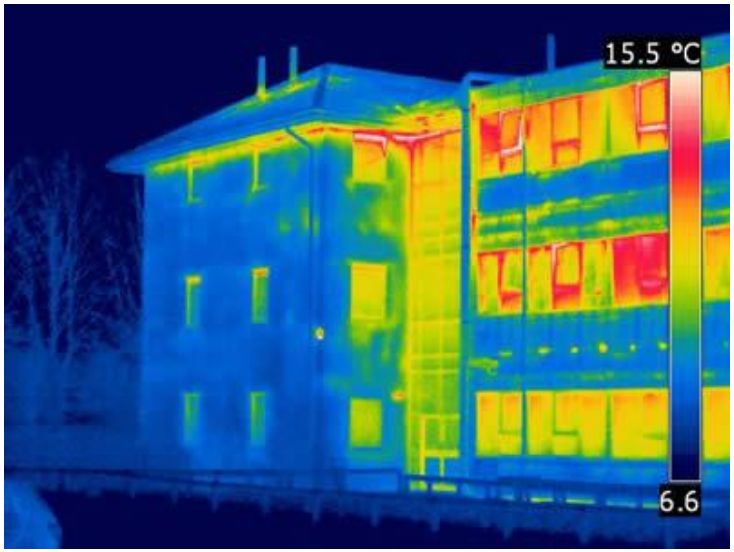
ЛАБОРАТОРИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В. ЛОМОНОСОВА

Материалы для аккумулирования энергии

Белова Екатерина (catrine2@mail.ru)

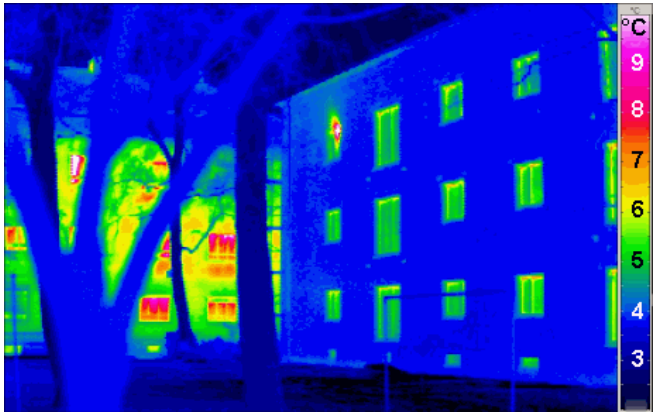
Что общего?

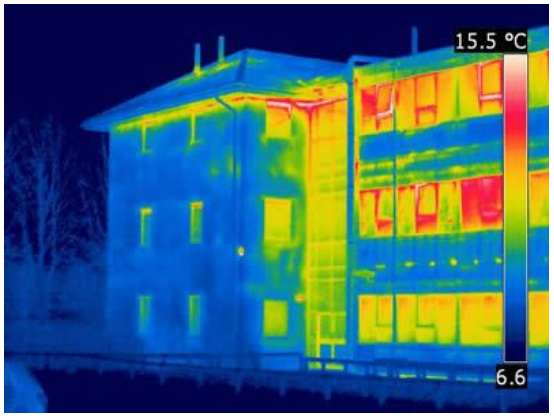


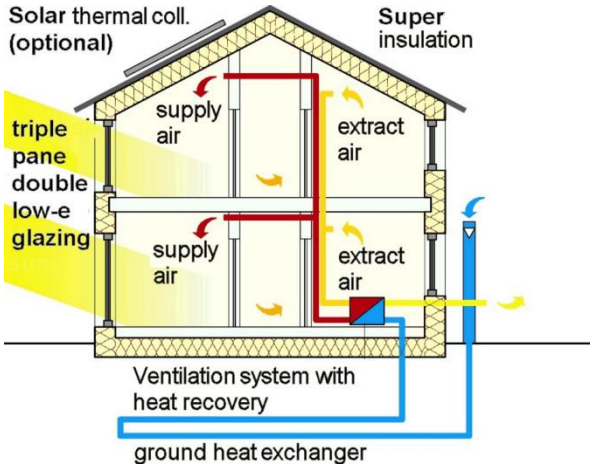
Зачем нужны такие материалы?

Снижение теплопотерь при отоплении

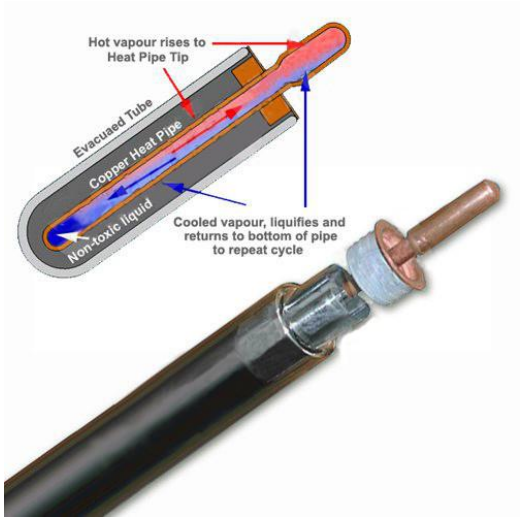
•« Passivhaus» – здания, для которых минимизируются тепловые потери, за счет подбора облицовочных материалов



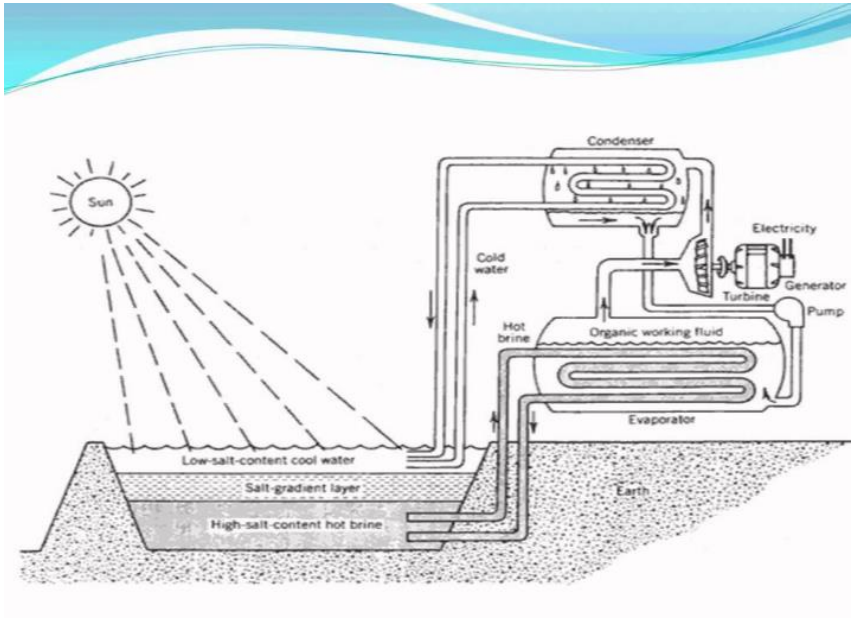


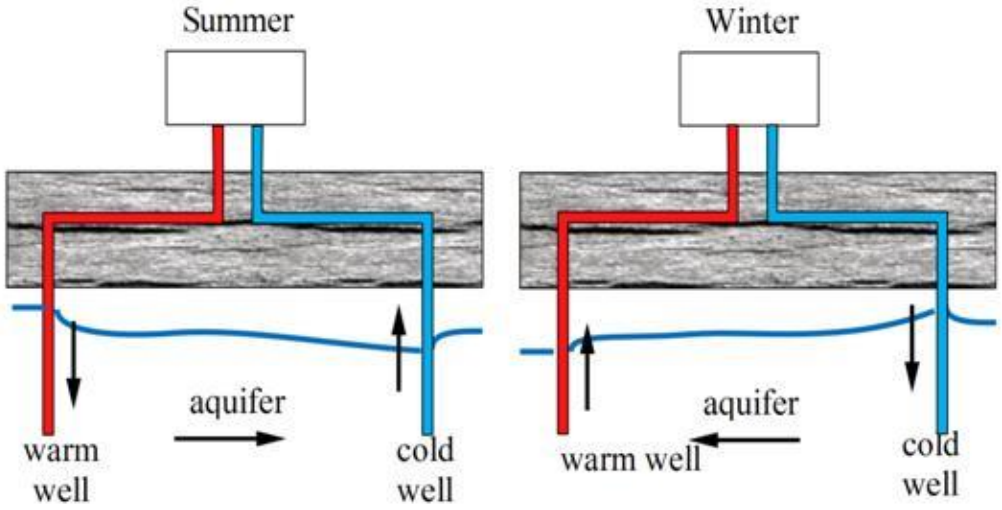


•Solar thermal collector



Использование сезонных колебаний температур и солнечной энергии



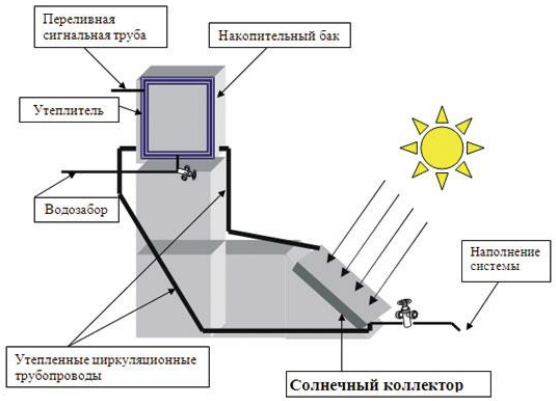


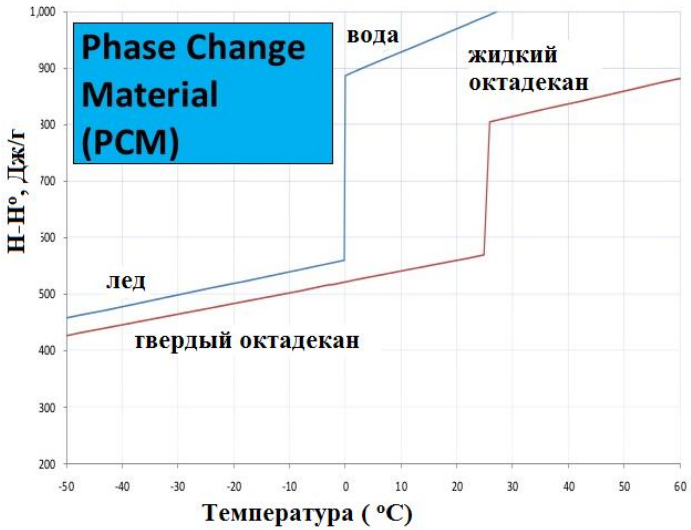
В какое состояние выгоднее перейти?

Удельная теплоемкость или фазовый переход?

« Specific heat » vs. «Latent heat»

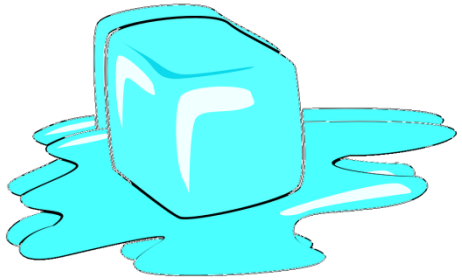
$$Q = \int_{T_1}^{T_1} c_p dT$$





Phase change materials

$$Q = \Delta_{tr} H$$



•Широкий интервал рабочих температур
•Изменение объема меньше, чем при фазовом переходе

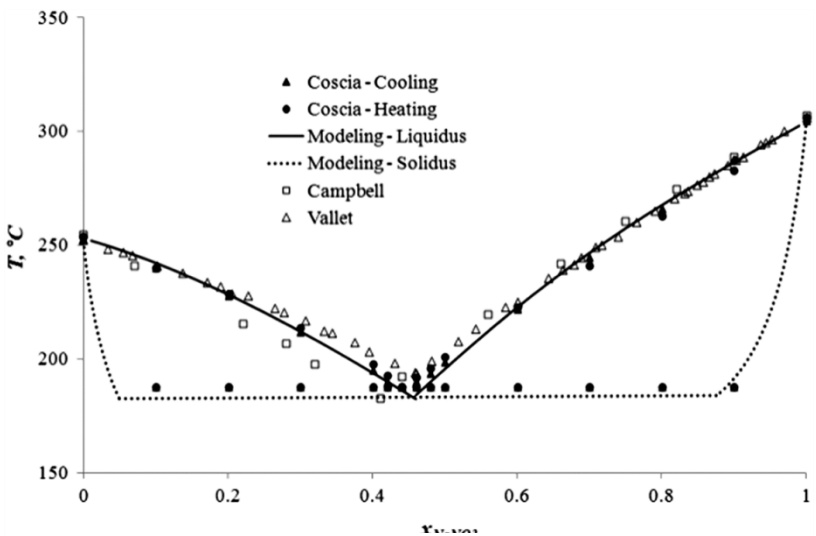
•Больше изменение энтальпии
•Лучше поддержание постоянной температуры

Материалы с высокой теплоемкостью

Material	Temperature Range (^oC)	Density - ρ - (kg/m^3)	Specific Heat - c_p - (J/kg^oC)	Energy Density ($kJ/m^3\ ^oC$)
Aluminum	max. 660 (melting point)	2700	920	2484
Brick		1969	921	1813
Cast Iron	max. 1150 (melting point)	7200	540	3889
Concrete		2305	920	2122
Fireclay		2100 - 2600	1000	2100 - 2600
50% Ethylene Glycol - 50% Water	0 - 100	1075	3480	3741
Dowtherm A	12 - 260	867	2200	1907
Draw salt - 50% $NaNO_3$- 50% KNO_3) (by weight)	220 - 540	1733	1550	2686
Granite		2400	790	1896
Liquid Sodium	100 - 760	750	1260	945
Molten Salt - 50% KNO_3 - 40% $NaNO_2$ - 7% $NaNO_3$ (by weight)	142 - 540	1680	1560	2620
Oak		769	2385	1833
Pine		496	2803	1391
Taconite		3200	800	2560
Therminol 66	-352	750	2100	1575
Water	0 - 100	1000	4190	4190

Материалы с высокой теплоемкостью

MOLTEN SALT TOWER RECEIVER



•Расплавы нитратов калия и натрия (иногда с добавкой нитрита натрия)

Холодная зона - 220°C (температура поддерживается горелками), горячая (за счет разогрева под солнцем) - 560°C

•Ионные жидкости

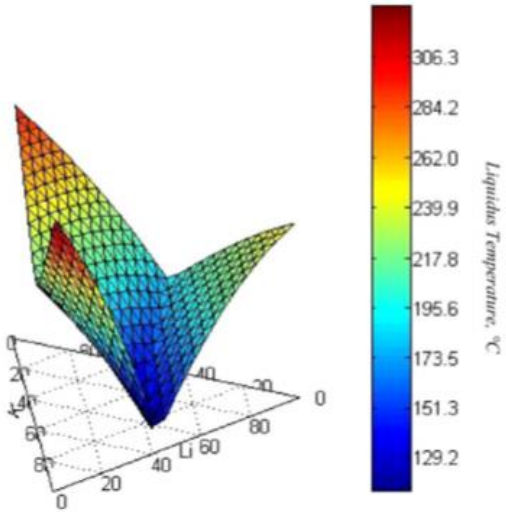
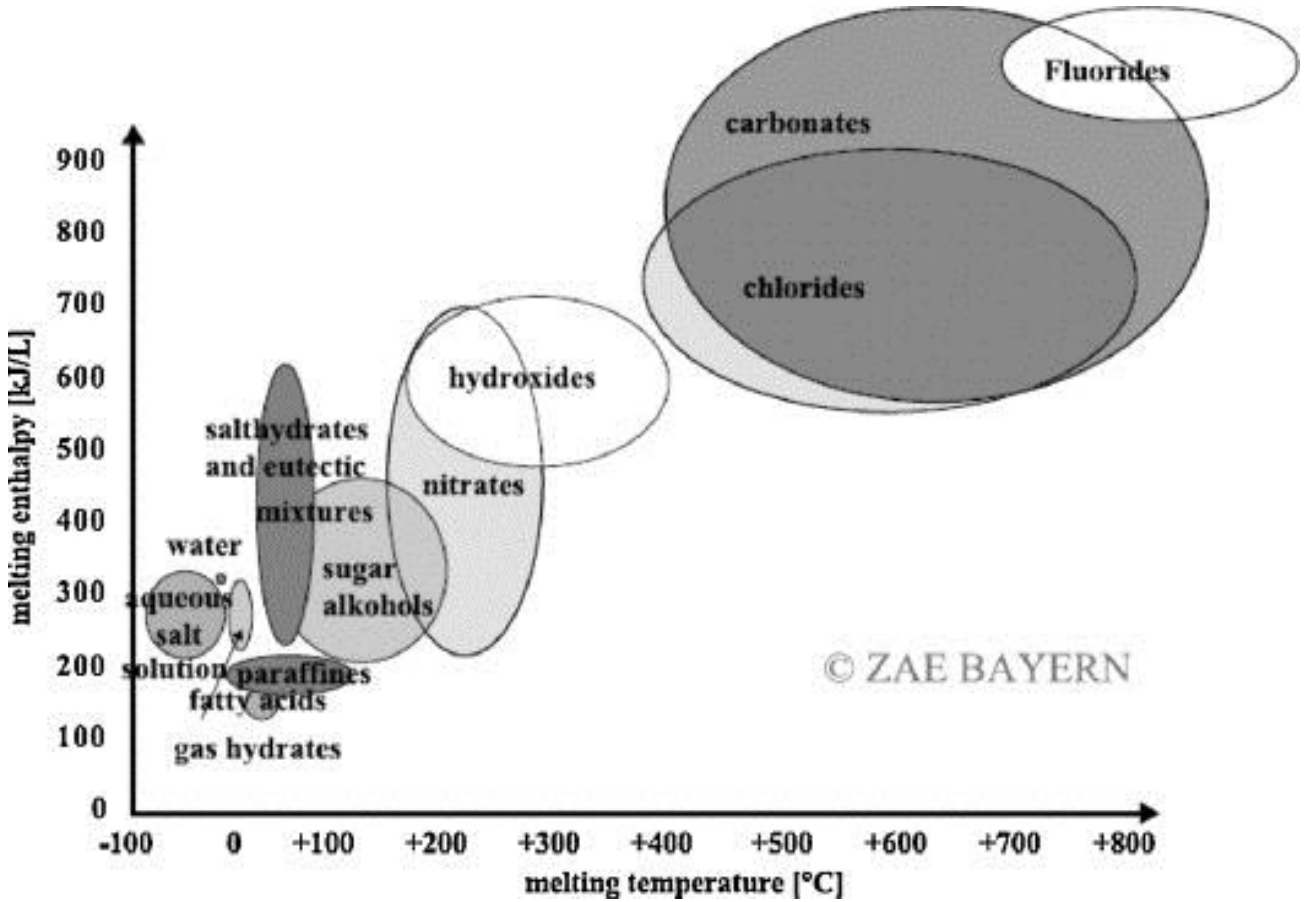


Fig. 5 The 3D phase diagram for the $LiNO_3$-$NaNO_3$-KNO_3 system as predicted from the mathematical model

Phase change materials



Водно-солевые системы

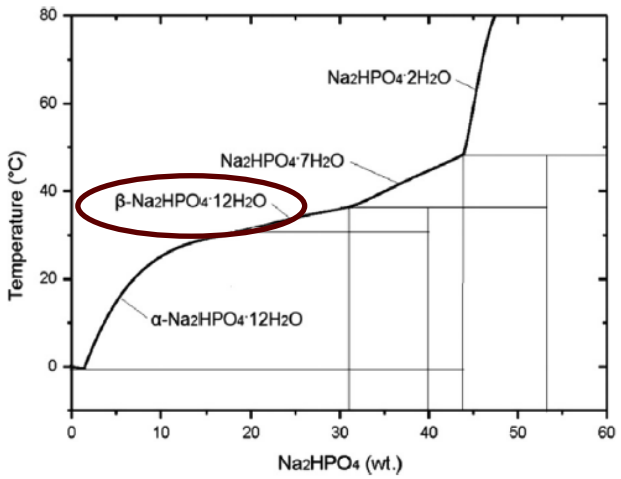


Fig. 19. Phase diagram of sodium hydrogen phosphate–water system.

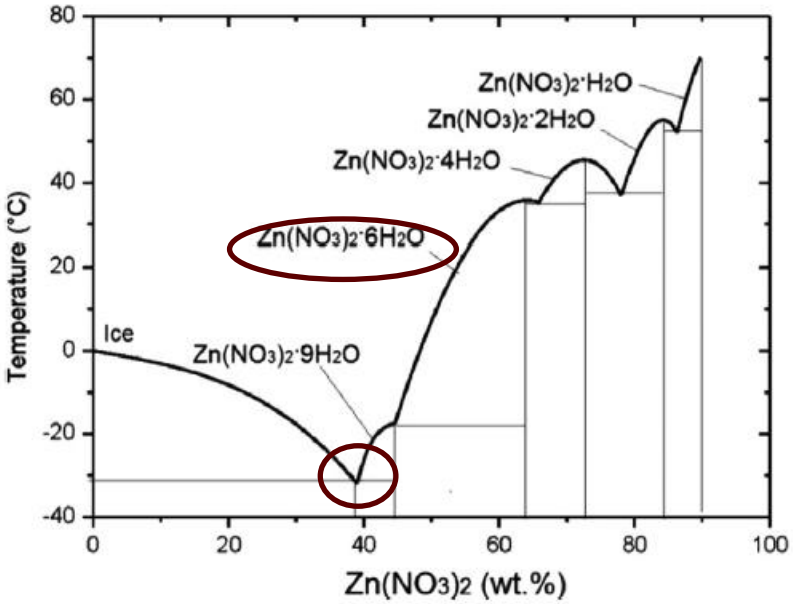
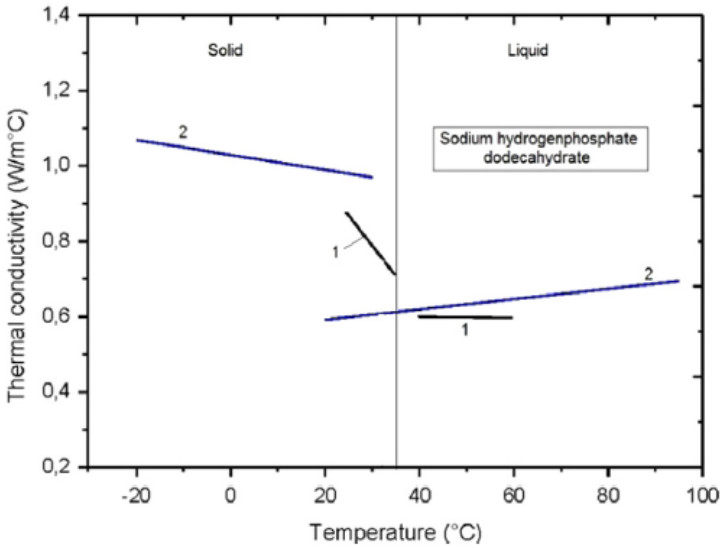
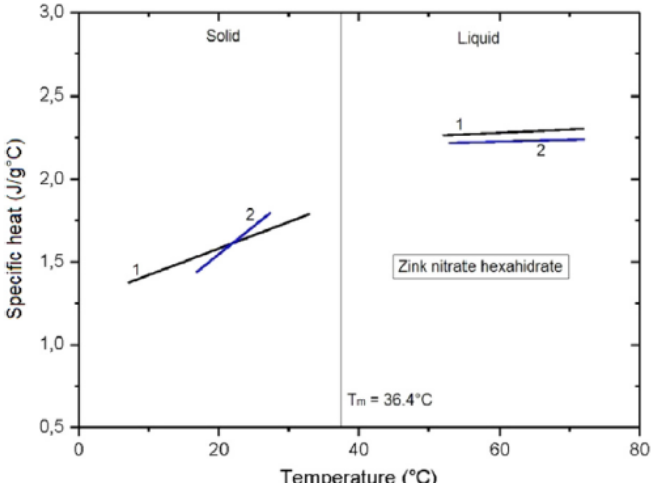


Fig. 17. Phase diagram of zinc nitrate–water system.





Важные свойства PCM

- Подходящая температура фазового перехода
- Большое изменение энтальпии при рабочих температурах
- Высокая теплопроводность в жидкой и твердой фазе (не всегда)

- Высокая и постоянная плотность
- Отсутствие сильного переохлаждения

- Химическая устойчивость
- Отсутствие расслаивания фаз
- Отсутствие взаимодействия с материалом- «контейнером»
- Не ядовитый, не легковоспламениямый

- Дешевый и распространенный

Переохлаждение

Парафины

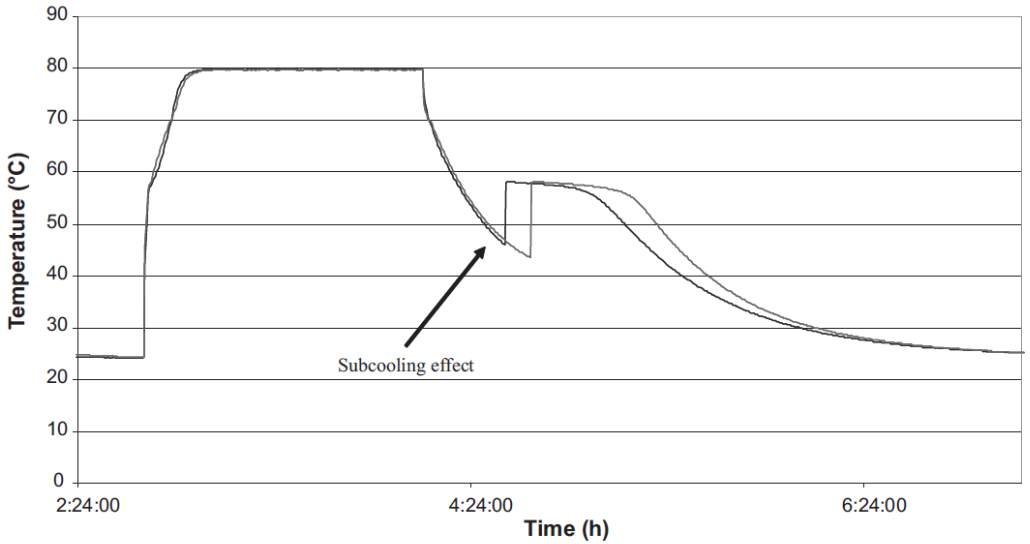
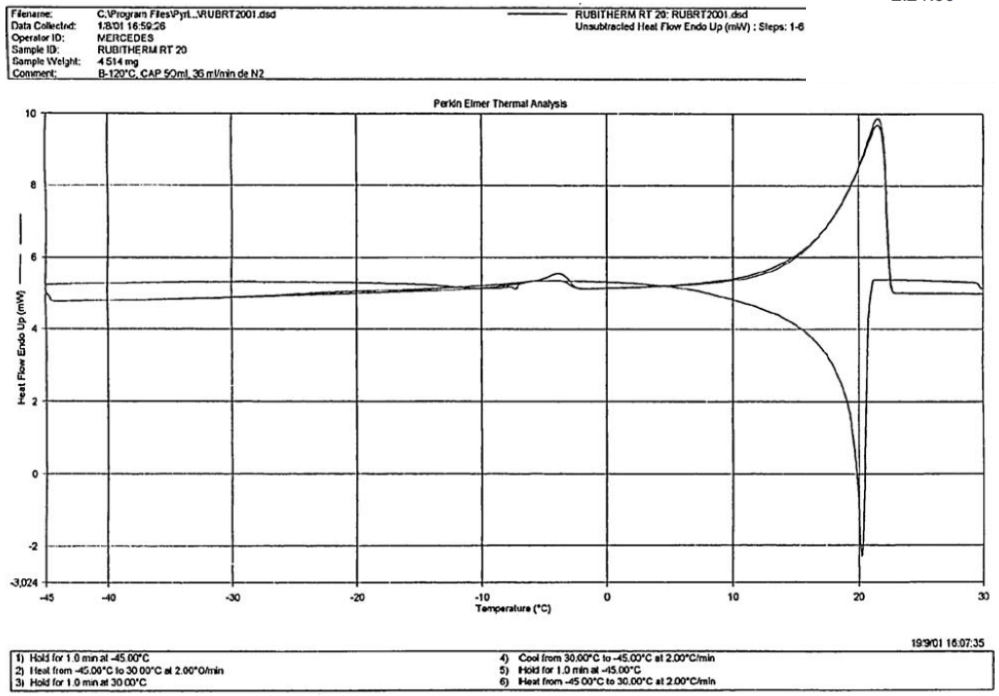


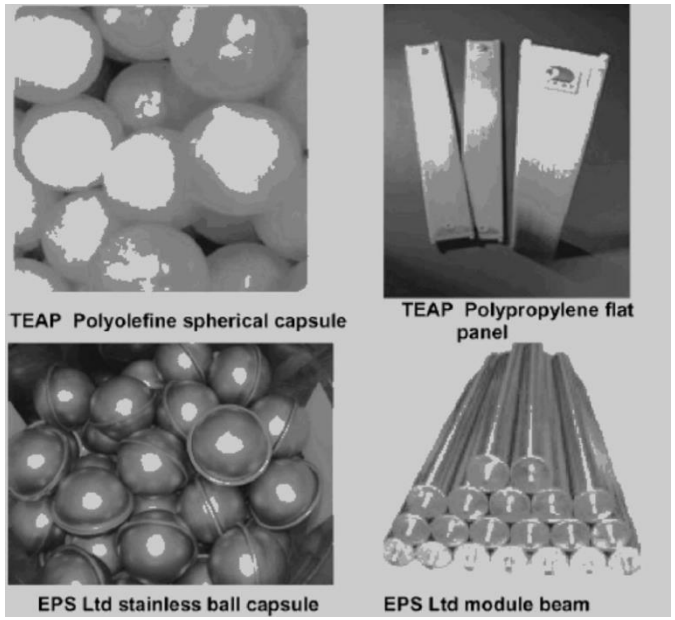
Fig. 10. Subcooling effect of a salt hydrate [4].



Водно-солевые системы

- Подбирают затравки

… и коррозия



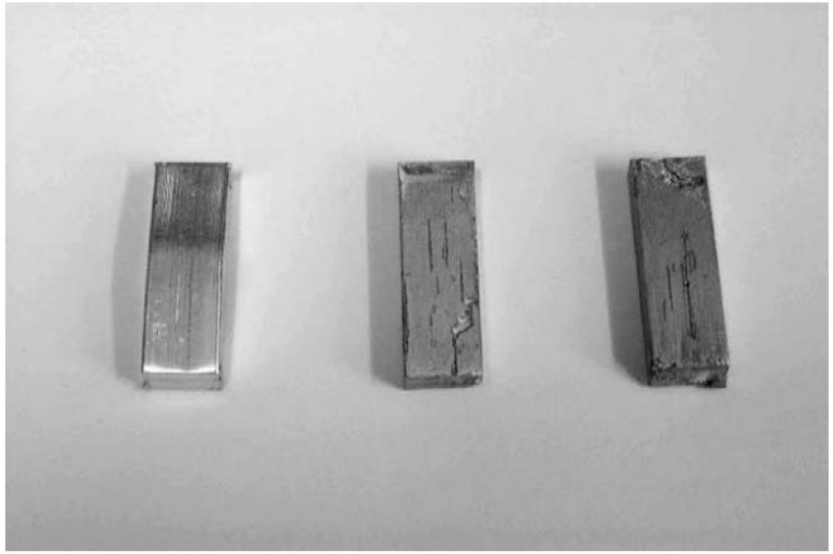


Fig. 8. Aluminum treated with a salt hydrate: from left to right – before treatment, after treatment, and after treatment in contact with graphite [4].

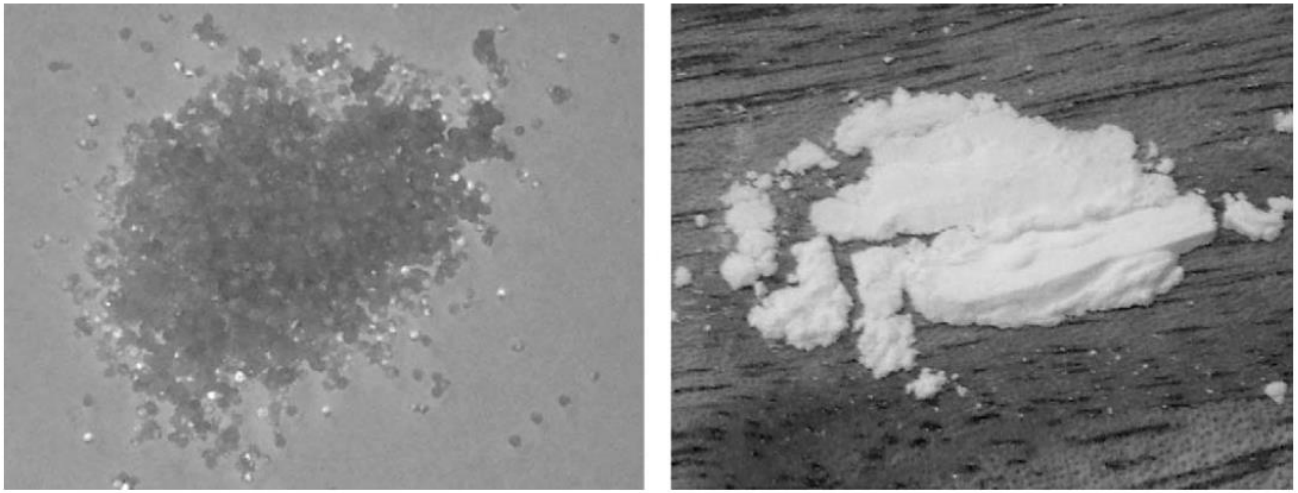
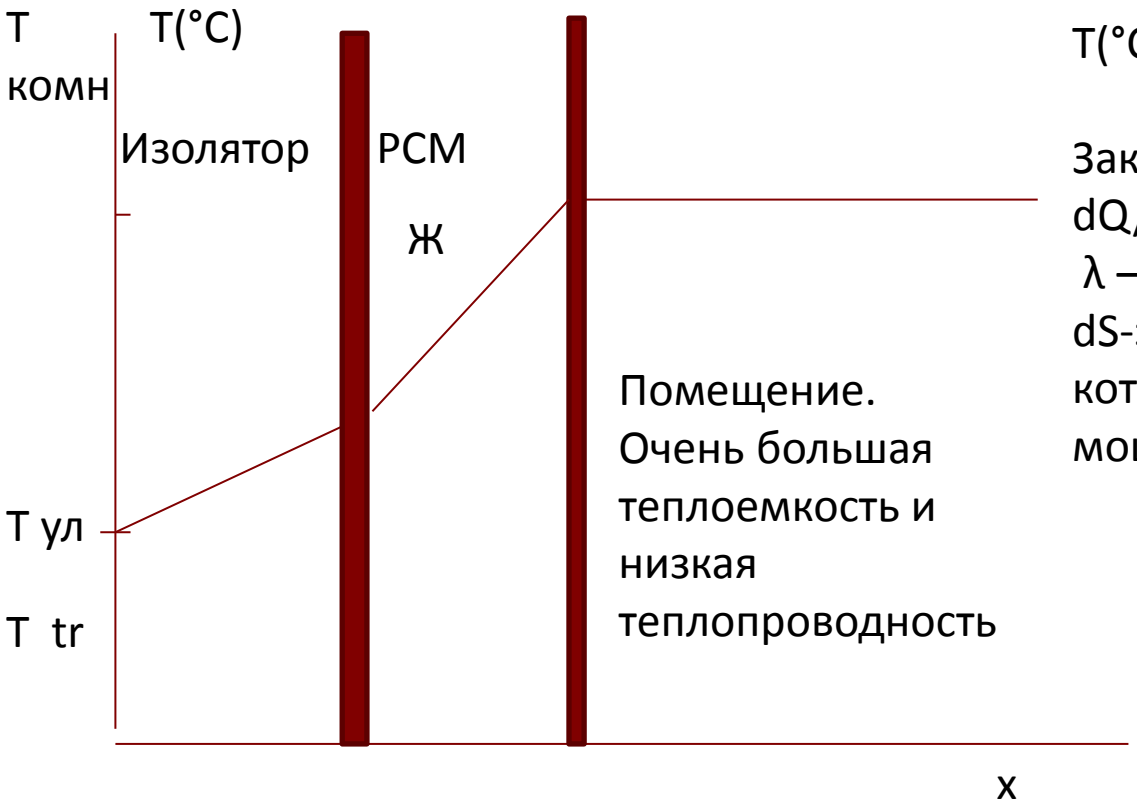


Fig. 12. Microencapsulated PCM: left – laboratory manufactured by copolymerization; right – commercialized by BASF [4].

Теплопроводность



Помещение. Очень большая теплоемкость и низкая теплопроводность

T(°C)=f(x,y,z,t)

Закон Фурье:
dQ/dt=-λ grad(T) dS
λ – коэффициент теплопроводности, dS-элемент поверхности, через которую проходит тепло, dQ/dt – мощность теплового потока

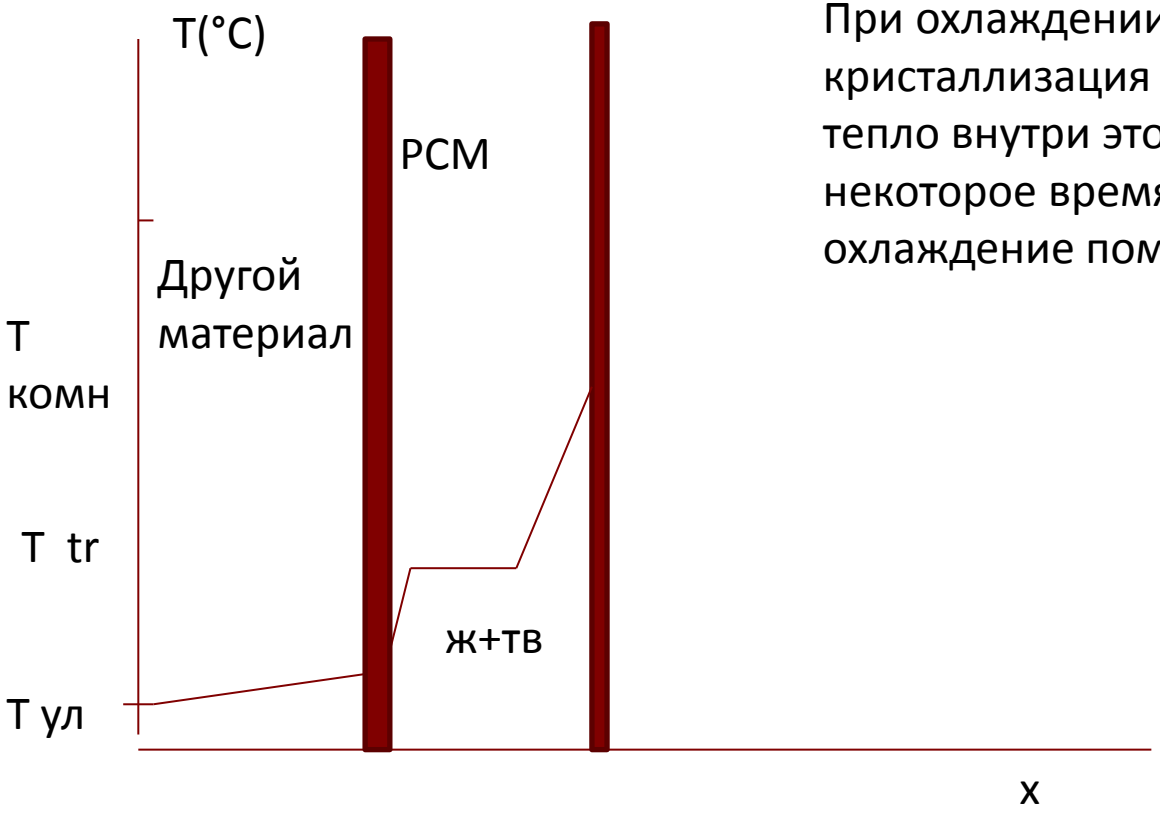
Температуропроводность:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a\left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}\right) + \frac{q_V}{c\rho}$$

$$\frac{\lambda}{c\rho} = a$$

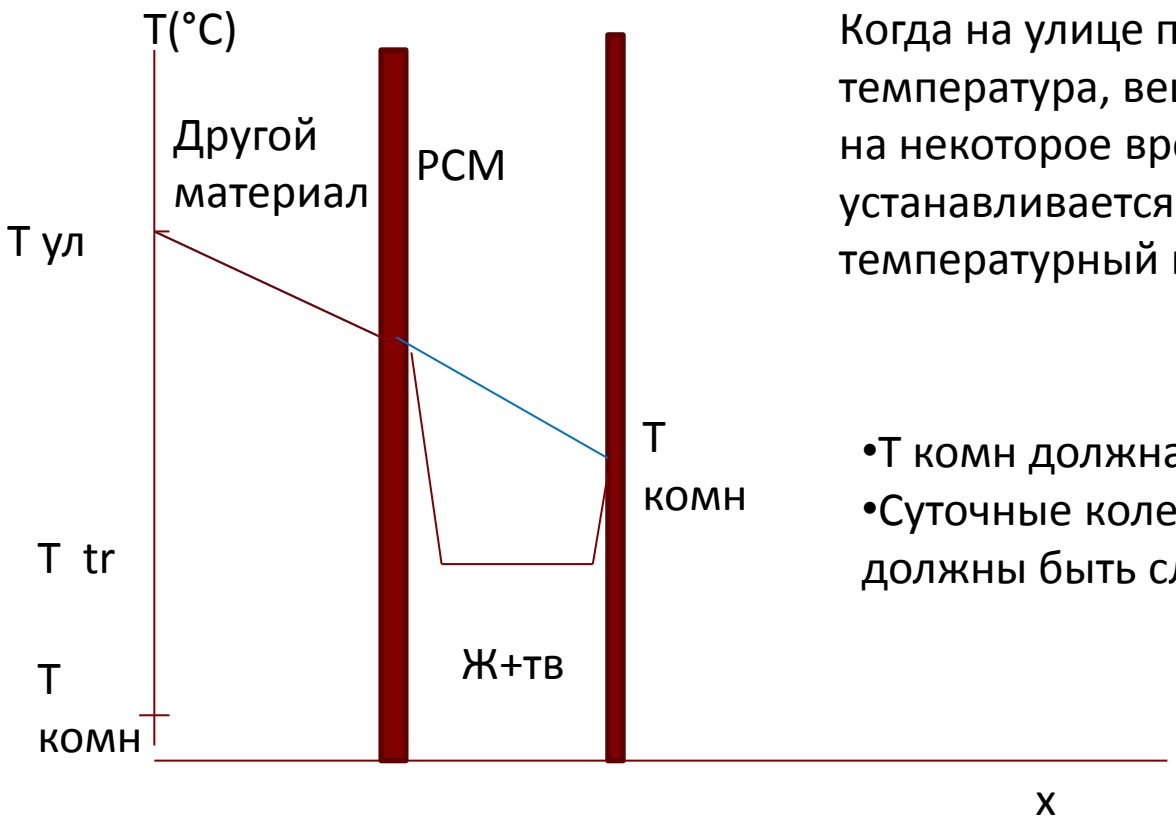
Материал на основе PCM должен состоять из изолятора (низкие значения λ) и самого PCM (высокие значения λ)

Суточные колебания температуры



При охлаждении происходит кристаллизация PCM, выделяется тепло внутри этого слоя, на некоторое время затормаживая охлаждение помещения

Суточные колебания температуры



Когда на улице повышается температура, вещество плавится, и на некоторое время устанавливается следующий температурный профиль (красным)

- T комн должна быть близка к Ttr
- Суточные колебания температуры не должны быть слишком большие

Спасибо за внимание!