



# Возможный механизм криохимических превращений вблизи

температур  
-40...-50°C



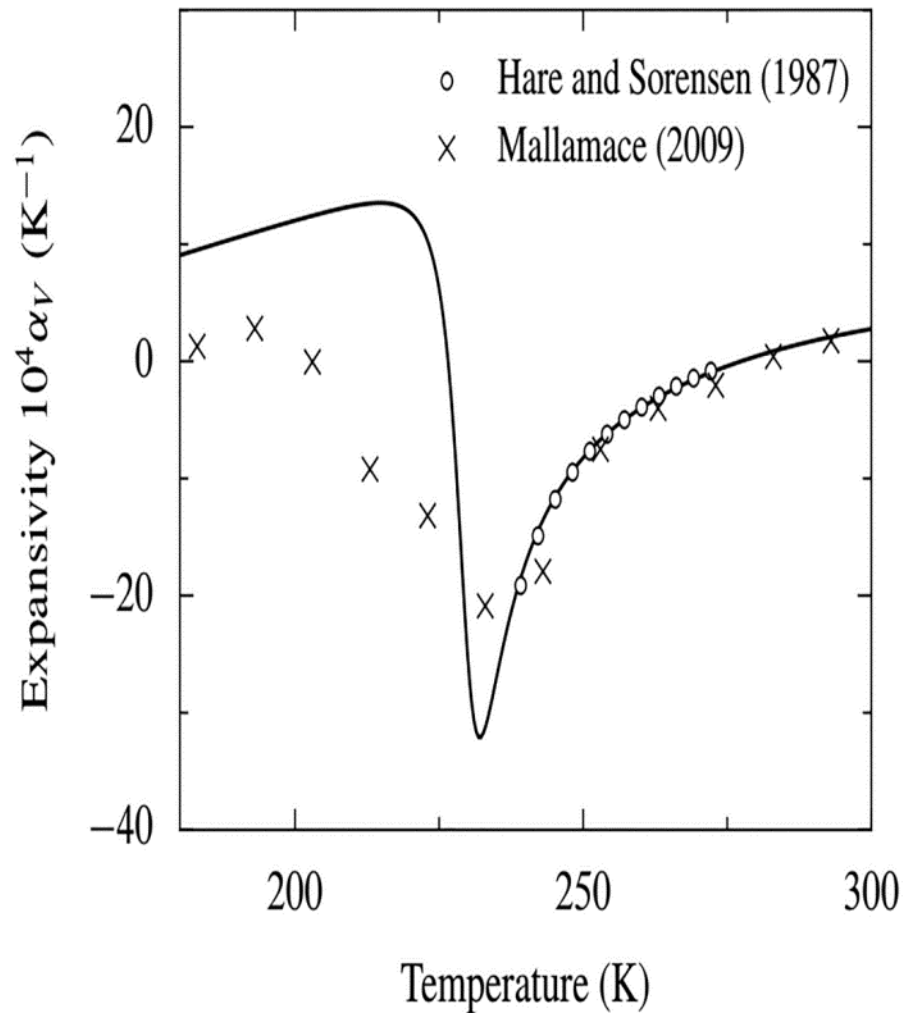
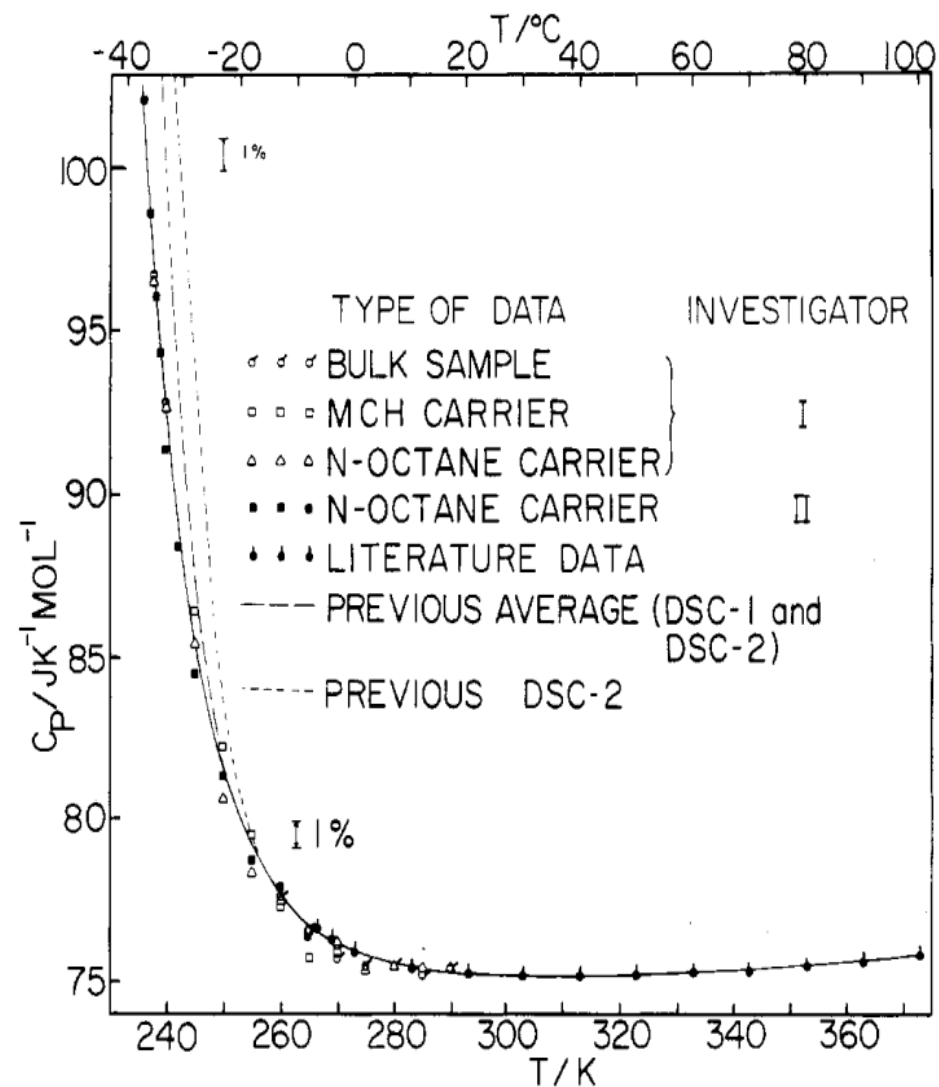
Бордонский Г.С., Гурулев А.А.

ИПРЭК СО РАН

# Цель сообщения:

☞ Возможный механизм синтеза метана на Марсе из водного льда и твердой углекислоты, определяемый особым состоянием воды при  $-45^{\circ}\text{C}$ .

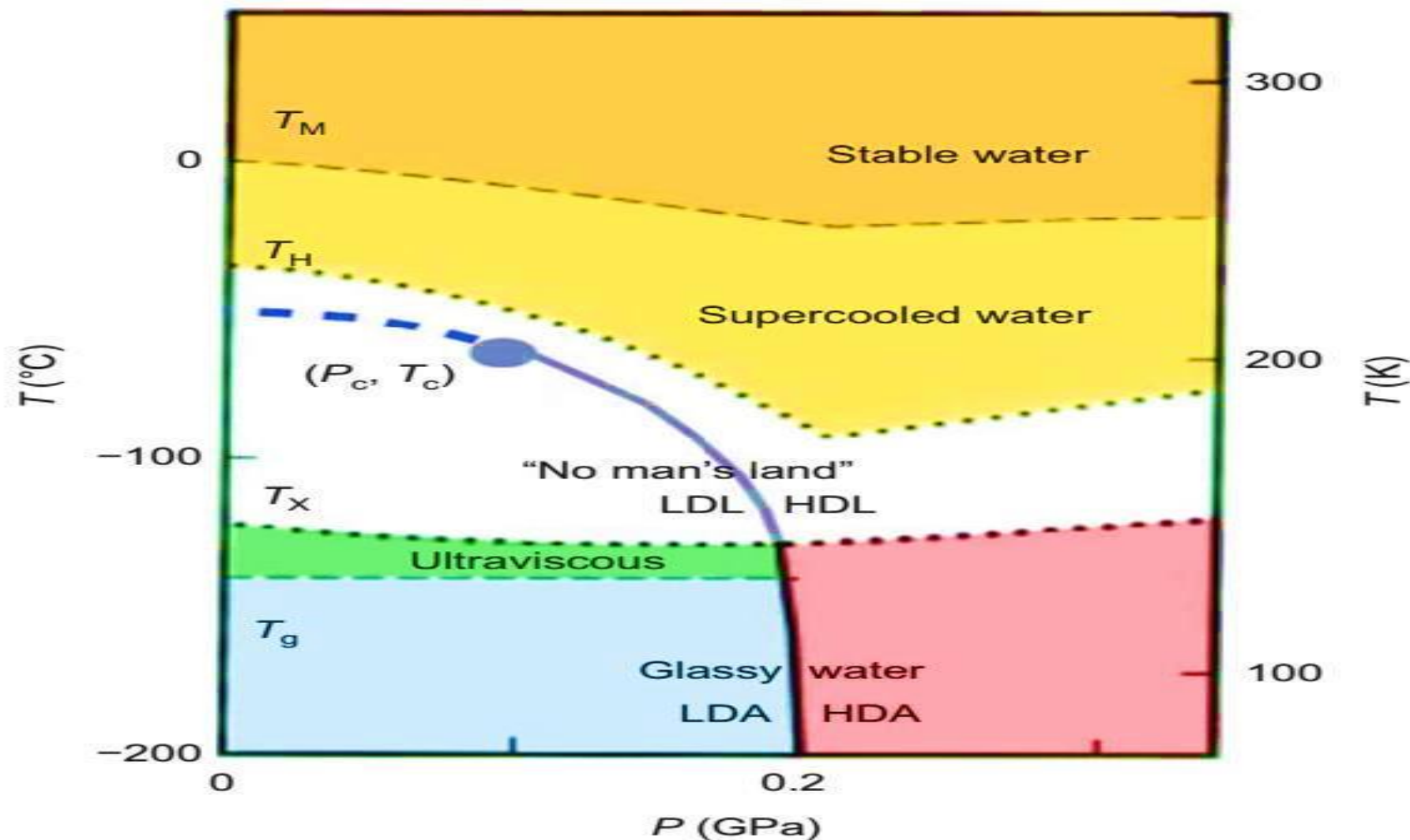
# Открытие $\lambda$ -точки



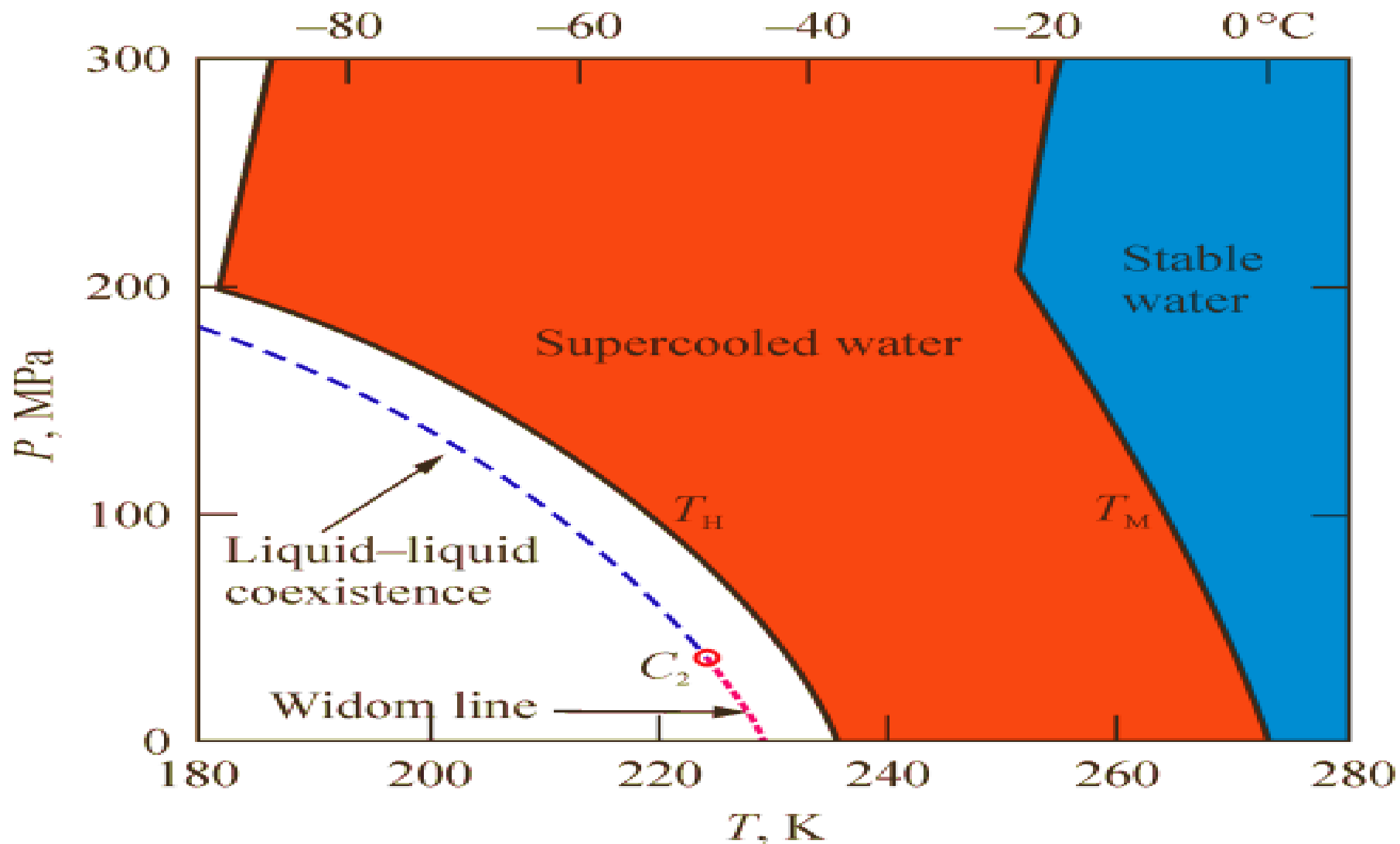
# Проблема глубокого переохлаждения воды

- ☞ 1. Температура гомогенной нуклеации —  $-42^{\circ}\text{C}$ .
- ☞ 2. Пористые среды.
- ☞ 3. Переохлаждение до  $-90^{\circ}\text{C}$  (1 нм, SBA-15, MCM-41)
- ☞ Limmer D.T., Chandler D. The putative liquid-liquid transition is a liquid-solid transition in atomistic models of water // J. Chem. Phys. 2011. Vol. 135. P. 134503/10.

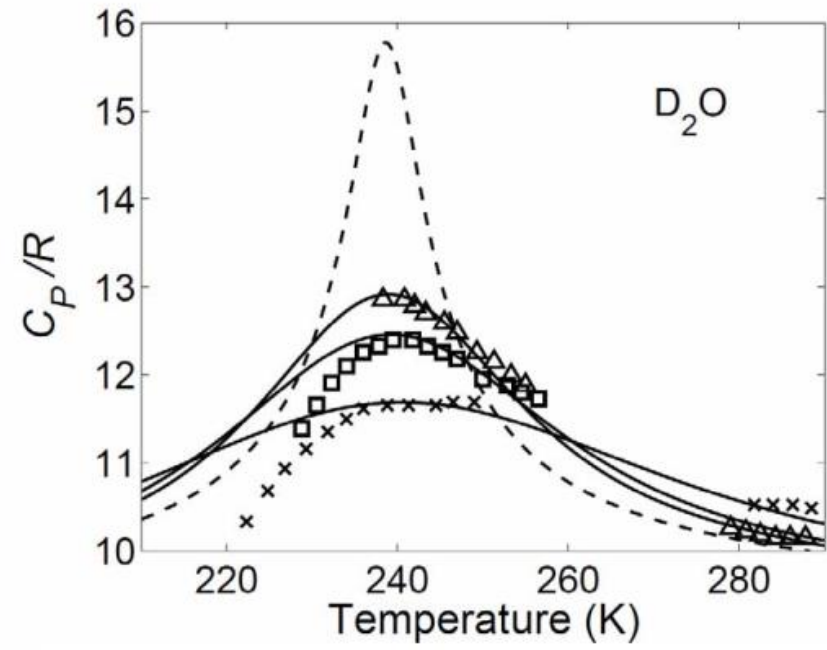
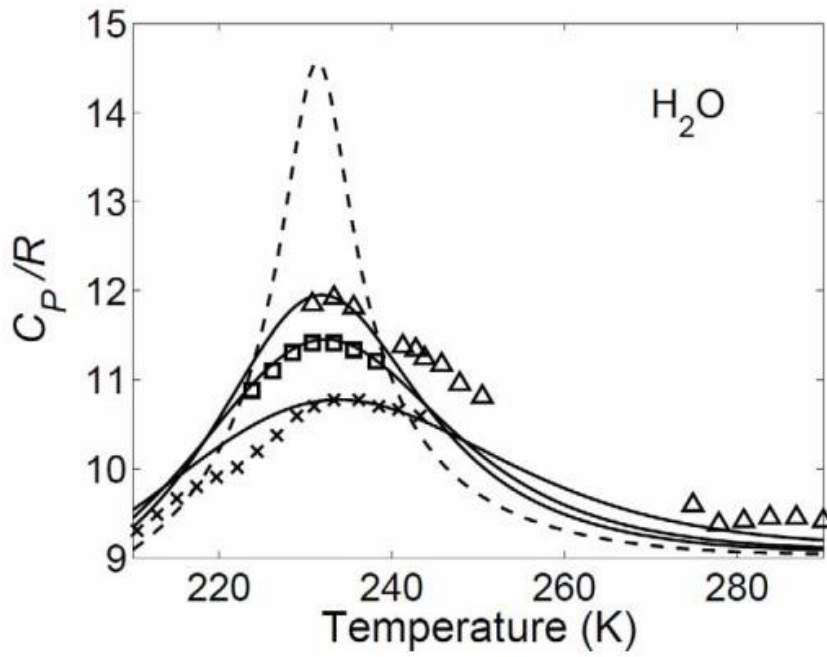
# Открытие 2-ой критической точки воды



# Линия Видома

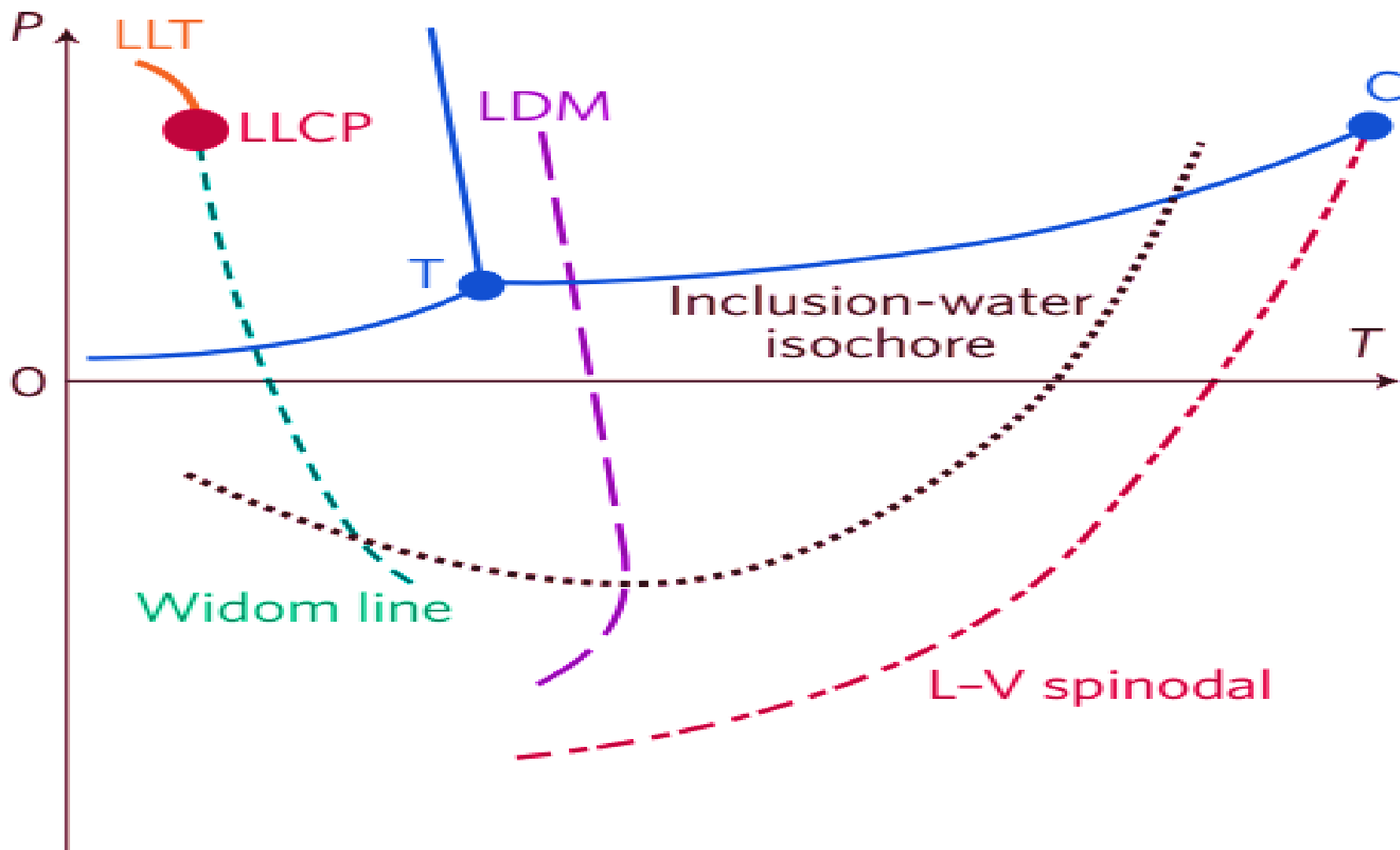


# Heat capacity of supercooled water in MCM-41 nanopores



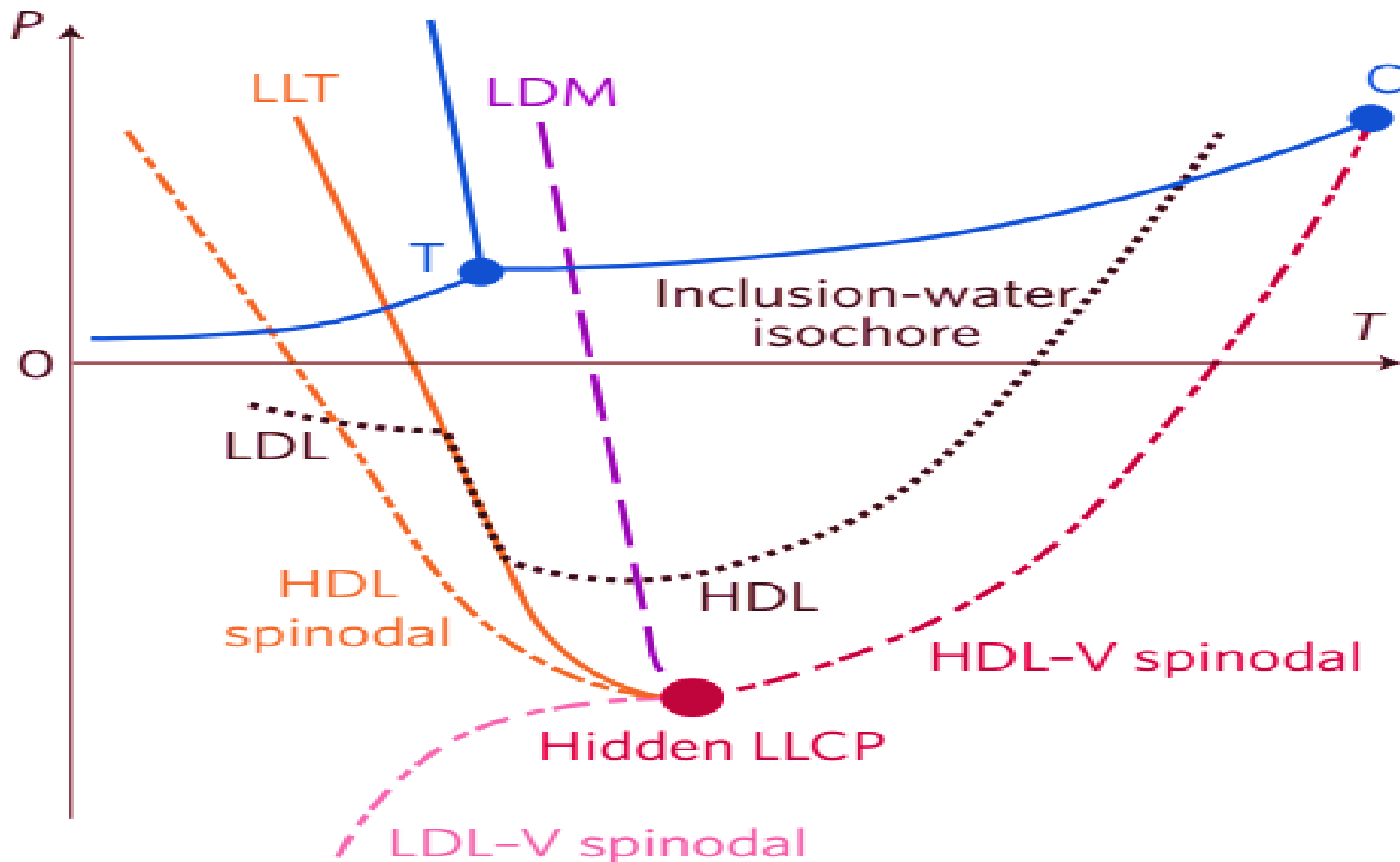
- ☞ Symbols (Nagoe et al. 2010): triangles 2.3 nm, squares 2.1 nm, crosses 1.7 nm
- ☞ Dashed curve : bulk water
- ☞ Solid curves: finite-size scaling predictions (Bertrand and Anisimov, 2011)

# 2-я критическая точка ВОДЫ

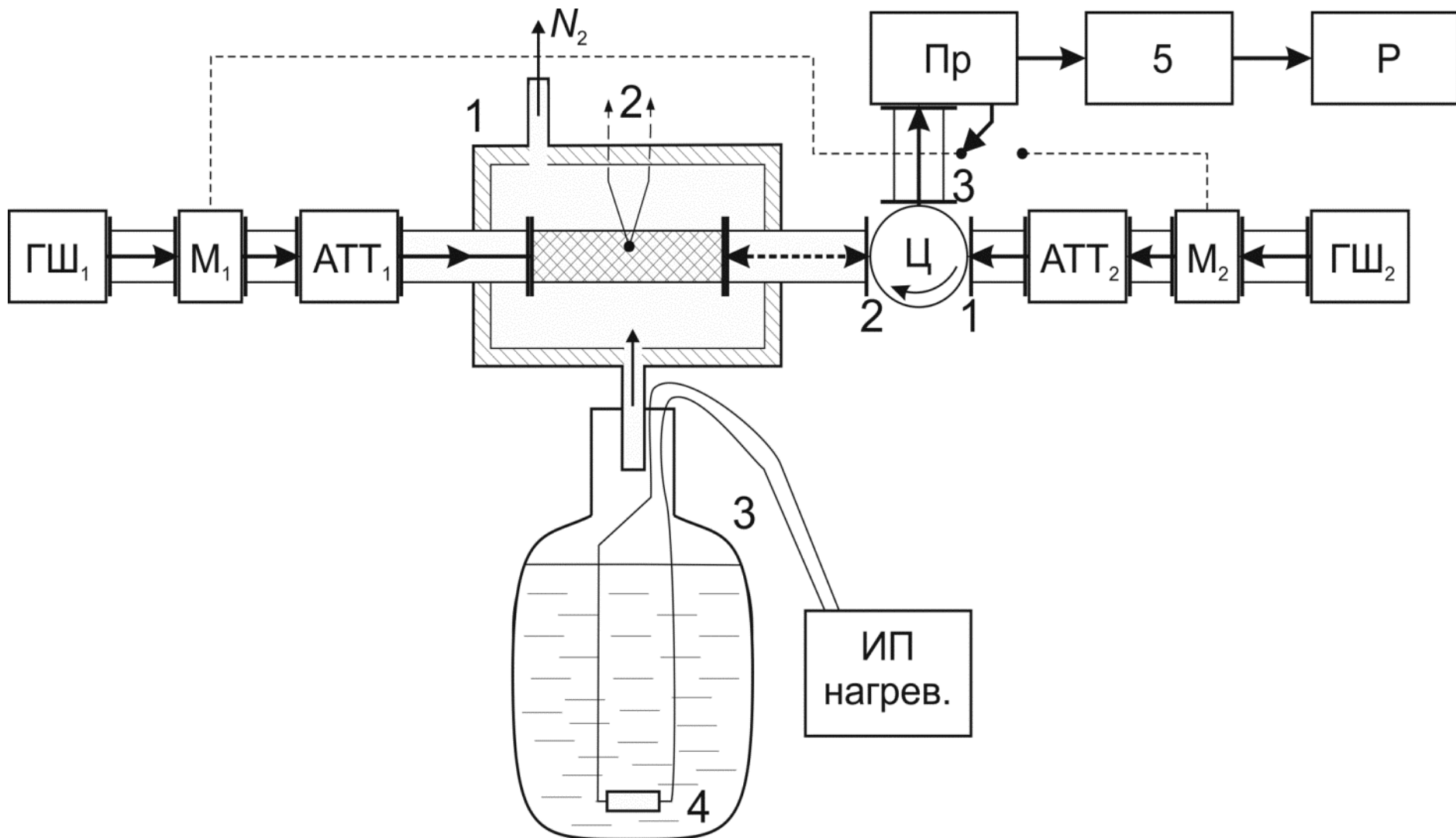




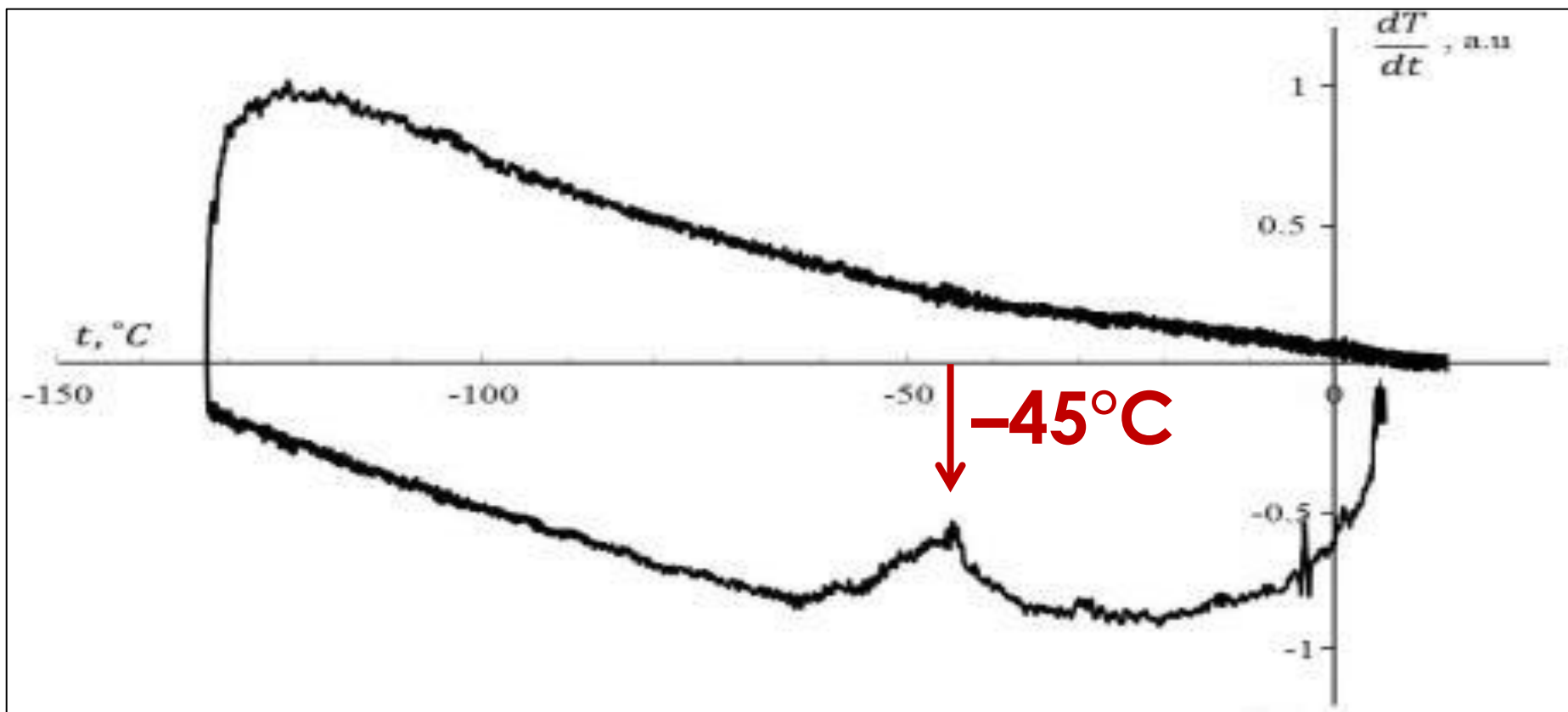
# Другие сценарии



# Поиск линии Видома, эксперимент

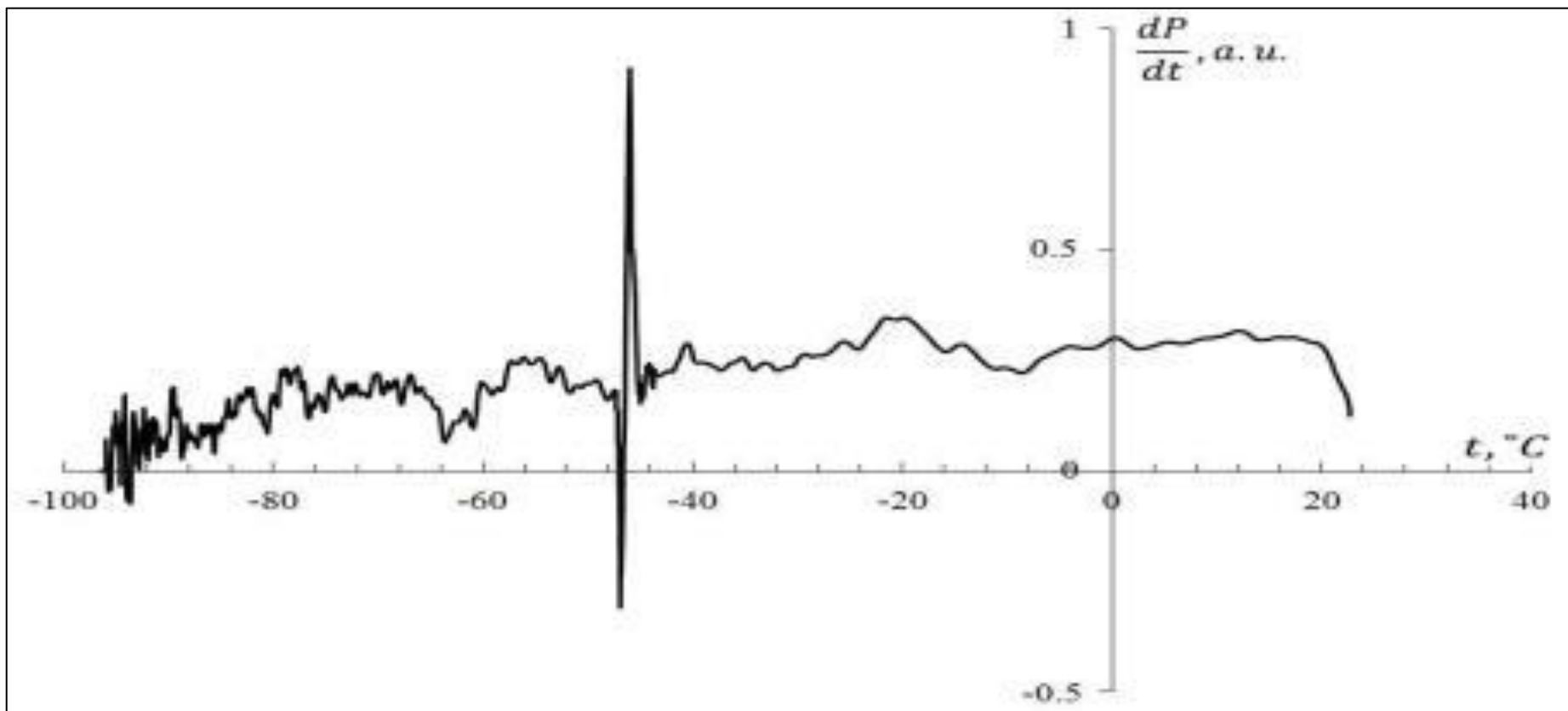


# Водород в сухом силикагеле



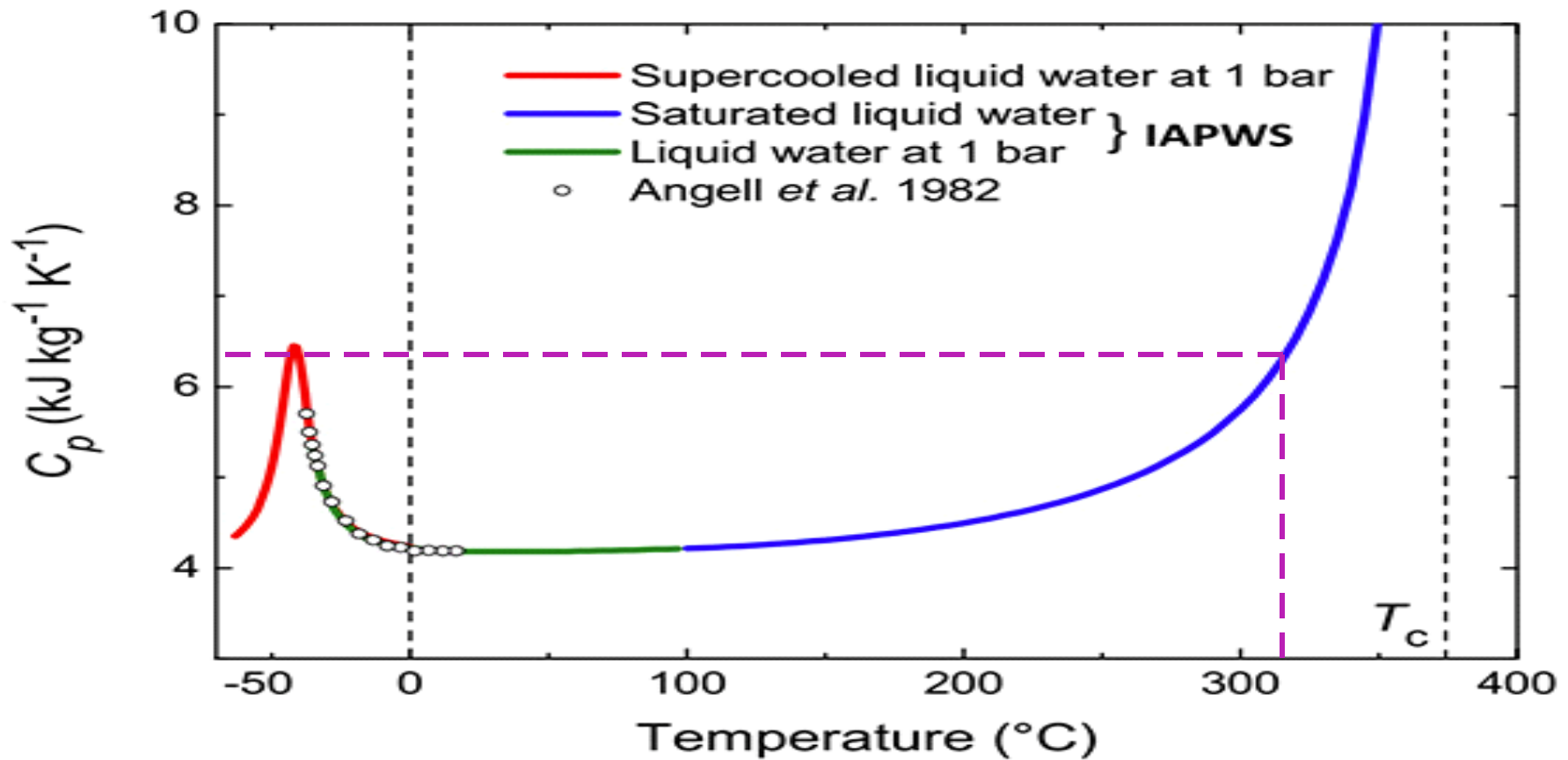
- Бордонский Г.С., Гурулев А.А. Экспериментальное доказательство существования линии Видома по особенностям поведения водорода в нанопористом силикате при  $-45^{\circ}\text{C}$  и атмосферном давлении // ПЖТФ. 2017. Т. 43. Вып. 8. С. 34-40.

# Радиопровсечивание на частоте 34 ГГц



- Бордонский Г.С., Гурулев А.А. Экспериментальное доказательство существования линии Видома по особенностям поведения водорода в нанопористом силикате при  $-45^{\circ}\text{C}$  и атмосферном давлении // ПЖТФ. 2017. Т. 43. Вып. 8. С. 34-40.

# Качественное объяснение ускорения хим. реакций



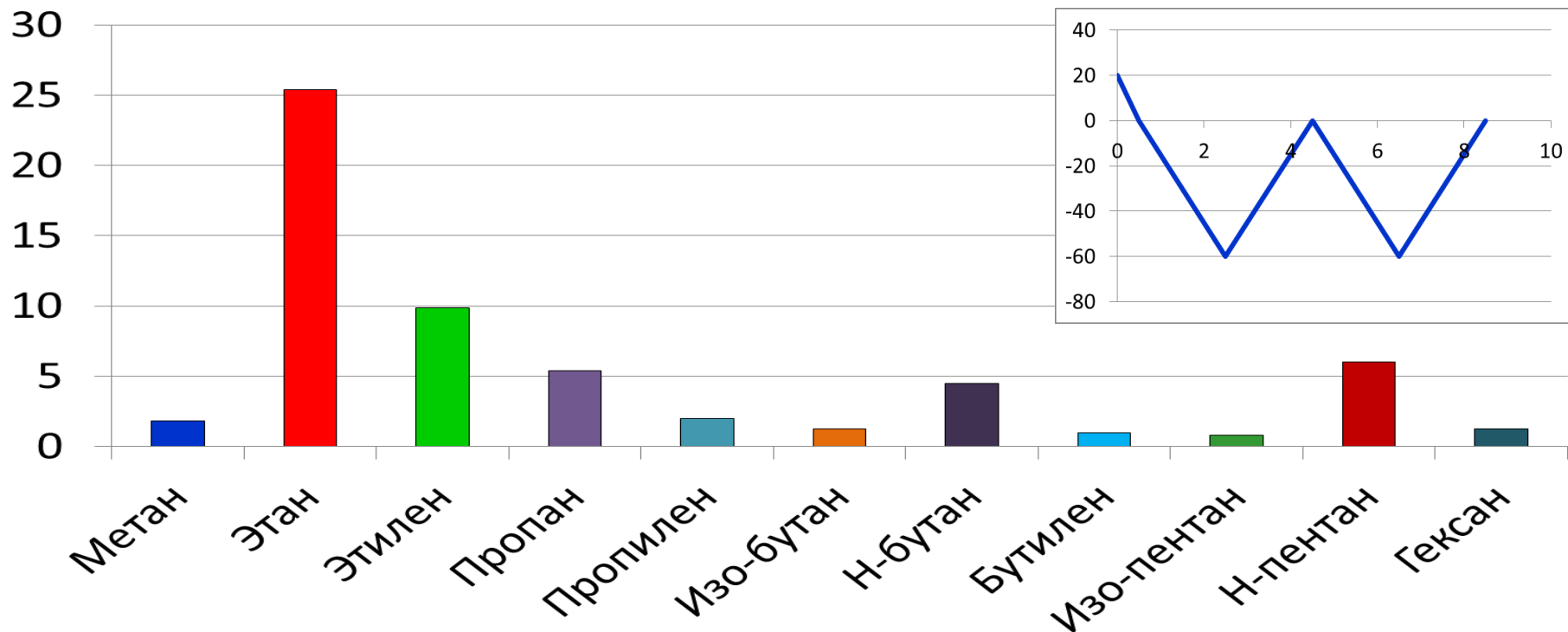
$$C_p \sim \delta S$$

# Синтез метана (фото установки)



# Эксперименты по синтезу метана

**Концентрация газов в КСКГ (№1) по отношению к контрольному образцу (Acros40)**

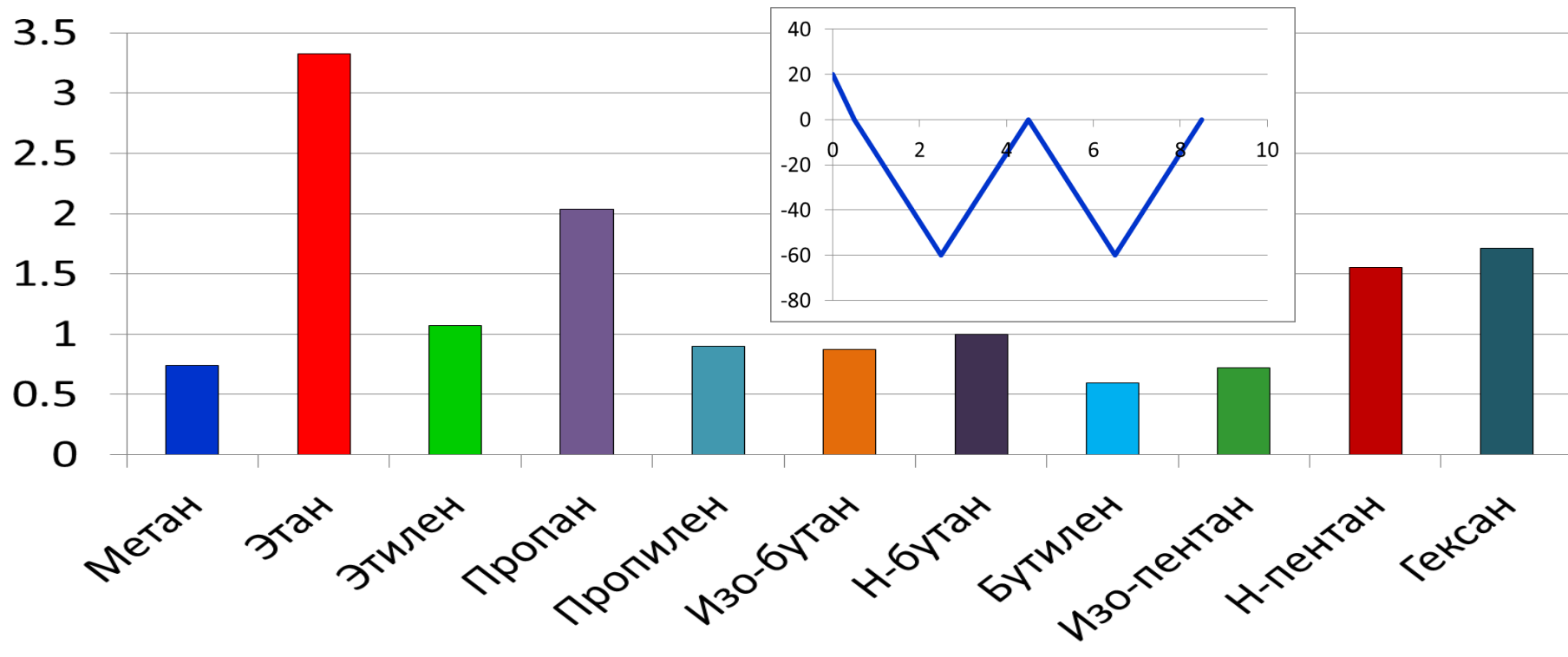


☞ Образец №1 — КСКГ (температурный ход: +20 → 0 → -60 → 0 → -60 → 0 °C)



# Эксперименты по синтезу метана

**Концентрация газов в Acros40 (№2) по отношению к контрольному образцу (Acros40)**

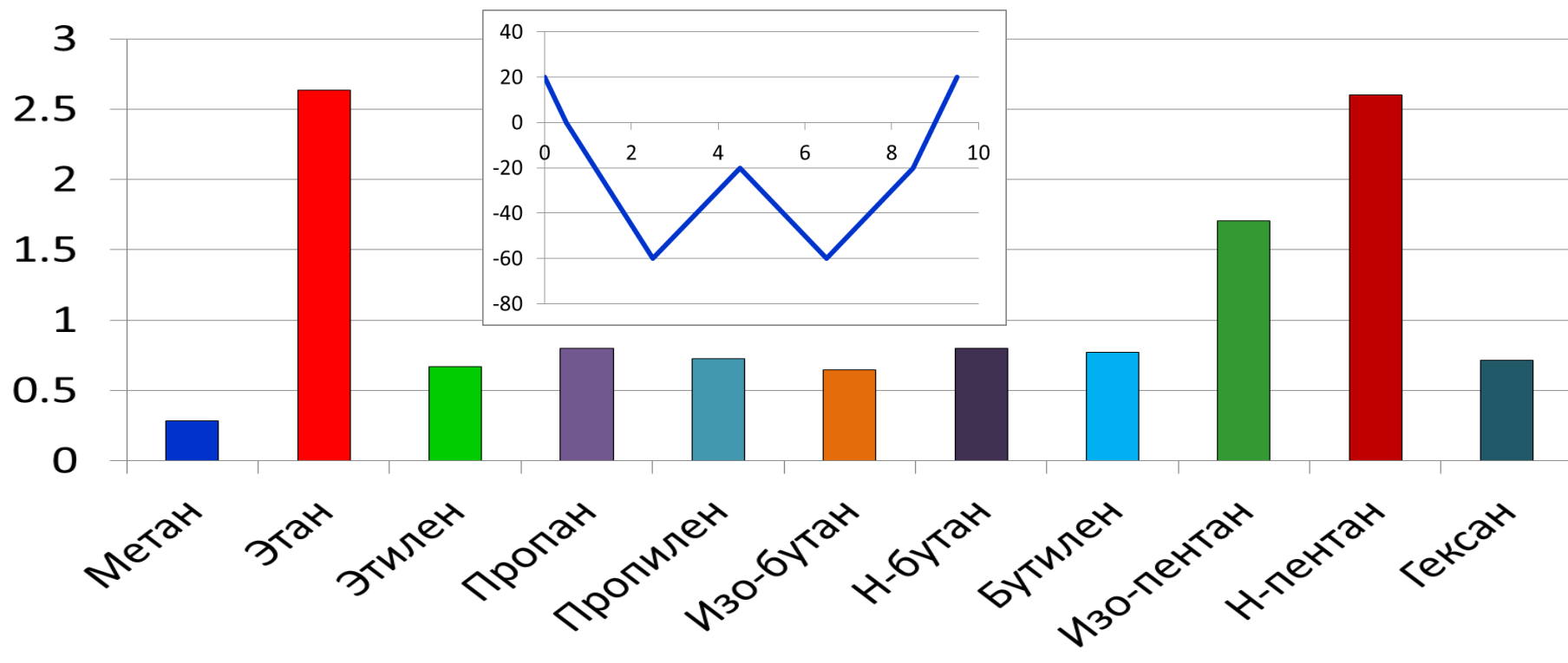


☞ Образец №2 — Acros40 (температурный ход: +20 → 0 → -60 → 0 → -60 → 0 °C)



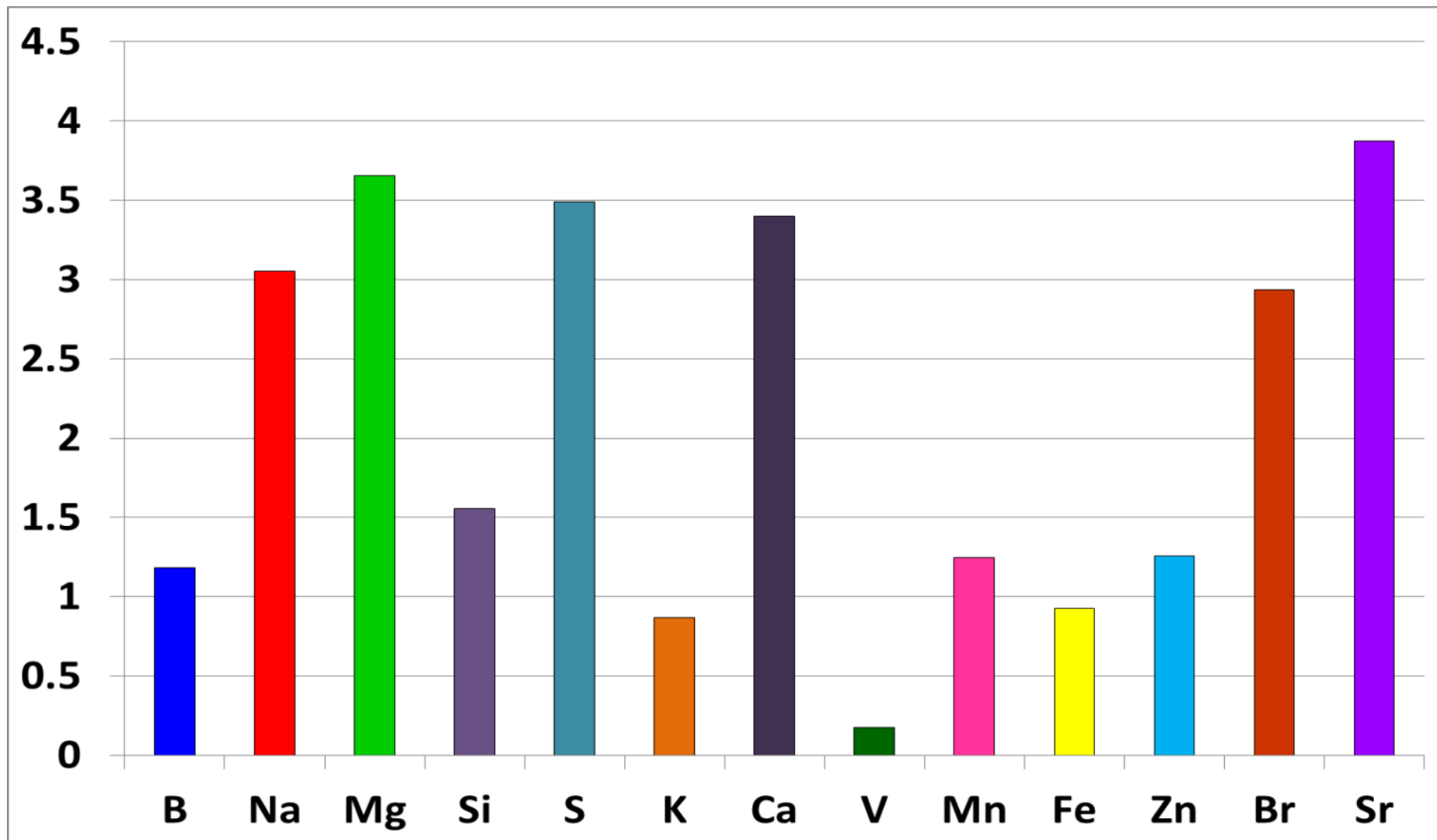
# Эксперименты по синтезу метана

**Концентрация газов в Acros40 (№3) по отношению к контрольному образцу (Acros40)**



☞ Образец №3 — Acros40 (температурный ход: +20 → 0 → -60 → -20 → -60 → +20 °C)

# Охлаждение смеси веществ (природная грязь)



# Выводы

- ☞ 1. В нанопористых структурах вода не замерзает до  $-90^{\circ}\text{C}$ .
- ☞ 2. Возможно ускорение протекания химических реакций с участием глубоко переохлажденной воды, в том числе синтез метана.

**Благодарю  
за внимание !**