



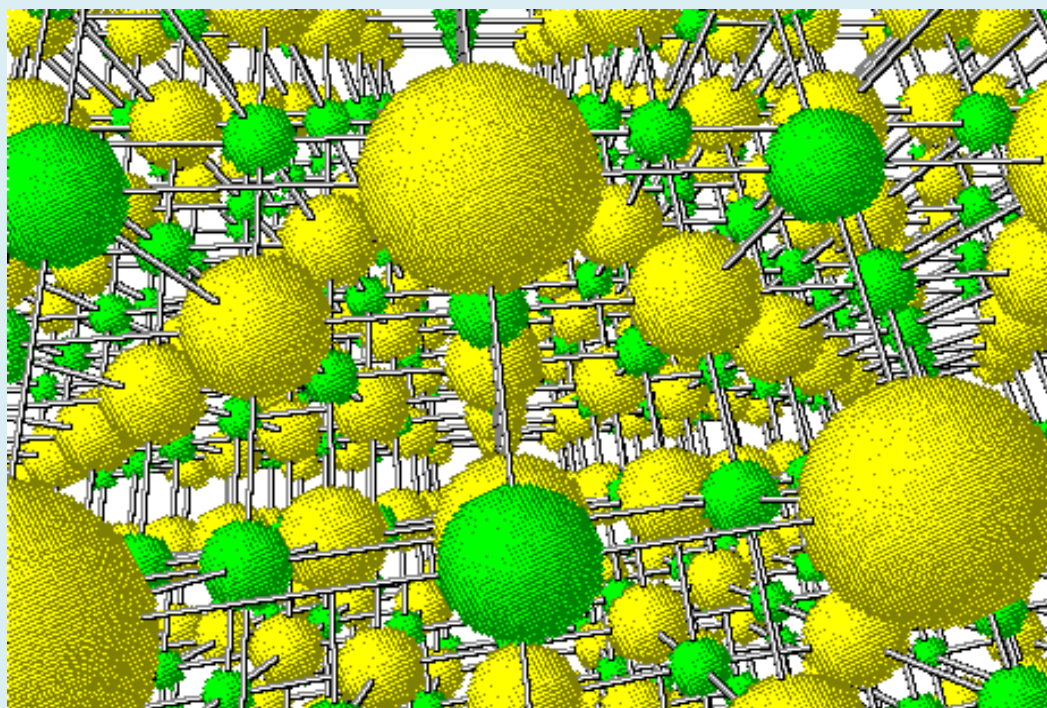
Кристаллы поваренной соли

В.Н. Витер, Д.В. Бондаренко



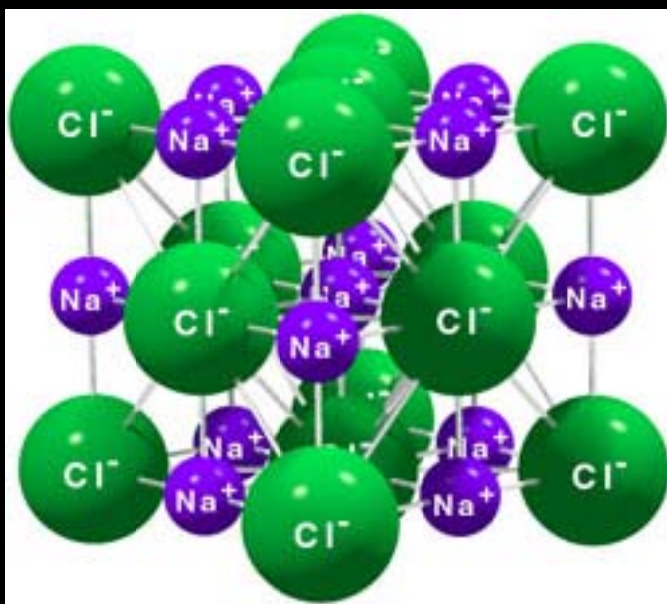
Хорошо знакомая нам поваренная соль представляет собой хлорид натрия NaCl с небольшим количеством примесей. Вещество очень распространено в природе. Хлорид натрия содержится в морской воде, в соленых озерах, в некоторых подземных водах. Когда высыхали доисторические моря, образовывались обширные залежи твердого хлорид натрия - минерала галита (каменная соль). Иногда толщина пластов галита достигает сотен метров.

Хлорид натрия образует кристаллы. Кристалл имеет важную особенность – атомы или молекулы в кристалле расположены не как угодно, а упорядоченным образом. Они выстраиваются в строгий орнамент – кристаллическую решетку. В этом орнаменте можно выделить самый маленький фрагмент, который повторяется бесконечное количество раз во всех трех направлениях. Он так и называется - элементарная ячейка.

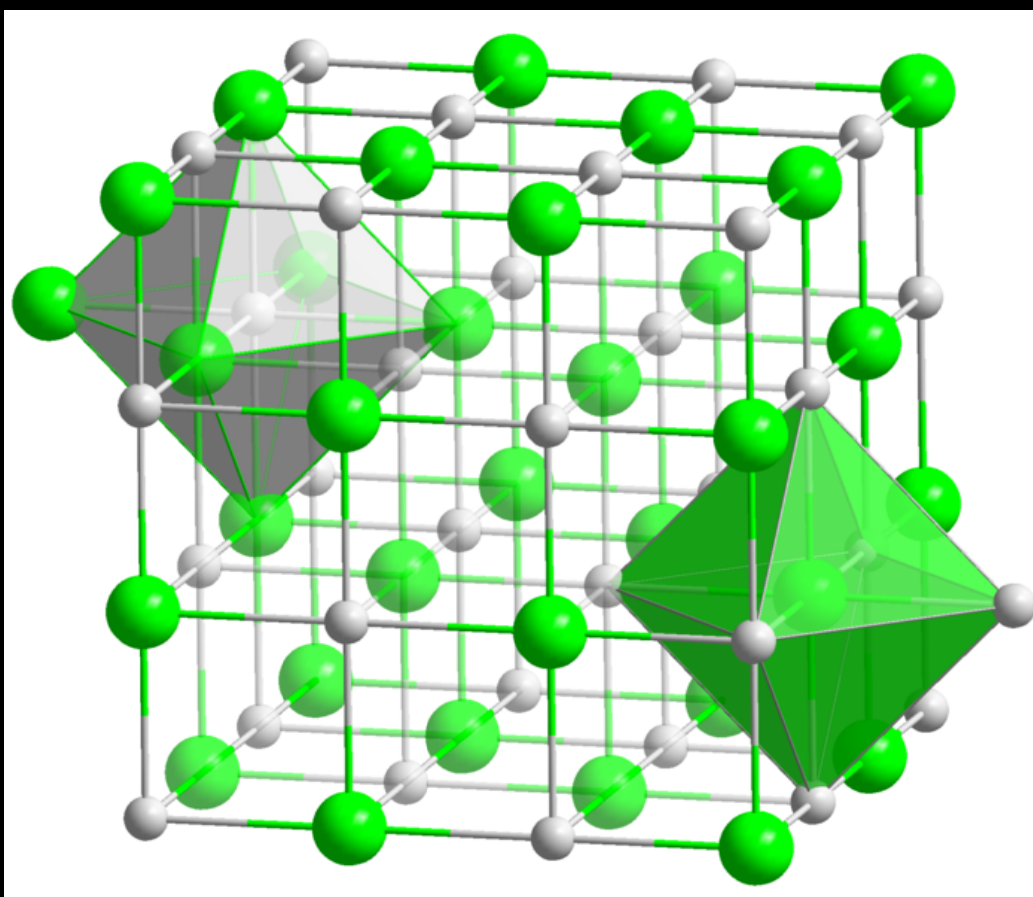


Кристаллическая решетка.

Кружечками обозначены атомы, линиями условно обозначены связи lutanho.net



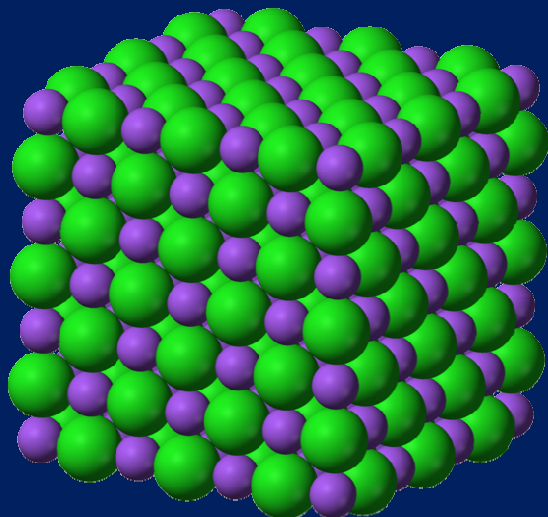
Элементарная ячейка хлорида натрия имеет кубическую форму. Кристаллы соли обычно имеют форму куба или параллелепипеда chemistry.wustl.edu, scienceclarified.com



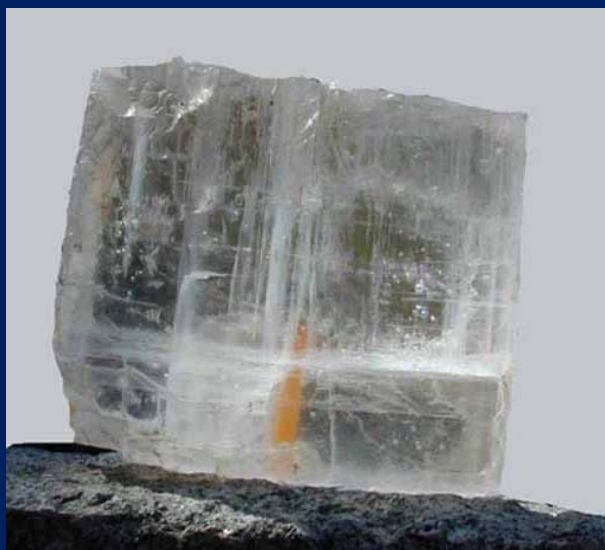
В кристаллической решетке соли каждый ион натрия окружен шестью ионами хлора, и наоборот wikipedia.org

Элементарная ячейка хлорида натрия имеет кубическую форму. Вокруг каждого иона натрия расположено по шесть ионов хлора, и наоборот – каждый ион хлора окружен шестью ионами натрия. Кристаллическая решетка соли состоит из большого числа

таких элементарных ячеек. Форма элементарной ячейки налагает ограничения на форму кристаллов. И действительно – во многих случаях кристаллы соли имеют форму куба. Но не следует понимать это слишком буквально, ведь из маленьких «кубиков» можно построить, не только большой куб, но и параллелепипед, октаэдр и даже длинные нити.



Кристаллы хлорида натрия



wikipedia.org, tasacips.com, a-m.de, cnice.mec.es

Форма кристалла зависит не только от симметрии кристаллической решетки (т.е. формы элементарной ячейки), но и от условий, в которых вырос кристалл. Скорость роста разных граней кристалла может сильно отличаться. В свою очередь, на рост граней влияет градиент (перепад) температуры или концентрации соли в растворе. Такие перепады можно создавать искусственно. В результате форма кристалла может измениться до неузнаваемости.

Некоторые вещества сорбируются на одних гранях (мешая их росту) и почти не

сорбироваться на других. Результат получается аналогичный. Например, когда кристаллы хлорида натрия образуются в присутствии мочевины (карбамида), они имеют форму октаэдров. Мочевины $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ нужно добавлять много - 15-20% от массы раствора. Но даже небольшое её количество положительно влияет на качество кристаллов - их форму и прозрачность, поэтому карбамид можно использовать и при выращивании кристаллов кубической формы. Причём мочевина не загрязняет кристаллы, оставаясь в растворе.



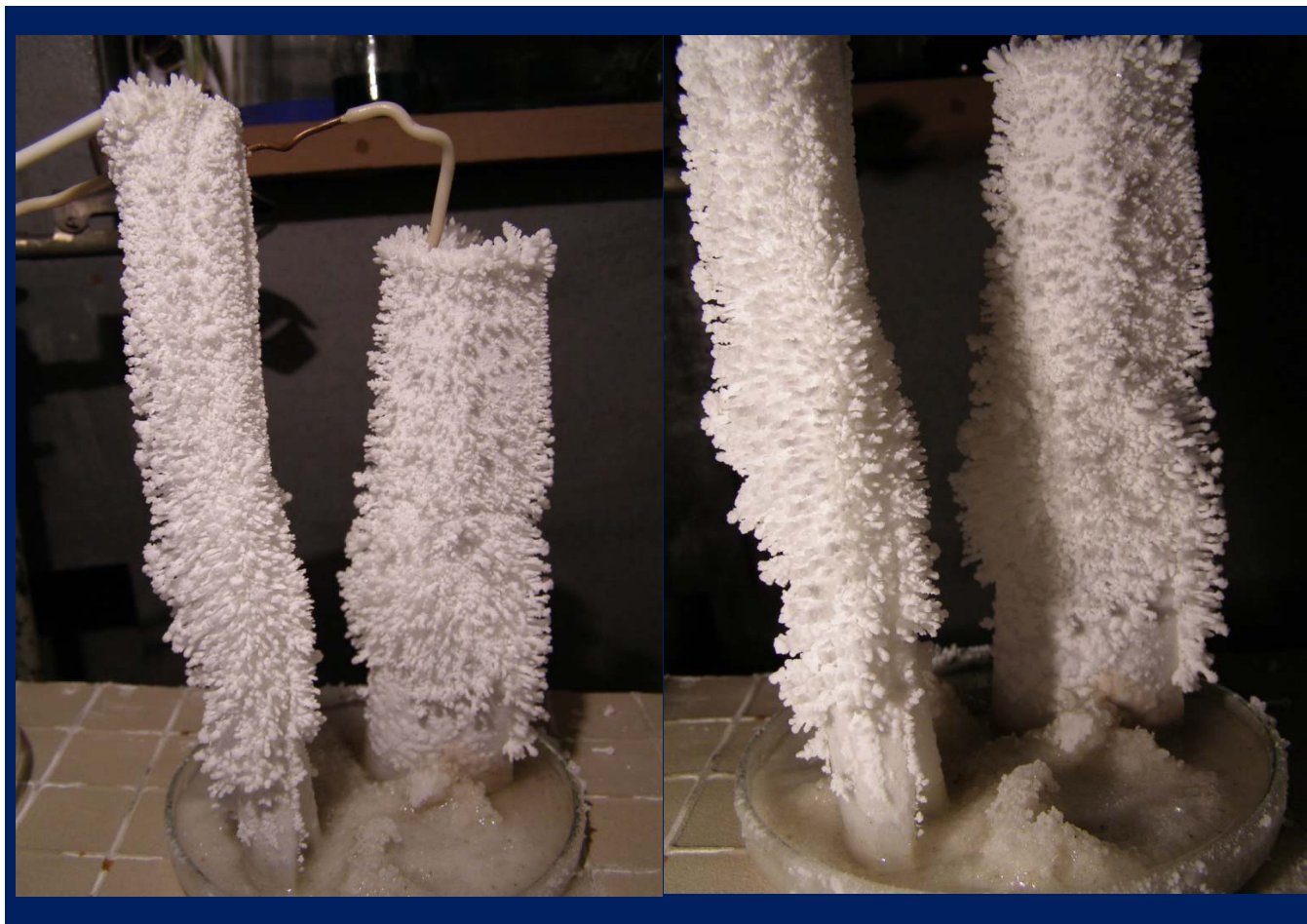
Кристаллы NaCl, которые выросли в присутствии мочевины

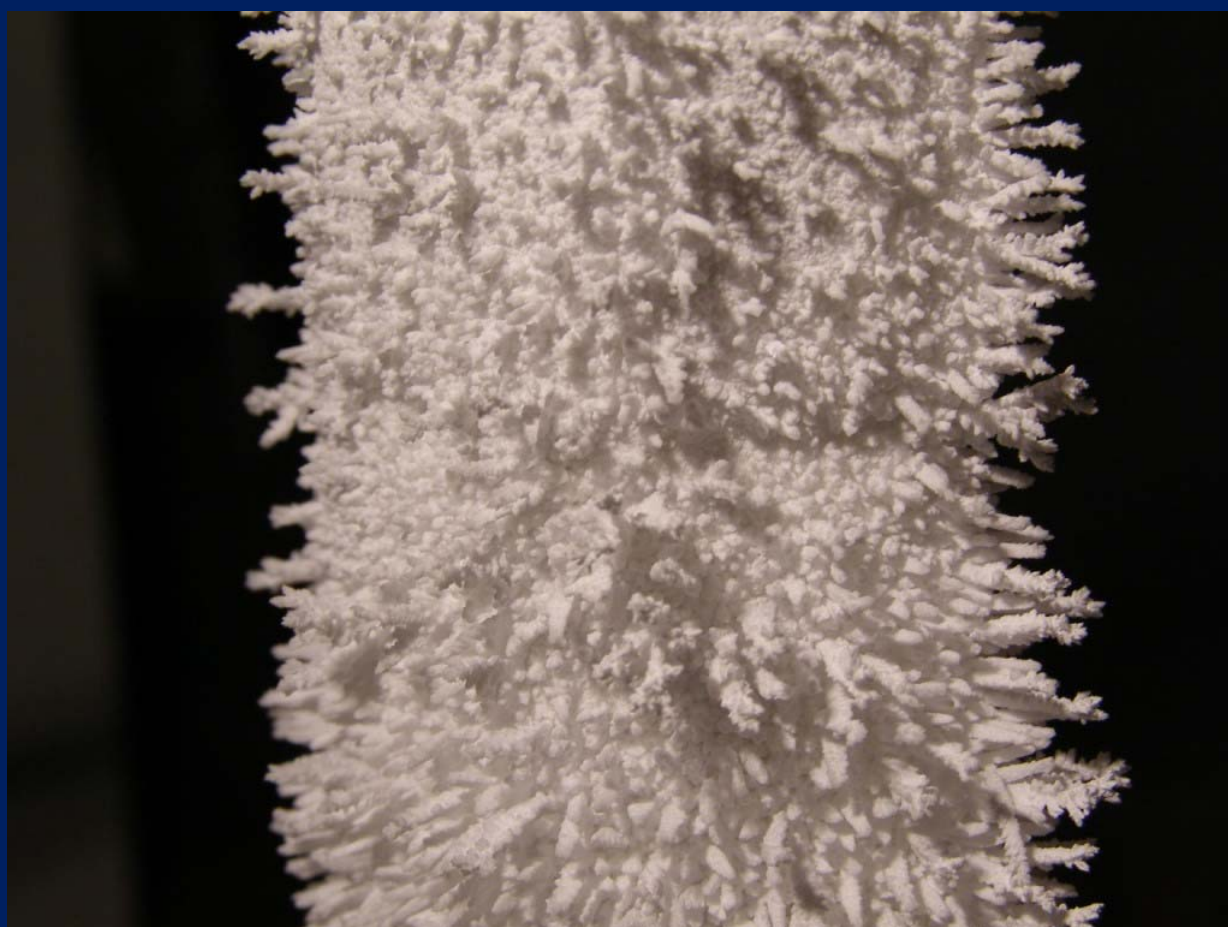
himiklab.org.ua

Октаэдры NaCl также удалось вырастить при кристаллизации соли из раствора с добавкой небольших количеств нитрата свинца и серной кислоты.

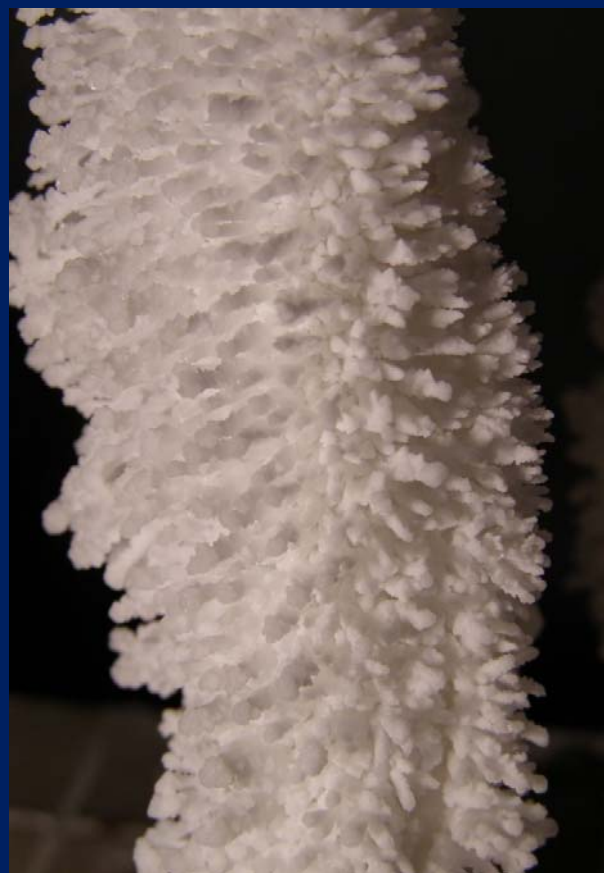
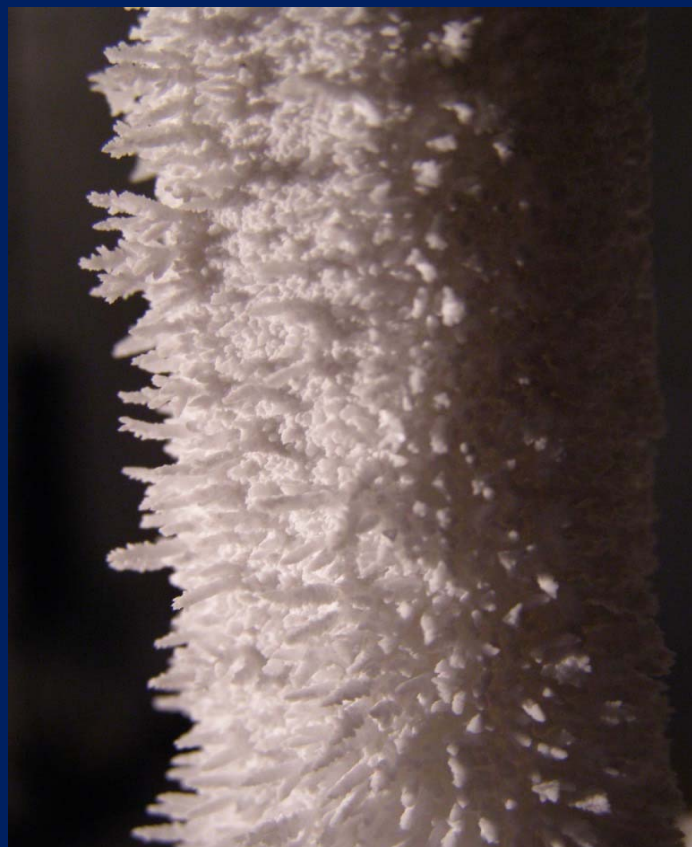
Если кристаллы хлорида натрия растут при испарении раствора с поверхности пористой керамики, то они часто приобретают форму волокон. В случае испарения раствора соли с поверхности бумаги удалось получить сростки кристаллов в форме веточек – дендритов.

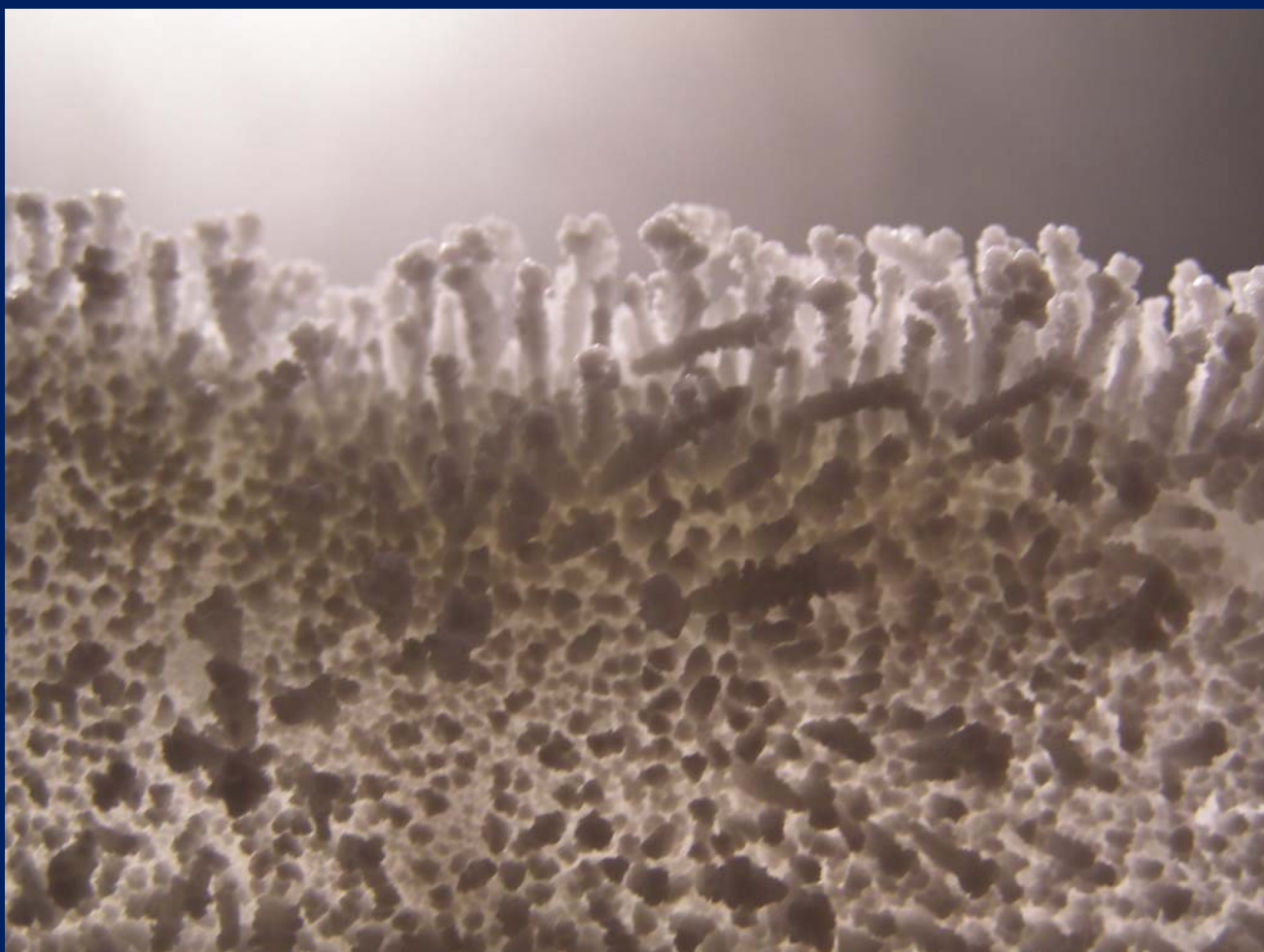
Провести такой эксперимент очень просто. Сверните прямоугольный кусочек фильтровальной бумаги в цилиндр диаметром 2-3 см и высотой 15-25 см. Поставьте цилиндр вертикально в чашку Петри и закрепите его сверху. В чашку насыпьте хлорид натрия (почти доверху), добавьте немного желтой кровяной соли $K_4[Fe(CN)_6]$ (четверть чайной ложки), перемешайте и долейте воды – чтобы она хорошо смочила соль и раствор начал подниматься вверх по фильтровальной бумаге. С поверхности бумаги раствор будет постепенно испаряться, а на его место из чашки будут подниматься свежие порции (за счет капиллярного эффекта). По мере испарения раствора добавляйте в чашку воду и подсыпайте соль (осторожно, не перестарайтесь!). Чтобы ускорить испарение мы воспользовались лампой накаливания, но слишком этим увлекаться не стоит. Постепенно на поверхности бумаги начнут расти кристаллы соли, которые через несколько дней примут форму веточек. Сам бумажный цилиндрик станет похож на белый коралл.





Кристаллы NaCl, которые выросли на поверхности бумаги
фото В.Н. Витер



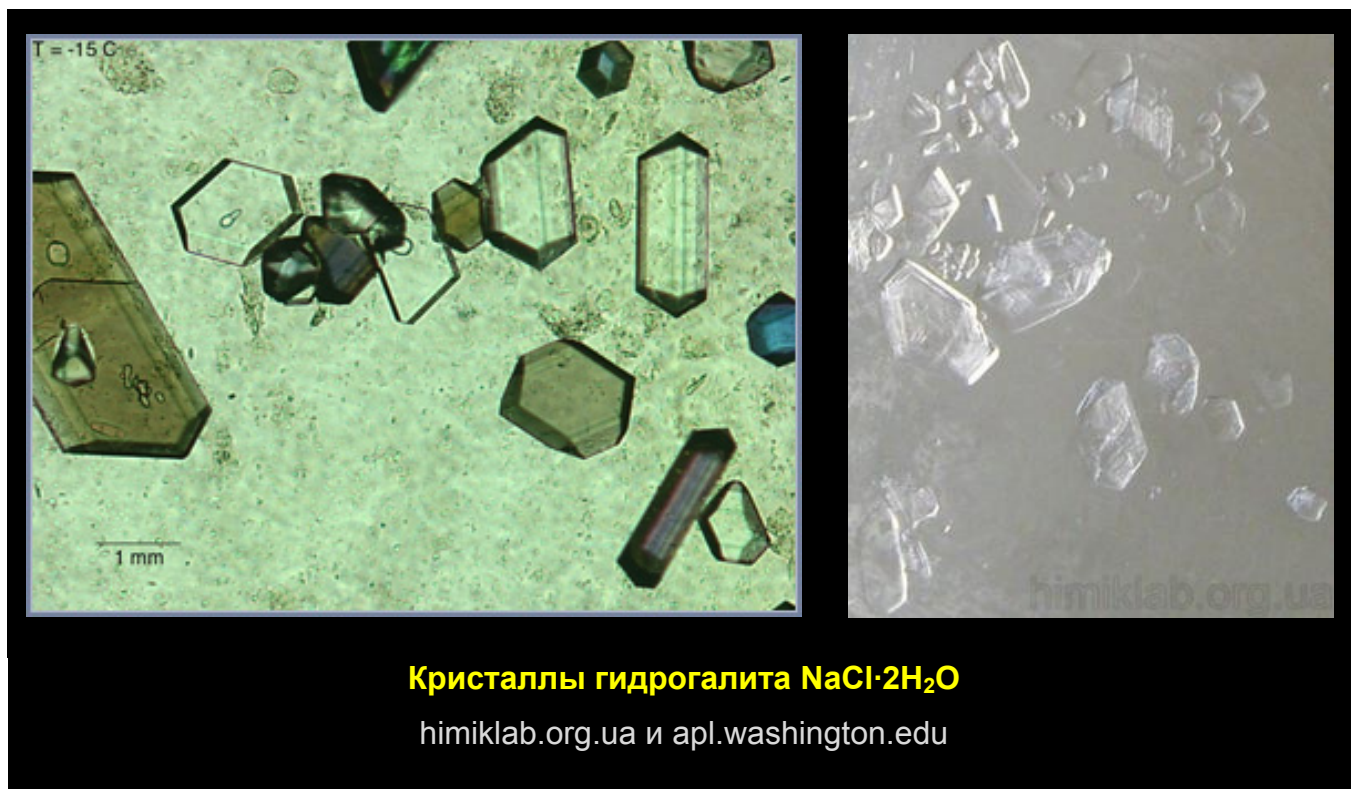




К сожалению, такая конструкция очень не прочная – от слабого сотрясения она осыпается. Если вы добавите в чашку Петри слишком много воды – результат будет аналогичный. Добавка желтой кровяной соли благоприятствует формированию волокнистых кристаллов хлорида натрия. Без нее поваренная соль просто образует корку на поверхности бумаги.

В обычных условиях хлорид натрия кристаллизуется в виде безводной соли - «не прихватывая» за собой молекул воды из раствора. В тоже время многие соли при испарении их водных растворов образуют кристаллогидраты - $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Но если хлорид натрия кристаллизуется при температуре ниже $+0,15^\circ\text{C}$, то вместо кубиков безводной соли из раствора образуются пластинки дигидрата $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Получить такие кристаллы просто – достаточно насыщенный раствор соли оставить на морозе, или поместить его в морозильную камеру холодильника. Образующиеся кристаллы представляют собой бесцветные прозрачные шестигранные пластинки, которые при нагревании выше $+0,15^\circ\text{C}$ мгновенно распадаются на раствор соли и безводную соль в виде кубических кристаллов.



Кристаллы дигидрата $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ образуется в соленых озерах в зимнее время. Когда температура достаточно опуститься, формируются скопления этого минерала, который получил название гидрогалит¹. Искусственно этот минерал впервые получил в 1792 г Т.Е. Ловиц, он охладил до -15°C раствор соли, насыщенный при комнатной

¹ Более детальная информация о гидрогалите $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ есть на странице: <http://www.mindat.org/min-1975.html>

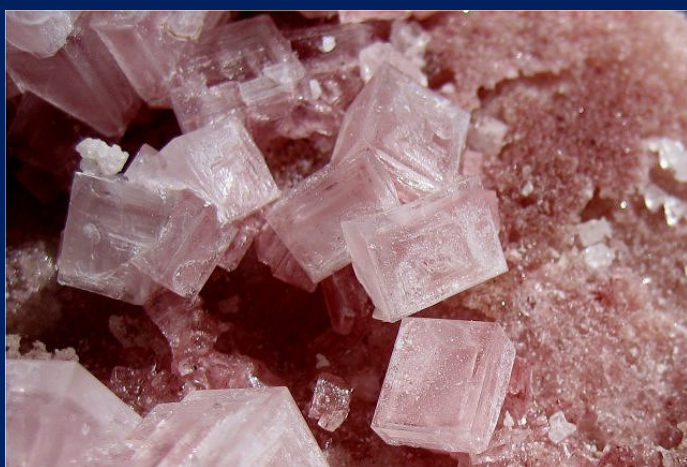
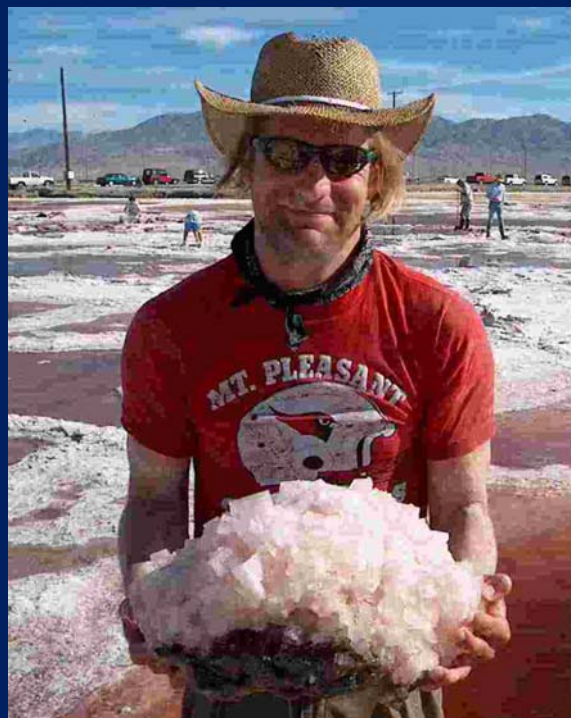
температуре. Существует и другой - значительно более редкий минерал – криогалит, который образуется при охлаждении раствора поваренной соли, содержащей 75.5% воды до температуры -23°C . В природе криогалит может образовываться только в самые холодные зимы. Не удивительно, что в литературе о нем очень мало информации.

Обыкновенные кристаллы безводной соли также содержат небольшое количество воды. Дело в том, что при росте кристалла в нем образуются пустоты, в которых остается раствор. В этом легко убедиться, если насыпать немного крупных кристаллов поваренной соли на горячую сковородку. Вода в пустотах вскипит, и кристаллы будут с треском разрушаться.

Как видите, даже такие привычные вещества как поваренная соль не перестают нас удивлять.

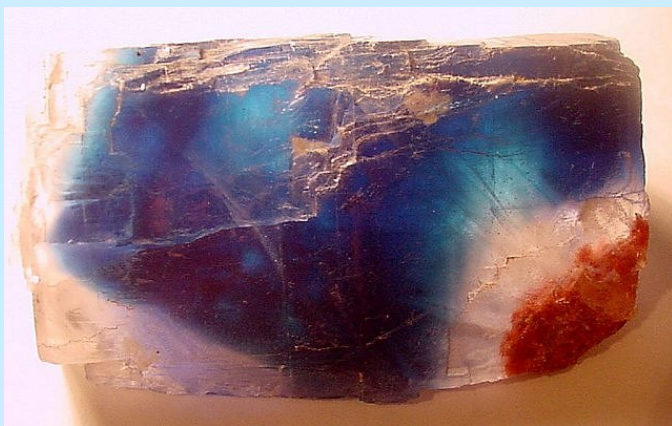


Природные кристаллы галита могут иметь самую разнообразную окраску

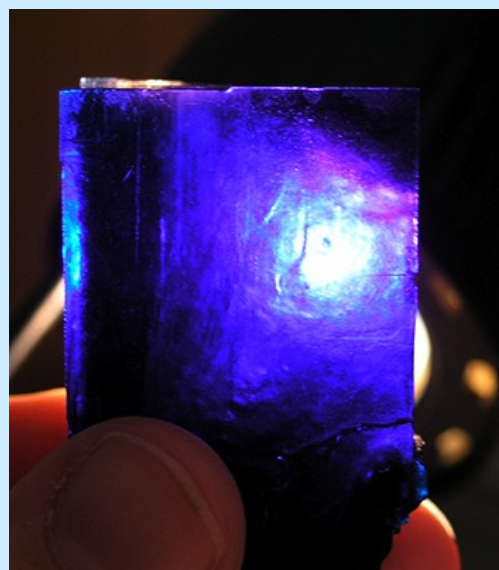


Природные кристаллы галита. Розовая окраска обусловлена пурпурными бактериями

cochise.edu, iwvisp.com, geo.web.ru



cochise.edu, mineralatlas.com



Синий галит. Цвет кристаллов обусловлен тем, что в некоторых узлах решетки содержатся не ионы, а атомы натрия.

В лаборатории такие кристаллы получают нагреванием NaCl в парах натрия. В природе такие кристаллы образуются при действии ионизирующего излучения.





mineralatlas.com



Фламинго. Эти птицы любят водоемы с высокой соленостью, где казалось бы нет жизни

zastavki.com



Бывшая соляная шахта г. Соледар, Украина

pohodushki.org, scm.com.ua