

# Патогенные органоминеральные агрегаты



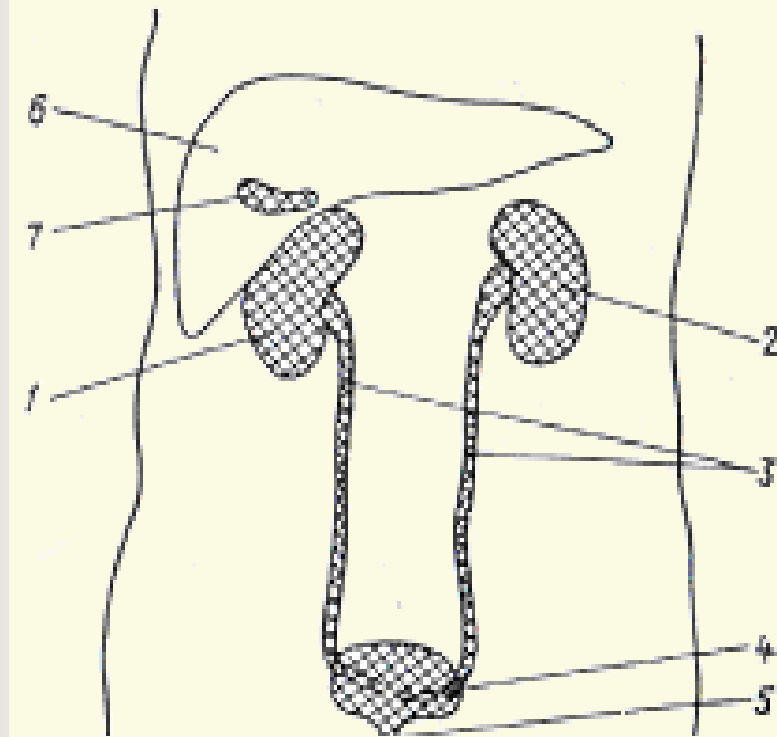
# Органическая компонента биогенных агрегатов

Органо-минеральные агрегаты	Качественный состав	Содержание, масс.%
Эмаль	Белок (амелогенин, энамелин)	0.1 - 3
Дентин	Белок (коллаген)	20-30
Кости	Белок (коллаген)	25-40
Зубные и Слюнные камни	Белки, углеводы, липиды	10-70%

- Камни мочевой системы

Являются причиной почечнокаменной болезни (мочекаменной болезни) – одного из наиболее частых урологических заболеваний, встречающихся не менее чем у 1-3 % населения.

В настоящее время в развитых странах мира из 10 млн. человек 400 тыс. страдают мочекаменной болезнью. Ежегодно регистрируется 85 тыс. случаев заболевания мочекаменной болезнью, при этом 62 тыс. из них - рецидивные камни.



**Почки** – парный орган, расположены в поясничной области по обе стороны от позвоночника, представляют собой систему однотипных по строению образований – нефронов, каждый из которых является отдельной функционирующей единицей. Почки выводят из организма продукты азотистого обмена (мочевину, креатинин, мочевую кислоту и др.) избыток солей и воды. Главное в деятельности почек – регуляция водного и электролитного обмена, а также кислотно – щелочного равновесия в организме человека

**Местоположение (заштриховано) мочевых камней в организме человека.**  
**1,2 – почки; 3- мочеточники; 4 – мочевого пузырь; 5 – выводной канал**

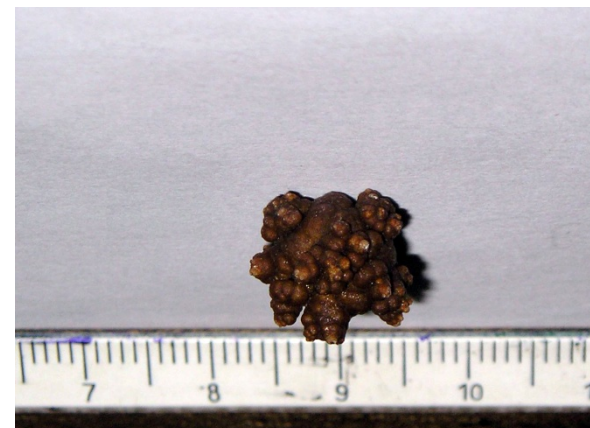
# Морфология почечных камней



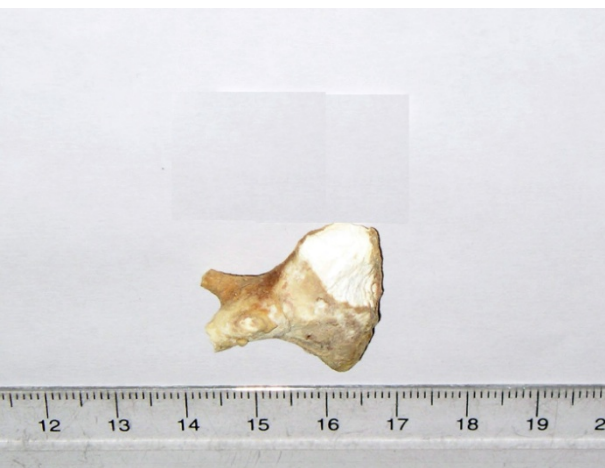
Гроздьевидный



Эллипсоидальный



Коралловидный



Комковидный с отростками



Сфероидальный

Минерал (соединение)	
Название	Формула
Оксалаты	
Уевеллит	$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Уедделлит	$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Фосфаты	
Струвит	$\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Гидроксилапатит	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$
Брушит	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Витлокит	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
Ньюберит	$\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Кислый октафосфат кальция	$\text{Ca}_3\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Вавеллит	$\text{Al}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH},\text{F})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Ураты	
Уриkit	$\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$
Мочеkислый дигидрат	$\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Аммоний урат	$\text{C}_5\text{H}_2\text{O}_3\text{N}_4(\text{NH}_4)_2$
Натрий урат моногидрат	$\text{C}_5\text{H}_2\text{O}_3\text{N}_4\text{Na}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Кальций урат дигидрат	$\text{C}_5\text{H}_2\text{O}_3\text{N}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

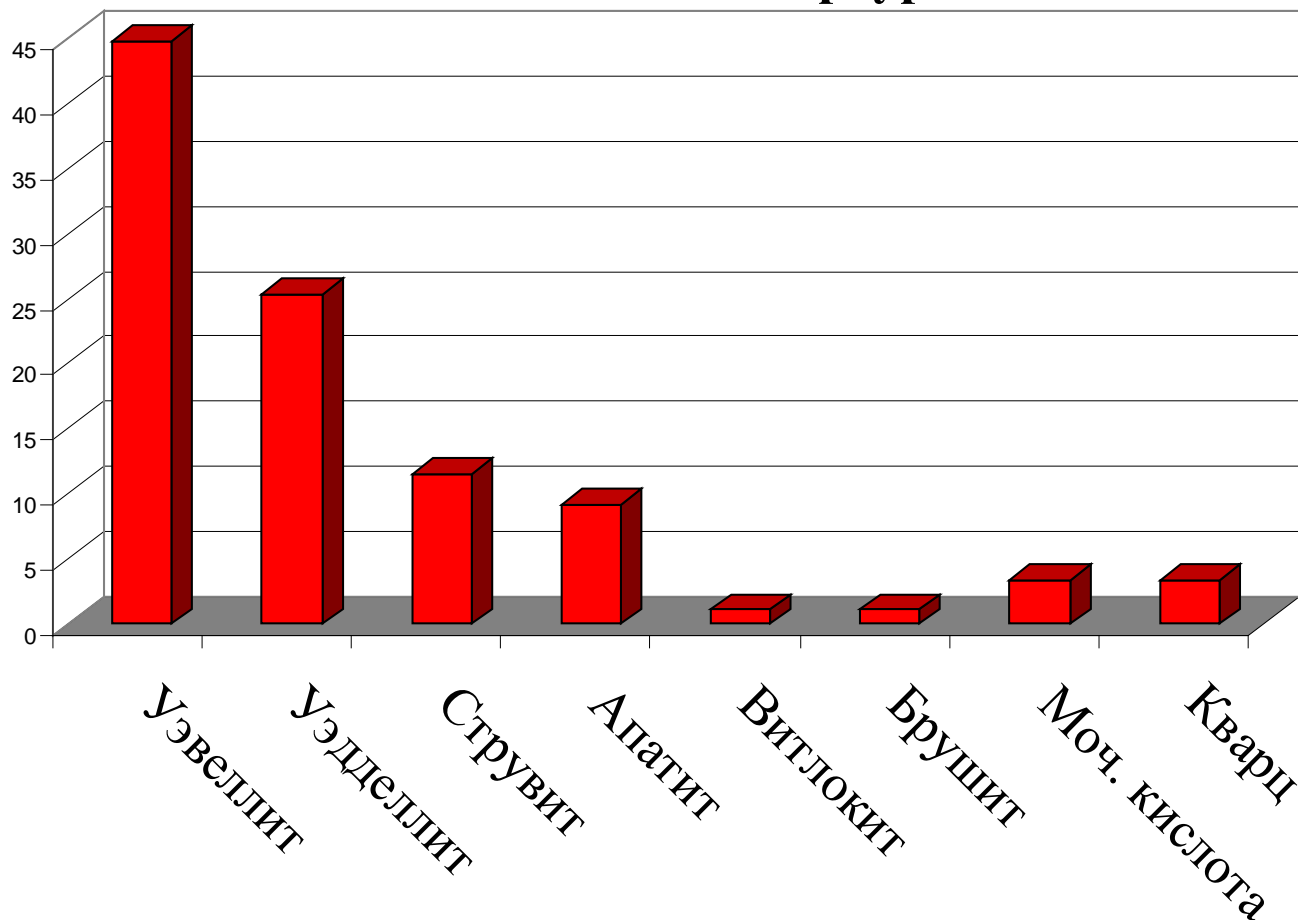
## Минеральный состав мочевых камней

Другие органические соединения	
Ксантин	$C_2H_4N_4O_2$
Гипоксантин	$C_5H_4N_4O$
Цистин	$SCH_2CH(NH_2)COOH$
Карбонаты	
Фатерит	$CaCO_3$ (гекс)
Кальцит	$CaCO_3$ (триг)
Оксиды	
Магнетит	$Fe_3O_4$
Гематит	$Fe_2O_3$
Гетит	$FeOOH$ , пр. гр. $Pbnm$
Лепидокрокит	$FeOOH$ , пр. гр. $Amm$
Кварц	$SiO_2$
Другие минералы	
Гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Гумбольдинит	$Fe(COO)_2 \cdot 2H_2O$
Галит	$NaCl$
Голеит	$Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$
Сильвин	$KCl$

## Минеральный состав мочевых камней (продолжение)

# Распространенность минералов почечных камней

## Минеральный состав мочевых камней жителей Санкт-Петербурга





# Оксалаты почечных камней

**Уэвеллит  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot (1+x)\text{H}_2\text{O}$ ,  $x \leq 0.07$**

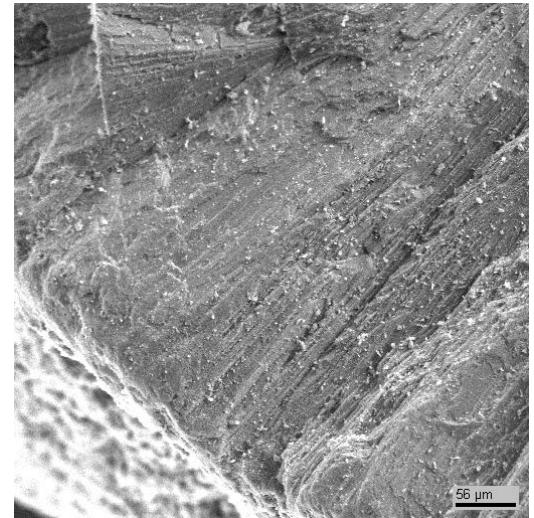
(Призматический вид симметрии  
моноклинной сингонии,  $2/m$ )

Обычно встречается в виде налегающих друг на друга тончайших, подобных фольге пластинок, расположенных параллельно поверхности камня.

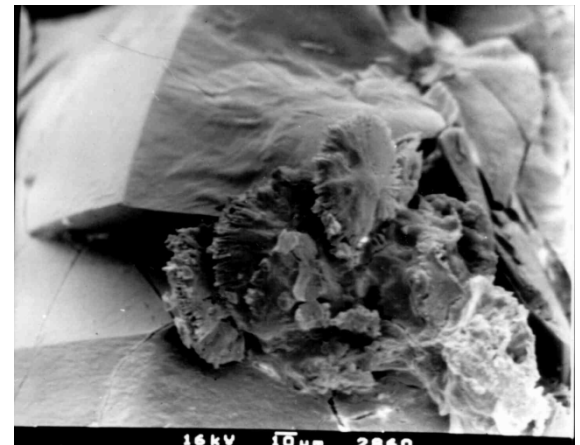
Часто кристаллы уэвеллита образуют друзовидные нарастания на поверхностях многих оксалатных камней, травмирующие при различных движениях тело больного.

Характерны двойники, при разрастании которых возможно образование прекрасных розочек, диаметром 10-20 мкм.

Уэвеллит очень плохо растворяется в различных физиологических растворах.



**Пластинки (ув. 400х)**



**Двойники в виде  
розочек**

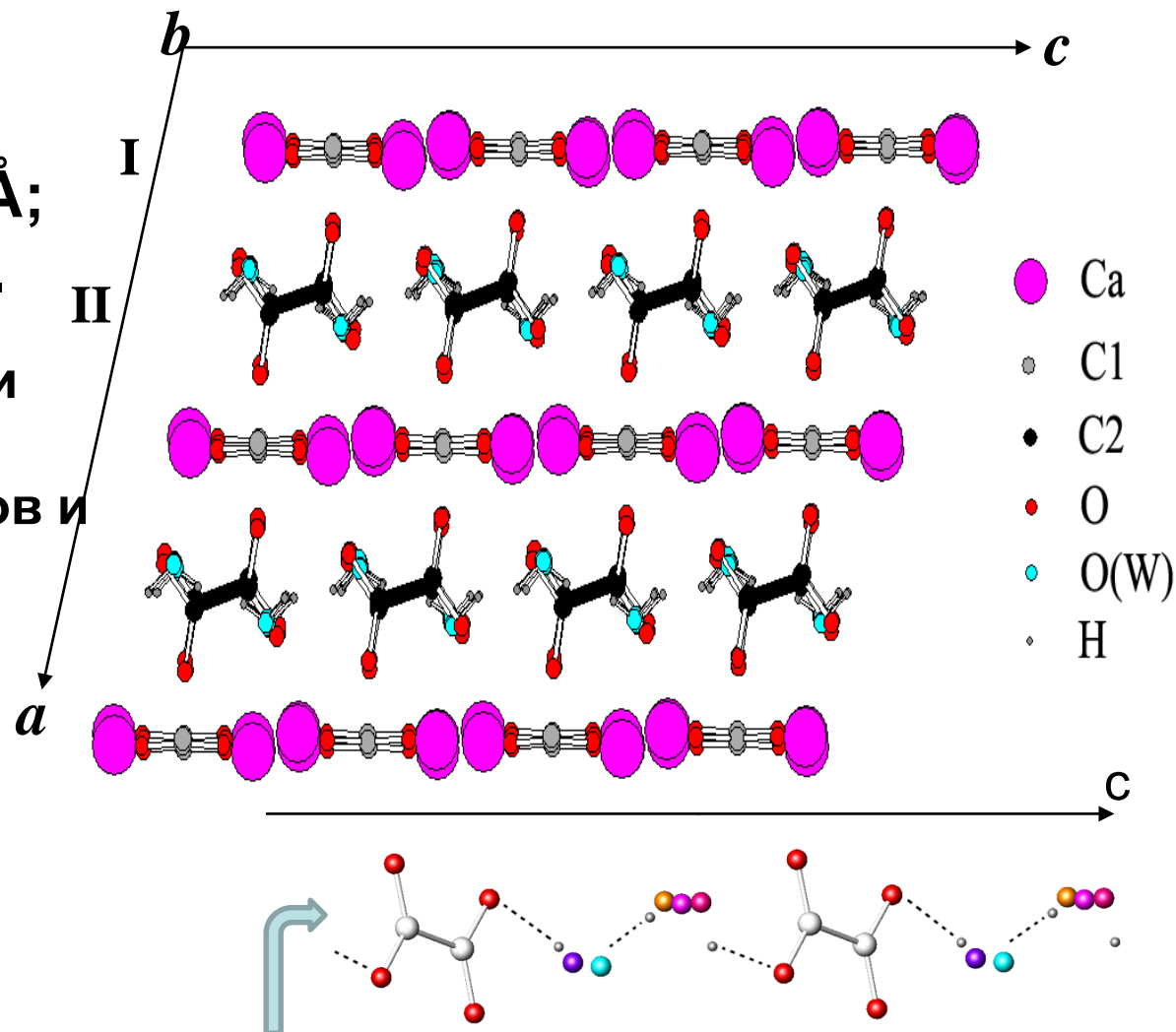
# Кристаллическая структура увеллита



$a = 6.286 - 6.292(1),$   
 $b = 14.560 - 14.588(4),$   
 $c = 10.094 - 10.132(4) \text{ \AA};$   
 $\beta = 109.39 - 109.49(2)^\circ.$

**I – слой из катионов Ca и оксалат ионов**

**II – слой из оксалат ионов и молекул воды**



Доп. молекул ы  $\text{H}_2\text{O}$

Лента из оксалат-ионов и молекул воды, связанных водородными связями. Молекулы воды распределены неупорядочено

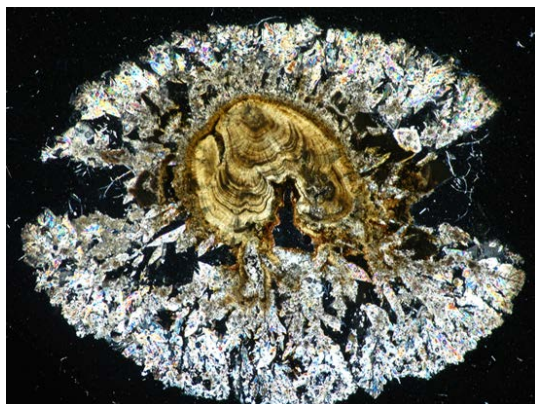
# Уэдделлит $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot (2+x)\text{H}_2\text{O}$ , $x = 0.13 - 0.37$

Тетрагональная сингония,  
дипирамидальный вид симметрии,  $4/m$

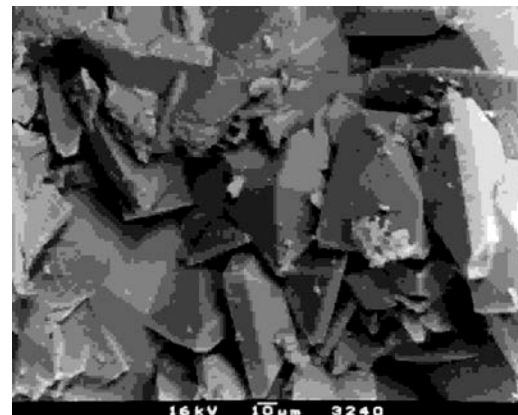
Наблюдается в виде сферолитов, а так же хорошо образованных уплощенных дипирамидальных конвертообразных кристаллов размеров до 2 мм.

Кристаллы имеют очень острые края, которые при движении камня ранят тело.

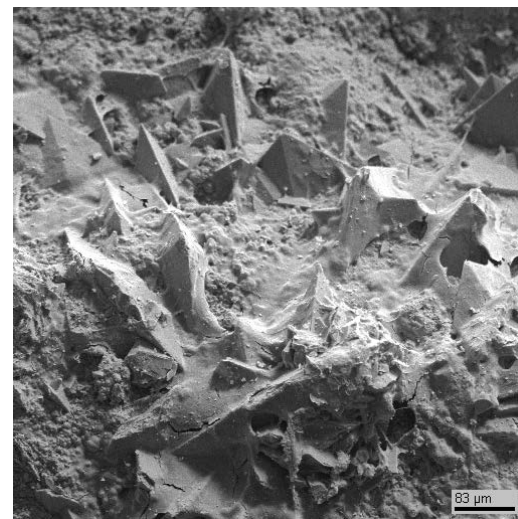
Уедделлит не стабилен и превращается со временем в увеллит при комнатной температуре, непосредственно в организме. Поэтому в оксалатных камнях он обычно слагает их оболочку.



**Шлиф увеллит-  
уэдделитового  
камня**

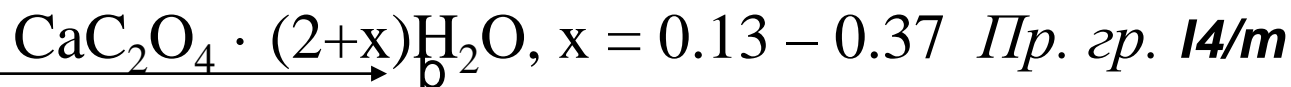


**Дипирамидальные  
конвертообразные  
кристаллы с налетом  
органического вещества**



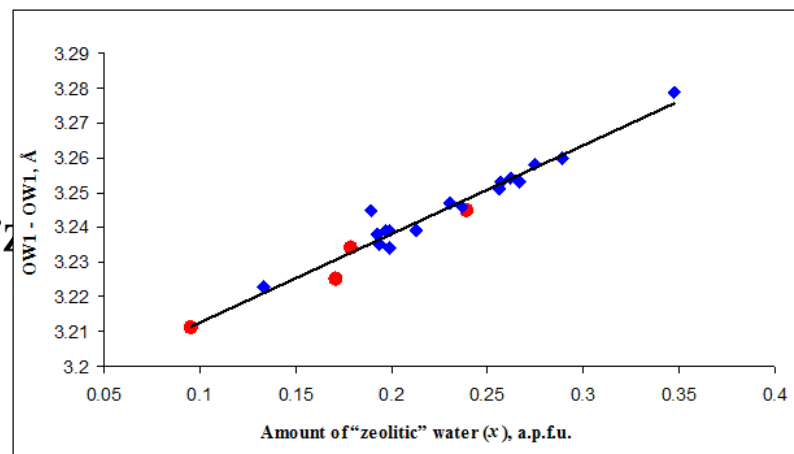
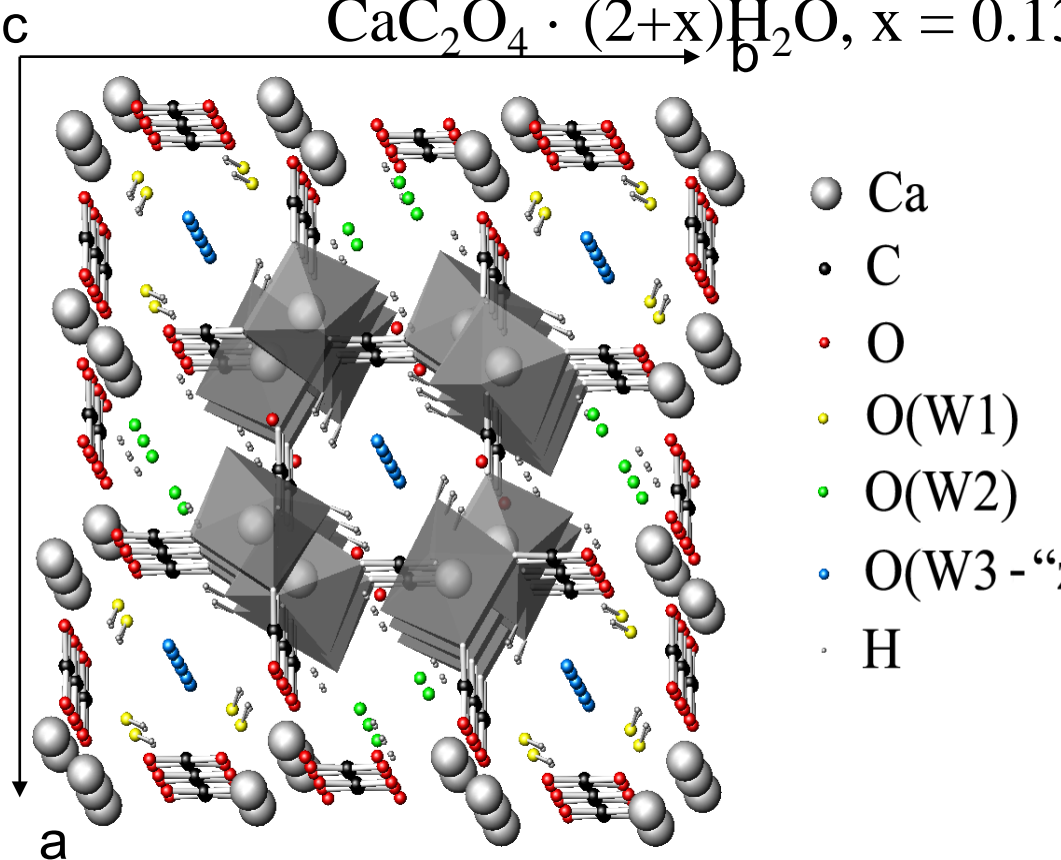
**Кристаллы уэдделлита на  
поверхности увеллита**

# Кристаллическая структура уедделлита

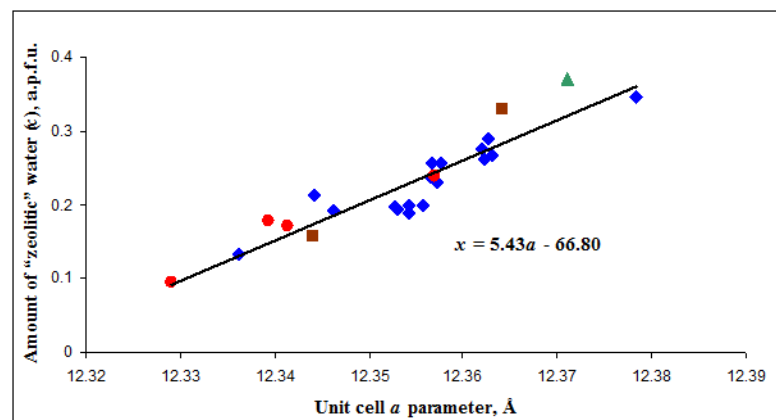


Параметры кристаллической решетки

Параметры	Величина	$\Delta/\sigma$
$a$ , Å	12.345 – 12.365(1)	20
$c$ , Å	7,348 – 7,360(1)	12



Молекулы воды находятся в каналах, сформированных колонками из Са-полиэдров, которые связаны лентами «-C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> - H<sub>2</sub>O-».

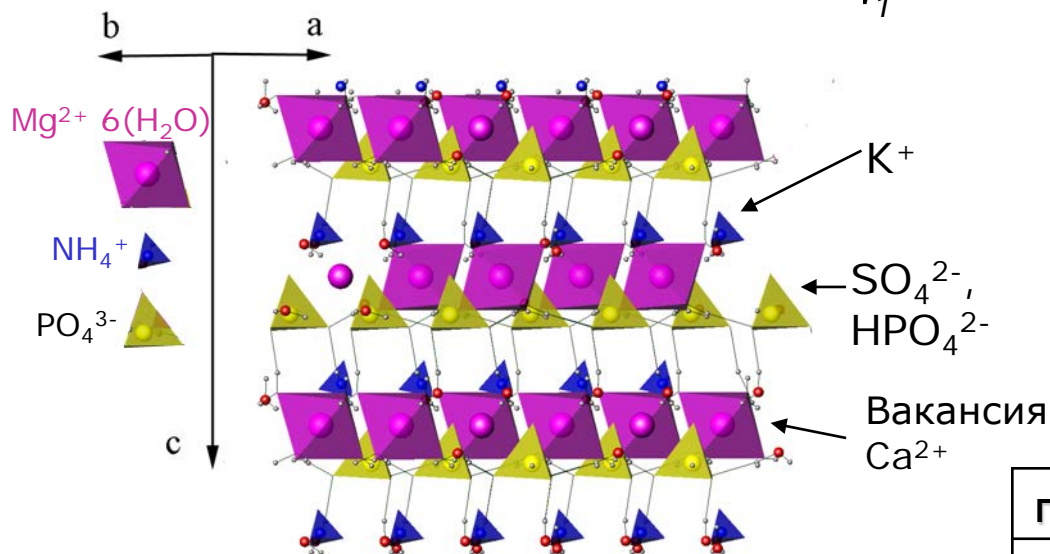




# Изоморфизм фосфатов почечных камней

## Кристаллическая структура струвита

$\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  пр. гр.  $Pmn2_1$



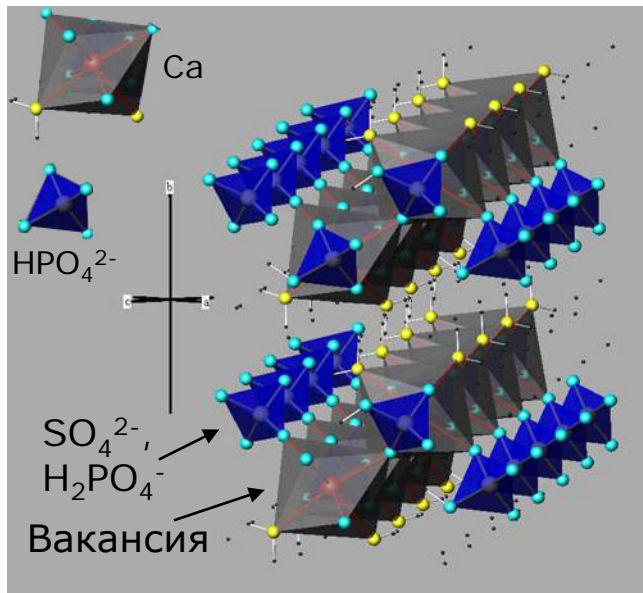
Проекция на плоскость (110)

Структура представляет собой чередование одинаковых слоев вдоль оси  $c$ . Каждый слой состоит из Mg-октаэдров, координированных молекулами воды, а так же тетраэдров  $\text{PO}_4^{3-}$  и  $\text{NH}_4^+$

Параметр, Å	Вариации	$\Delta/\sigma$
<b>a</b>	6.933(2) - 6.947(2)	7
<b>b</b>	6.127(1) - 6.139(1)	6
<b>c</b>	11.193(2) - 11.220(2)	13.5

Возможные схемы изоморфных замещений:

- $\text{Mg}^{2+} \leftarrow \text{Ca}^{2+}$
- $\text{NH}_4^+ \leftarrow \text{K}^+$ ;
- $0.5\text{Mg}^{2+} + \text{PO}_4^{3-} \leftarrow 0.5\Box + \text{A}^{2-}(\text{SO}_4^{2-}, \text{HPO}_4^{2-})$



# Брушит

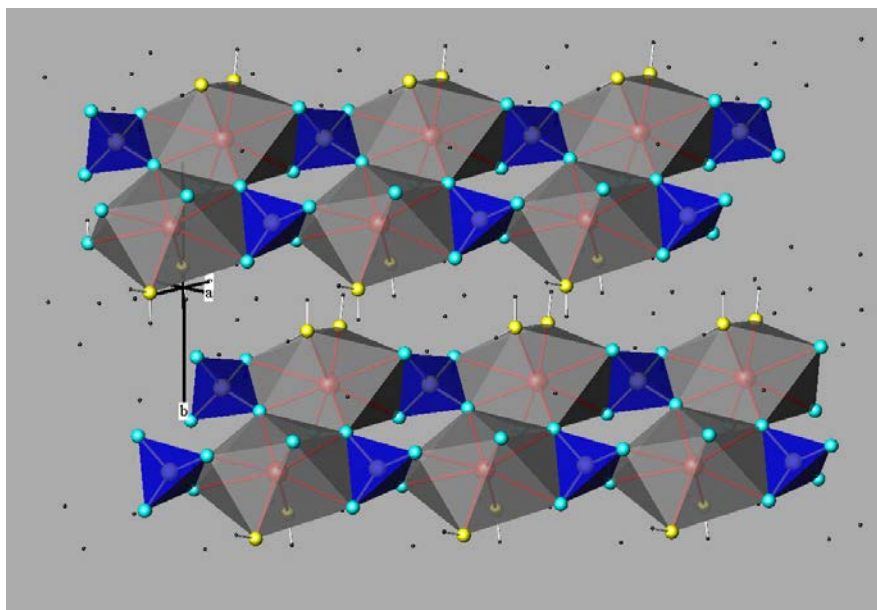


$$\text{КЧ}_{\text{Ca}} = 8$$

$$\text{КЧ}_{\text{P}} = 4$$

Структура состоит из гофрированных слоев  $\text{CaHPO}_4$ , перпендикулярных оси ***b***. Слои связаны между собой молекулами воды.

Гофрированный слой  $\text{CaHPO}_4$



**Параметры эл. ячейки:**

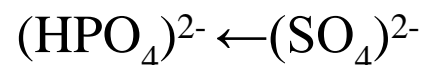
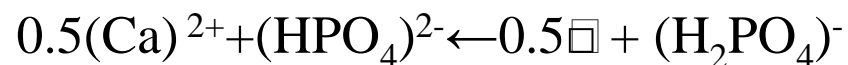
$$a = 5.812(2),$$

$$b = 15.180(3),$$

$$c = 6.239(2),$$

$$\beta = 116^\circ 25 \pm 2'$$

**Схемы изоморфных замещений**



# Изоморфизм фосфатов почечных камней (продолжение)

Характеристика	Струвит				Брушит	
	$(\text{NH}_4)^+ \leftarrow \text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+} \leftarrow \text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+} \leftarrow \square$	$(\text{PO}_4)^{3-} \leftarrow (\text{SO}_4)^{2-}$	$(\text{HPO}_4)^{2-} \leftarrow (\text{SO}_4)^{2-}$	$(\text{Ca})^{2+} \leftarrow \square$
	Предельное содержание примеси (на формулу)					
$C_{\text{max}}$ (в поч. камнях)	0.02	0.06	0.08	0.01	0	0.08
$C_{\text{max}}$ (в синт. Крист.)	0.84	0.02	0.14	0.01	0.05	0.10
$(r_{\text{эл}} - r_{\text{пр}})/r_{\text{пр}}$ , в %	4	39	-	0.5		-
Коэф. распредел. элем.	$2.3 \cdot 10^{-2}$	$3.7 \cdot 10^{-4}$	-	$1.8 \cdot 10^{-2}$ (макс)	$2.2 \cdot 10^{-3}$	-

$r_{\text{эл}}$  — ионный радиус основного элемента

$r_{\text{пр}}$  — ионный радиус примесного элемента

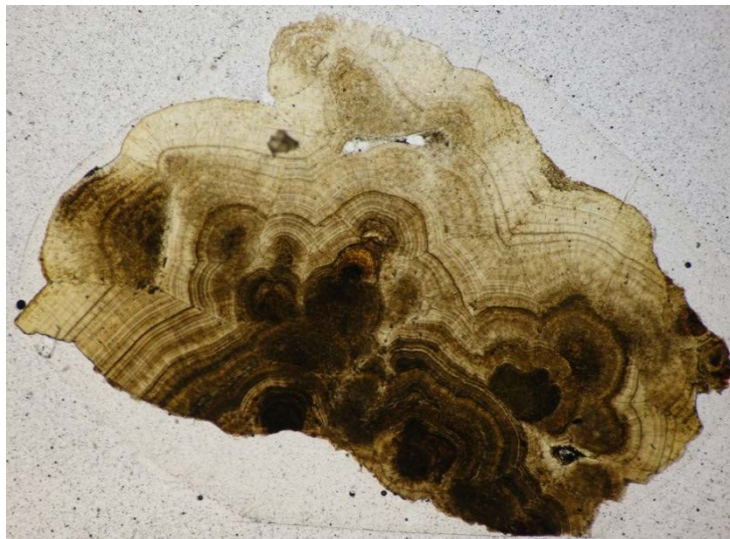
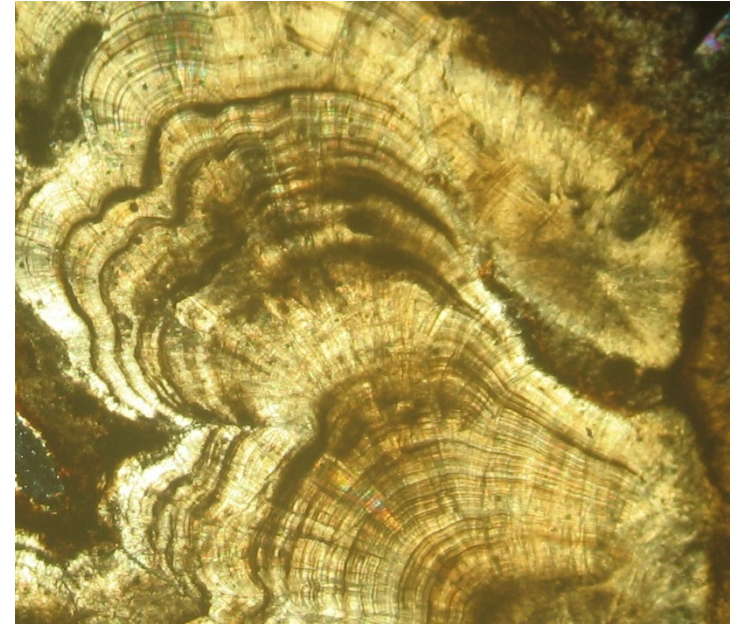
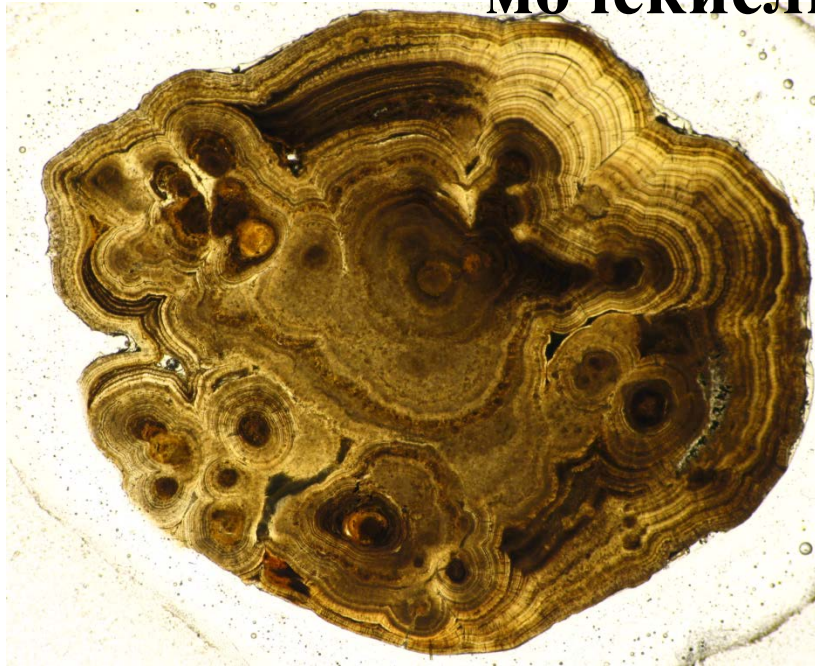
- Минералы почечных камней характеризуются переменным нестехиометрическим составом, что отражает нестационарные условия их образования.
- Нестехиометрия оксалатов кальция связана с переменным количеством воды.
- Переменный состав фосфатов кальция и магния обусловлен изоморфными замещениями во всех кристаллографических позициях. Нестехиометрия апатита и брушита связана с вакансиями в позициях кальция, струвита – магния.



# Структура мочевых камней

**Структурно-текстурные особенности мочевых камней тесно связаны с их минеральным составом. По генетическим признакам выделяют два резко различных крайних типа структур – кристаллизационные и седиментационные (точнее – агломерационные), а также структуры смешанного типа.**

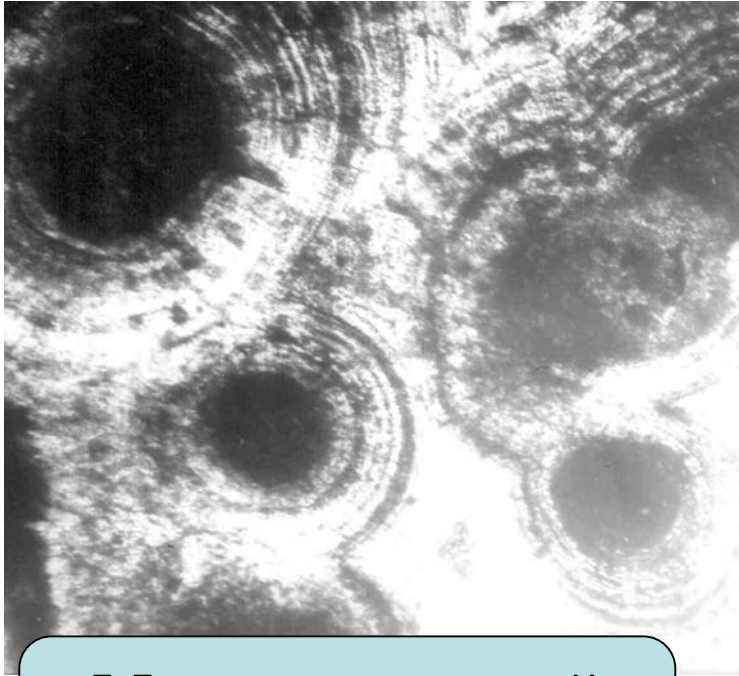
# Кристаллизационные структуры оксалатных и мочекислых уролитов



*Многоуровневая осцилляционная  
микро- и макро-зональность  
оксалатных камней*

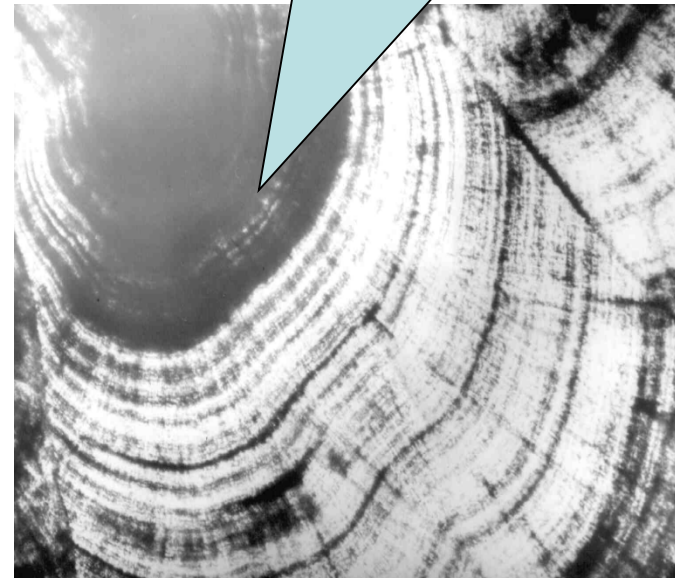
*Образуются преимущественно в  
почке и мочеточнике*

# Сферолитовое строение мочевого камня оксалатного типа



**Многоцентровый  
сферолит**

**Одноцентровый  
сферолит**

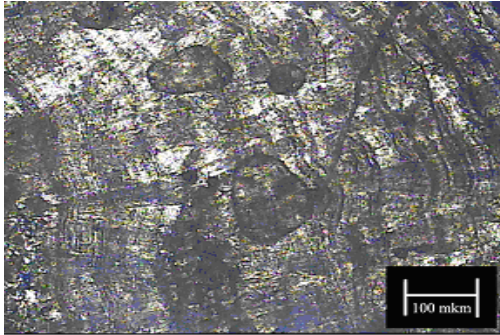


*Сферолитовая структура является результатом расщепления призматических кристаллов уевеллита при прямой кристаллизации из физиологического раствора*

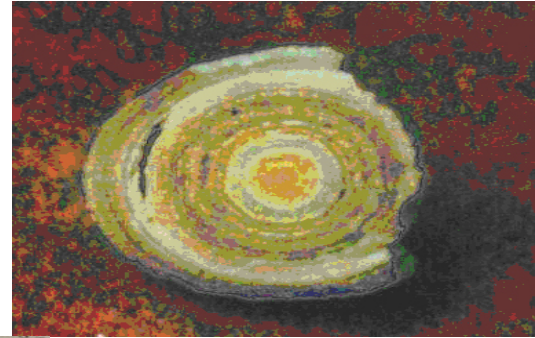


# Мочекислые камни

*Захват органического вещества между индивидами сферолитов происходит существенно интенсивнее, чем в узеллитовых уролитах. Концентрическая зональность по органике здесь более грубая, а осцилляционная микрizonaльность проявлена менее отчетливо.*



Урицит  
 $C_5H_4N_4O_3$

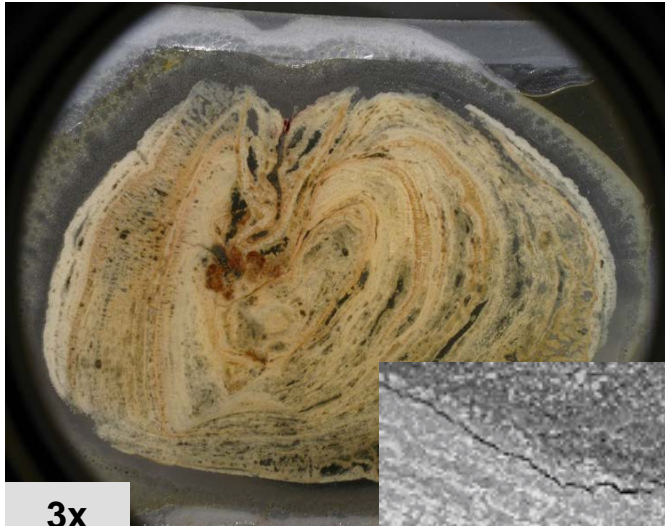


*Сферолитовая структура является результатом расщепления кристаллов уриката при прямой кристаллизации из физиологического раствора*

*В целом, структуры уратных (урикиновых) и уэвеллитовых камней сходны, что подразумевает и сходный способ (механизм) формирования этих уролитов, несмотря на разную их локализацию в организме человека.*

*Оксалатные камни образуются преимущественно в почке и мочеточнике, тогда как уратные – в мочевом пузыре.*

# Седиментационная структура фосфатных камней

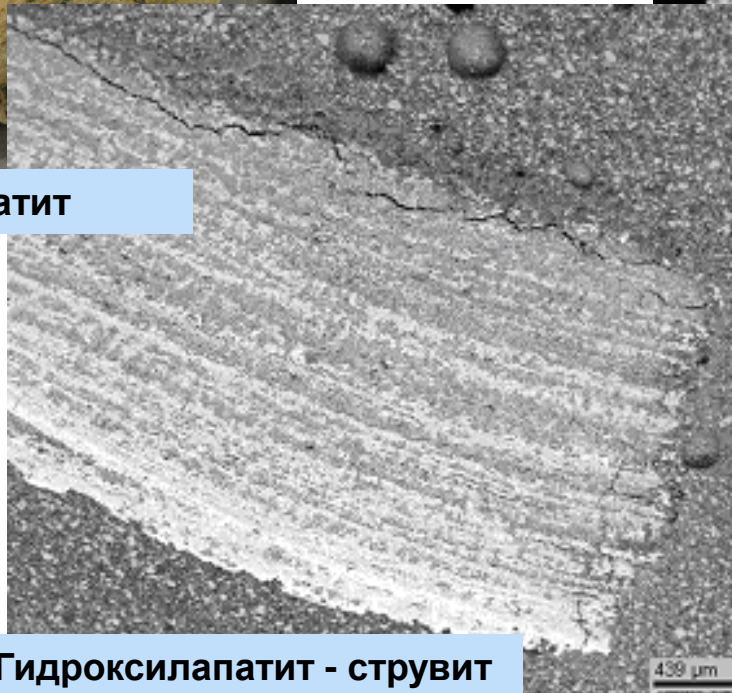


3x

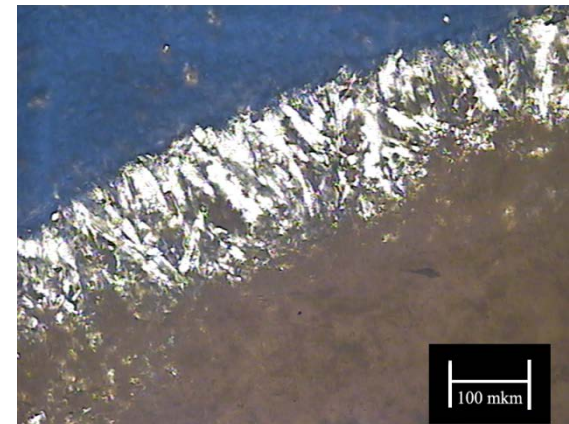
гидроксилапатит



Гидроксилапатит-уэвеллит



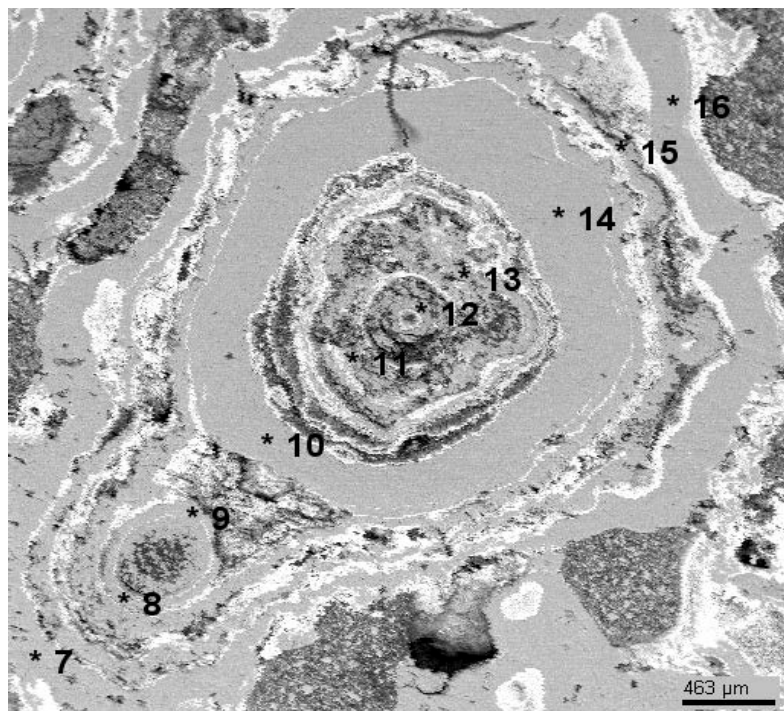
Гидроксилапатит - струвит



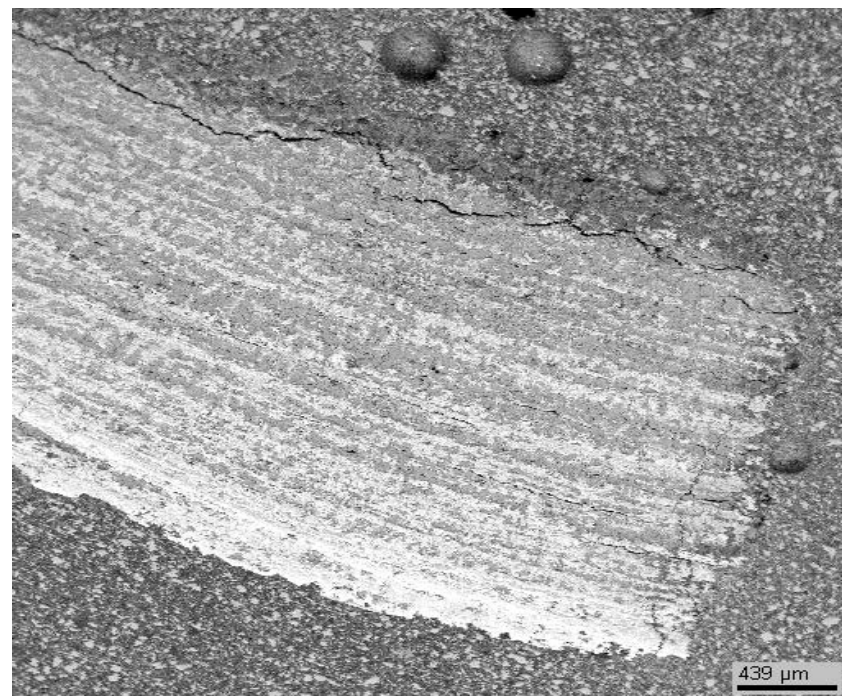
Гидроксилапатит-брушит



# Зональное строение фосфатных камней



**Слои апатита в  
оксалатном камне**



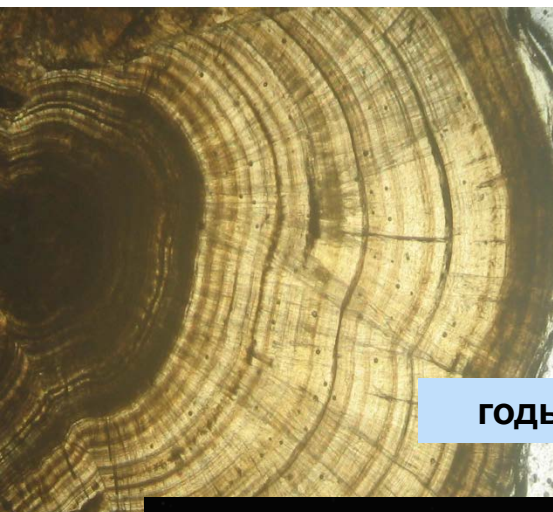
**Чередование слоев  
струвита (темные ) и  
апатита (белые).**

Структура фосфатных уролитов тонкозернистая или, чаще, скрытокристаллическая, что говорит о принципиально ином механизме формирования путем агломерации микрокристаллического или аморфного материала.

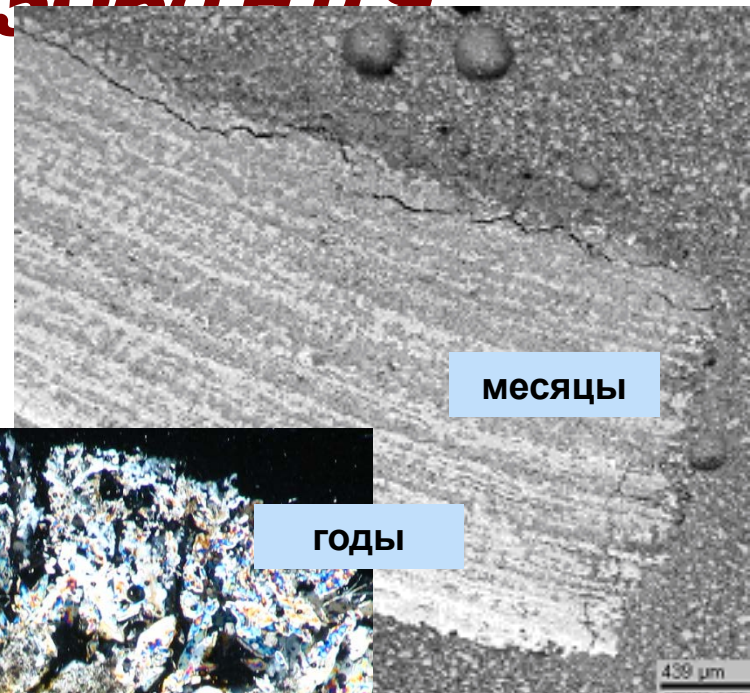
Основная составляющая фосфатных камней — рентгеноаморфный апатит стекловидной, комковатой или глобулярной текстуры, сложенный, по данным электронной микроскопии, мелкими шаровидными частицами диаметром 1-2 мкм. В апатит-струвитовых камнях он переслаивается с тонкозернистым или скрытокристаллическим струвитом. Такие структуры свидетельствуют об образовании фосфатных камней за счет коагуляции и агрегации частиц золь фосфатных минералов.



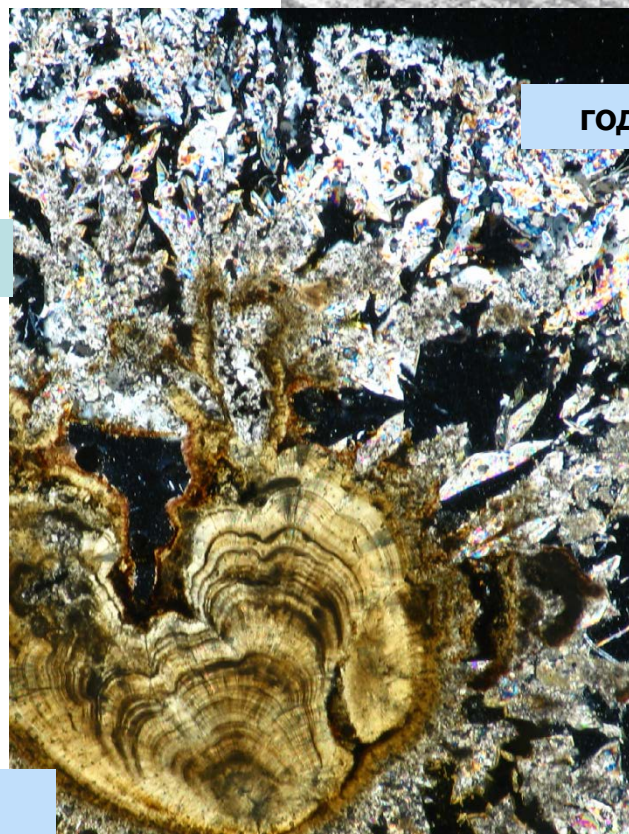
# Скорости образования



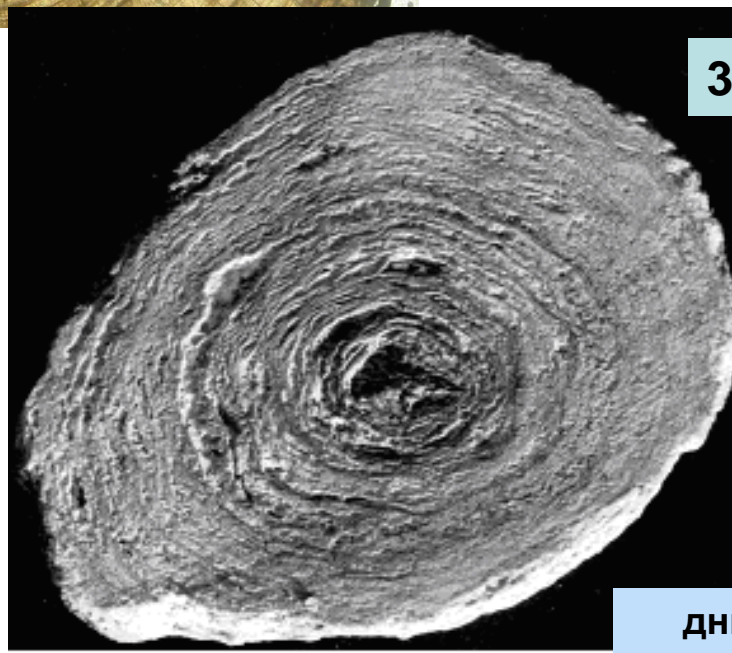
годы



месяцы



годы



3x

дни