатков, как правило, плохой сохранности.

Нередки яшмы-радиоляриты.

# Главные типы кремнистых пород

*Кварциты апосилицитовые* сохраняют цвет и все структурно-текстурные и химические свойства первичных силицитов и отличаются от них лишь степенью кристалличности, являясь полнокристаллическими кварцевыми породами.

# Геологическое положение и распространение

Различают две геологические формы кремневых тел:

- 1) пластовую (седиментогенную);
- 2) желваковую, или конкреционную, возникающую в диагенезе или катагенезе.

# Геологическое положение и распространение

*Конкреционные кремни* встречаются главным образом в карбонатных породах, реже в кремневых, песчаных и фосфатных и еще более редко в глинистых.

# Геологическое положение и распространение

*Конкреционные кремни* встречаются главным образом в карбонатных породах, реже в кремневых, песчаных и фосфатных и еще более редко в глинистых.

При изометричной форме диаметр конкреций достигает 0,3-0,5 м.

# **Геологическое положение и распространение**

Изредка в кремнях сохраняются отпечатки раковин и других скелетных остатков, а также древесина.

# Геологическое положение и распространение

К платформенным относится диатомито-трепельно-опоковая формация позднего мела и палеоцена юга Русской плиты и Западной Сибири мощностью в десятки метров.

# Геологическое положение и распространение

Силициты ассоциируются в ней с высокозрелыми кварцевыми песками, глинами, глауконитами, фосфоритами, известняками.



# Геологическое положение и распространение

В складчатых областях кремневые формации - яшмовые, собственно кремневые и диатомито-опоковые - более мощные (до 300-400 м, в единичных случаях - до 1000 м).

Силициты в них парагенетически связаны с граувакками, туфами, глинами, эффузивами, реже с карбонатами планктонного или рифового генезиса.

# Геологическое положение и распространение

В докембрии неизвестны биоморфные кремни.

Главным литотипом являются **железистые кварциты** (джеспилиты).

# Геологическое положение и распространение

Несколько позже появились фтаниты и яшмы.

С начала кембрия встречены радиоляриты, и их "удельный вес" возрастал до позднего мела – палеогена.

Затем диатомеи заняли большинство экологических ниш радиолярий.

# Геологическое положение и распространение

Платформенные силициты типа трепелов и опок, вероятно, в основном молодые, мезозойско-кайнозойские образования.

# Происхождение силицитов

Генезис большинства силицитов остается неясным или спорным.

Наиболее ясен генезис биоморфных опаловых пород.

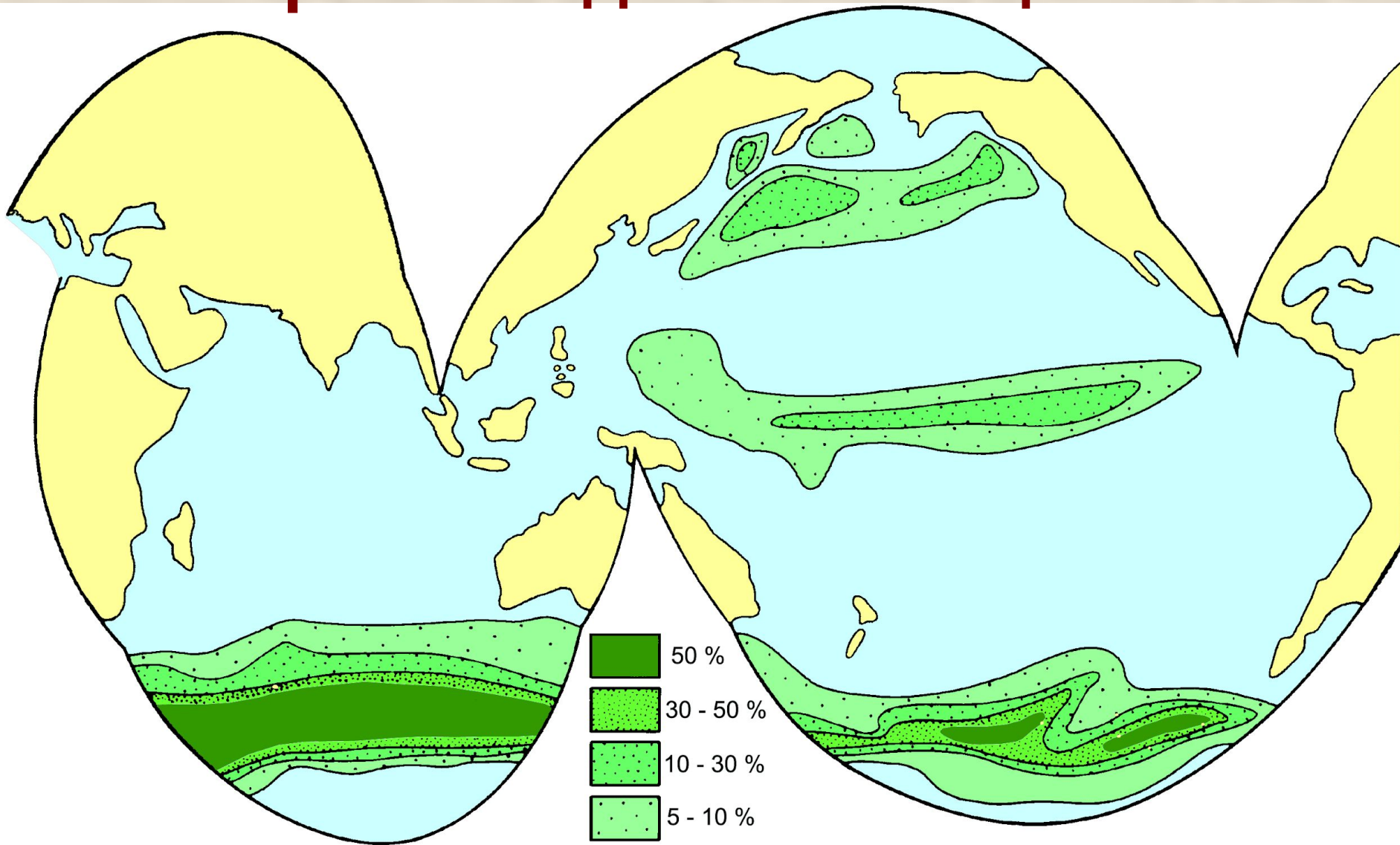
# Происхождение силицитов

В современном океане кремневые планктоногенные осадки образуются в трех широтных поясах: двух высокоширотных диатомовых и в экваториальном диатомово-радиоляриевом.

# Происхождение силицитов

Наибольший (шириной 900-1200 км) и непрерывный – **циркумантарктический** пояс с максимальным содержанием кремнезема в осадках до 70%.

# Происхождение силицитов



**Распространение биогенного опада в донных осадках Тихого и Индийского океанов (по А.П. Лисицыну)**



# Происхождение силицитов

Полной аналогии современных биокремневых осадков с древними силицитами нет.

# Происхождение силицитов

Н.М. Страхов (1963) показал, что главный источник кремнезема для построения биоскелета – его запасы в Мировом океане, оцениваемые в  $5,3 \cdot 10^{18}$  г.

Ежегодно биос извлекает из океана  $250 \cdot 10^{14}$  г  $\text{SiO}_2$ , что во многие десятки раз превышает его поступление из всех источников, включая терригенный снос и поставку гидротермами.

# Происхождение силицитов

97% биогенно извлеченного кремнезема вновь растворяется и участвует в круговороте.

3% достигает дна.

1,5% растворяется в верхнем слое осадков и снова возвращается в наддонную воду.

Лишь 1,5% биогенно извлеченного кремнезема ( $3,2 \cdot 10^{14}$  г/год) фиксируется в осадке.

# Происхождение силицитов

Планктоногенные силициты делятся на пелагические, западинно-шельфовые, лагунные и озерные.

Бентосное кремненакопление связано с кремневыми губками.

# Происхождение силицитов

Наиболее трудны для восстановления генезиса абиогенные кремни.

Хемогенное кремненакопление происходит, но неясны его масштабы и роль в образовании трепелов, опок, кремней и яшм, которые не имеют биоморфной структуры.

# Происхождение силицитов

Подавляющая масса силицитов не имеет биоморфной структуры, и они называются поэтому *криптогенными*, т.е. породами скрытого генезиса.

Бесспорно хемогенными являются отложения горячих источников — кремневые туфы, гейзериты, многие корки, а также гнезда и линзы яшм в базальтах и других эффузивах, отложения подводных гидротерм.

# Происхождение силицитов

Современная гидросфера в 6—300 раз недонасыщена кремнеземом, ибо в морской воде его содержание 0,5—6 мг/л, а в речной – до 13 мг/л.

Следовательно, химическая садка невозможна, по крайней мере из истинных растворов.

# Происхождение силицитов

В докембрии, особенно в архее, жизнь не была так развита.

Кремнезем, вероятно, часто насыщал морскую воду и выпадал химическим способом как из истинных, так и из коллоидных растворов.

Подтверждением химического способа седиментации служат железистые кварциты и другие хемогенные силициты протерозоя и архея.

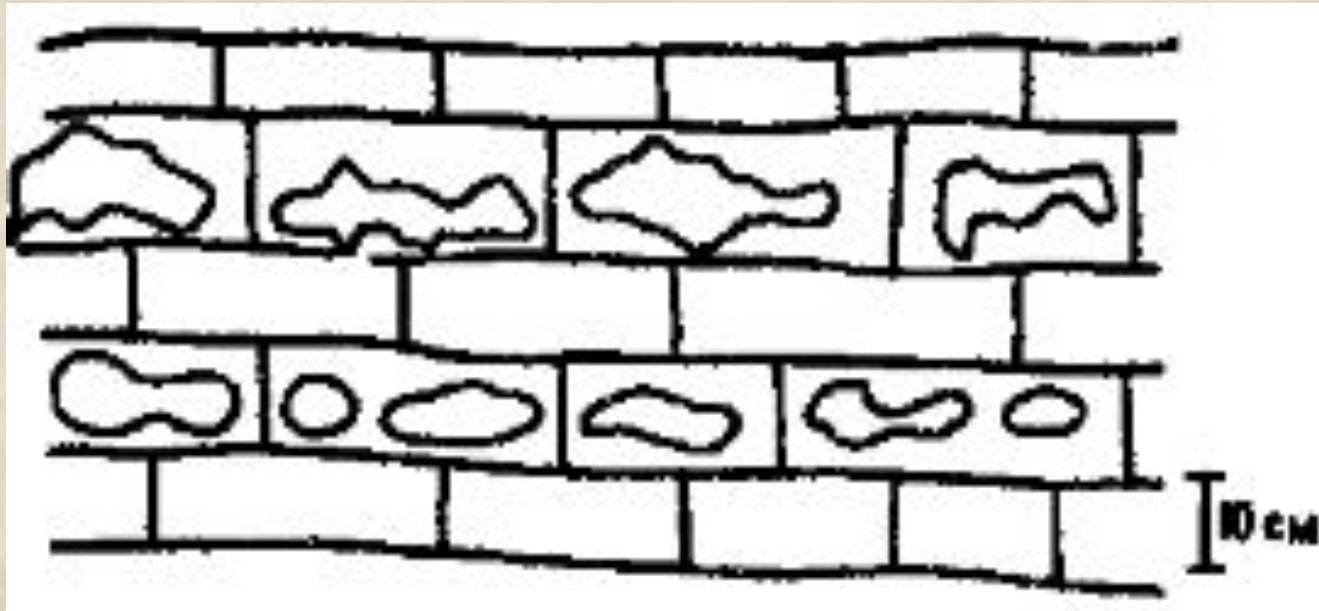


# Происхождение силицитов

Конкреционные кремни широко распространены в карбонатных породах, обычны в кремневых толщах, например в яшмовых, более редки во всех других.

Конкреции чрезвычайно разнообразны по форме и размерам, неодинаковы и по степени концентрации и стягивания кремнезема.

# Происхождение силицитов



**Халцедоновые кремневые конкреции в  
песч. мелу (по В.Т. Фролову, 2008)**

# Происхождение силицитов

Щелочной характер иловых вод карбонатов приводит к стягиванию и концентрации кремнезема, скелетные остатки и даже кварцевые зерна растворяются, и вещество может диффундировать через пористый осадок к центрам стягивания.

# Происхождение силицитов

Метасоматические кремни, образующиеся при замещении карбонатных и других пород кремнеземом, чаще всего халцедоном и кварцем, близки к конкрециям по способу образования, по стадиям (диагенез и катагенез) и отношению к вмещающей породе.

# Происхождение силицитов

Элювиальные силициты имеют ограниченное распространение.

Кремневые панцири (силькреты, кремневые кирасы) распространены в полупустынях и пустынях Австралии, Южной Африки, Гоби, Средней Азии и других.

# Происхождение силицитов

Они массивны, халцедоновые и кварцевые, редко опаловые, мощностью до 1—2 м.

Образуются в результате подъема к поверхности земли капиллярной воды при дневном нагревании песков или коренных пород с кремнеземом.

# Практическое применение

Многие силициты – ценные полезные ископаемые или вмещают таковые.

# Практическое применение

Все опаловые породы, особенно диатомиты и трепела, – прекрасные и самые легкие наполнители в бумажной и резиновой промышленности, теплоизоляторы, фильтры, например бактериальные, тончайшие абразивы, полировальный материал и сырье для производства ценного гидравлического бетона.



# Практическое применение

Их химическая стойкость делает породы кислотоупорными.

Большая пористость и обычная густая трещиноватость превращают опалолиты в емкие коллекторы нефти и газа.

# Практическое применение

Халцедоновые кремни используются для производства шаров камнеистирающих мельниц, лабораторных ступок и других поделок.

Яшмы – прекрасный декоративный материал, давно и широко используется как поделочный и полудрагоценный камень.

Новакулиты – тонкий абразив.

# Практическое применение

К силицитам приурочены месторождения железных и марганцевых руд, фосфориты, полиметаллы, а к фтанитам – редкие и драгоценные металлы, например золото, уран.

# Выводы

1. ***Кремнистыми*** (кремневыми) именуется породы, более чем на 50% состоящие из опала, кристобалита, тридимита, халцедона и кварца.

# Выводы

2. Кремневые породы занимают 4-е место по распространенности.

# Выводы

3. Кремневые породы делятся на две главные категории:

1) опаловые и халцедоно-опаловые;

2) халцедоновые и кварцево-халцедоновые.

# Выводы

4. К опаловым абиоморфным разновидностям относятся *трепелы* и *опоки*.

Опаловые породы с биоморфными структурами представлены *диатомитами*, *радиоляритами* и *спонголитами*.

# Выводы

5. Халцедоновые и кварцево-халцедоновые породы включают кремни, фтаниты (лидиды) и яшмы.

Кварциты апосилицитовые являются полнокристаллическими кварцевыми породами и образуются на стадиях позднего катагенеза и метагенеза.



# Выводы

6. Генезис большинства силицитов остается неясным или спорным. Наиболее ясен генезис биоморфных опаловых пород.

# Выводы

7. Современная гидросфера недонасыщена кремнеземом, следовательно, его химическая садка невозможна.

Однако для докембрийских силицитов предполагается хемогенное осаждение.

# Выводы

8. Многие силициты – ценные полезные ископаемые или вмещают таковые.