



Как «умные» полимеры доставляют лекарства и выращивают клетки?

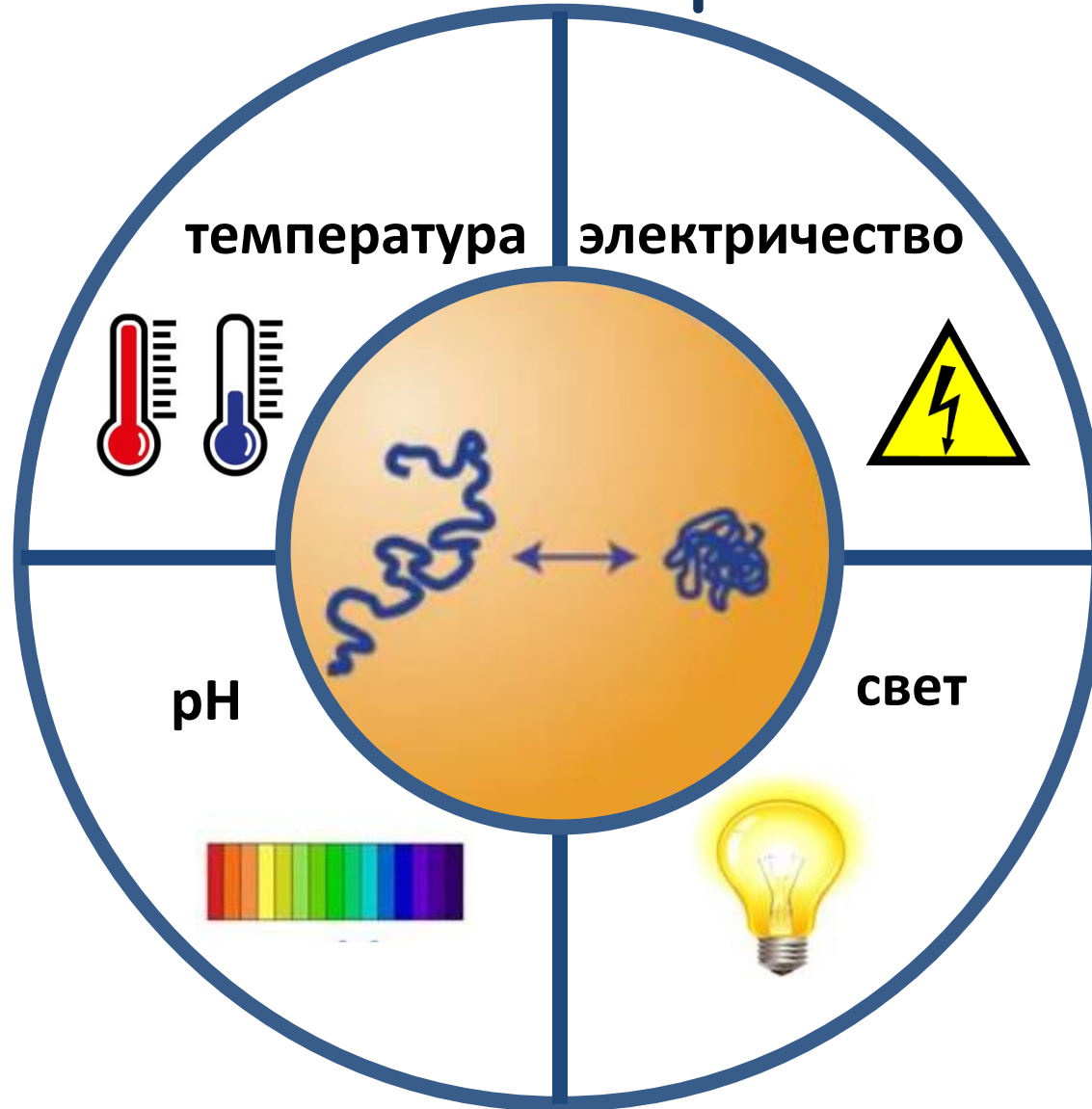
Е.Н. Голубева

Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова



Валерий Васильевич Лунин

Умные, или стимул-чувствительные полимеры

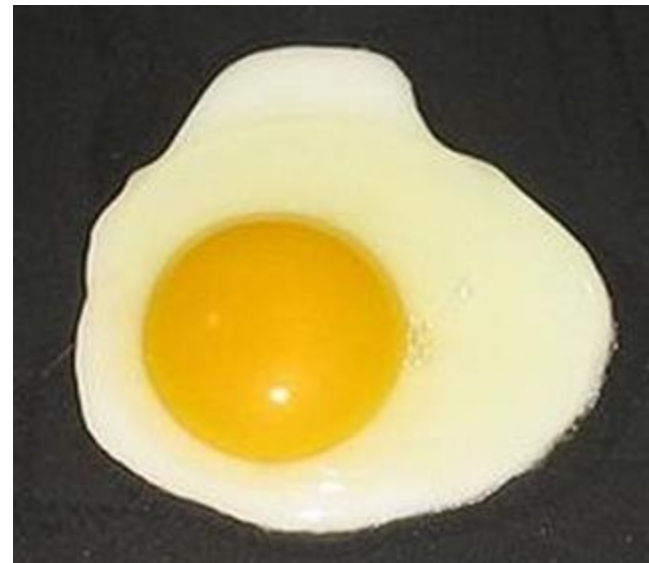
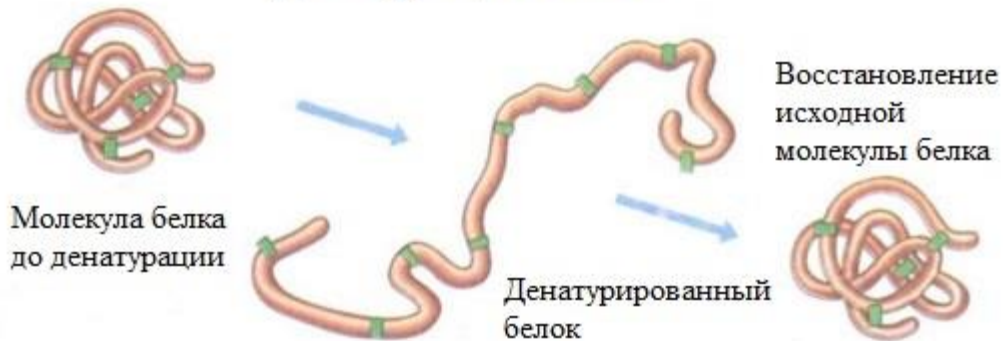


Денатурация белка

Обратимая
(возможна
ренатурация)

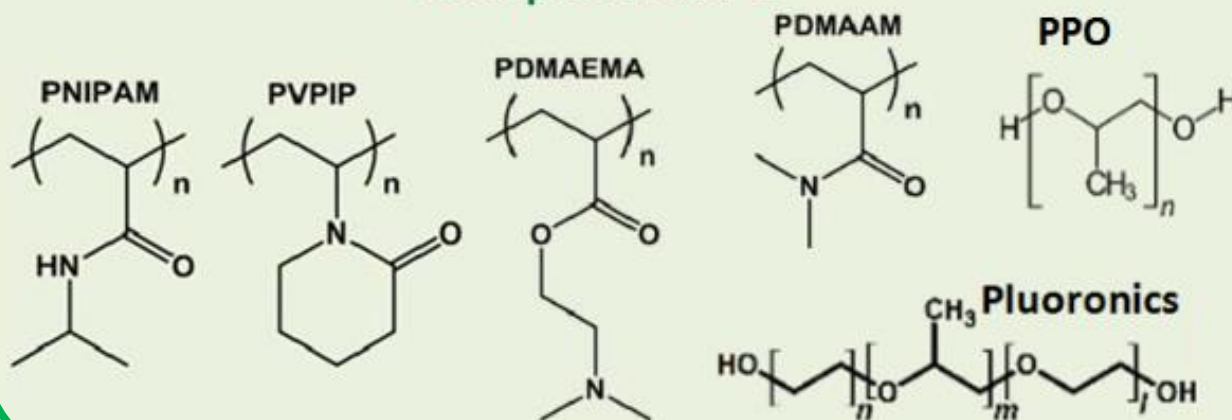
Необратимая

Денатурация белка

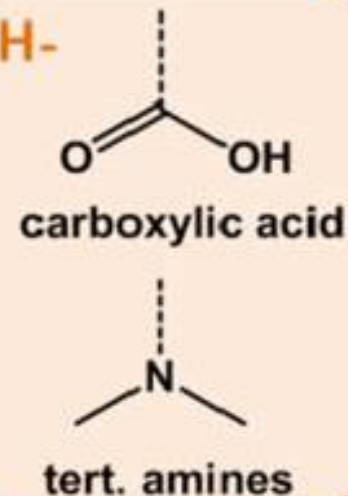


Примеры стимул-чувствительных полимеров

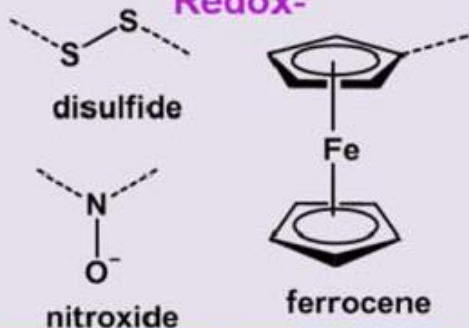
Temperature-



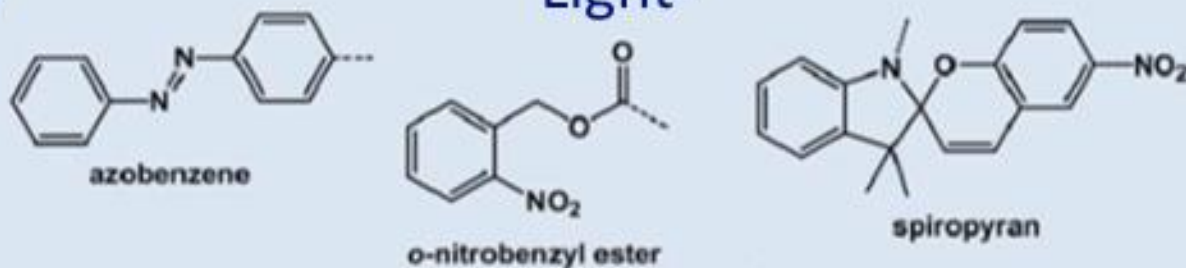
pH-



Redox-



Light-



Cao Zi-Quan, Wang Guo-Jie // Chem. Rec. 2016, 16, 1398–1435

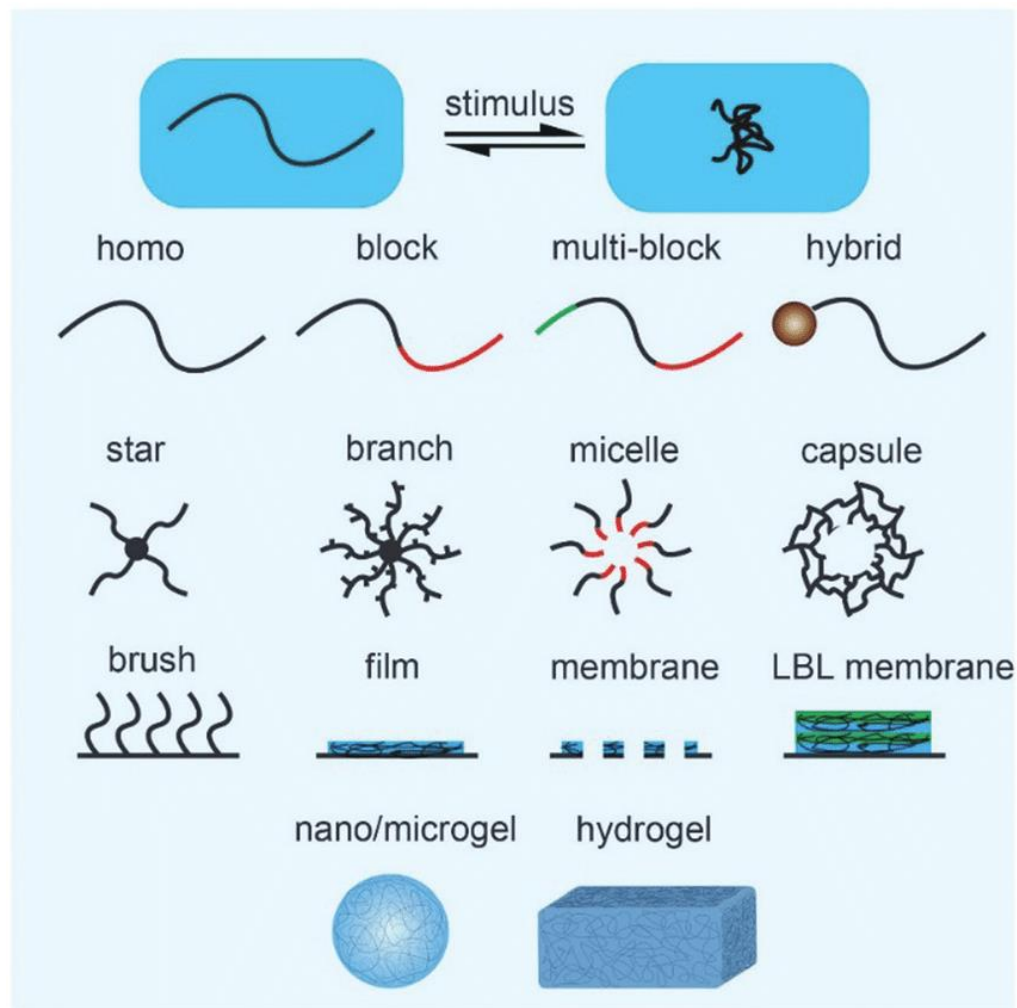
Растворы и гели

Раствор полимеров – устойчивая однородная молекулярно-дисперсная смесь полимеров и низкомолекулярных жидкостей

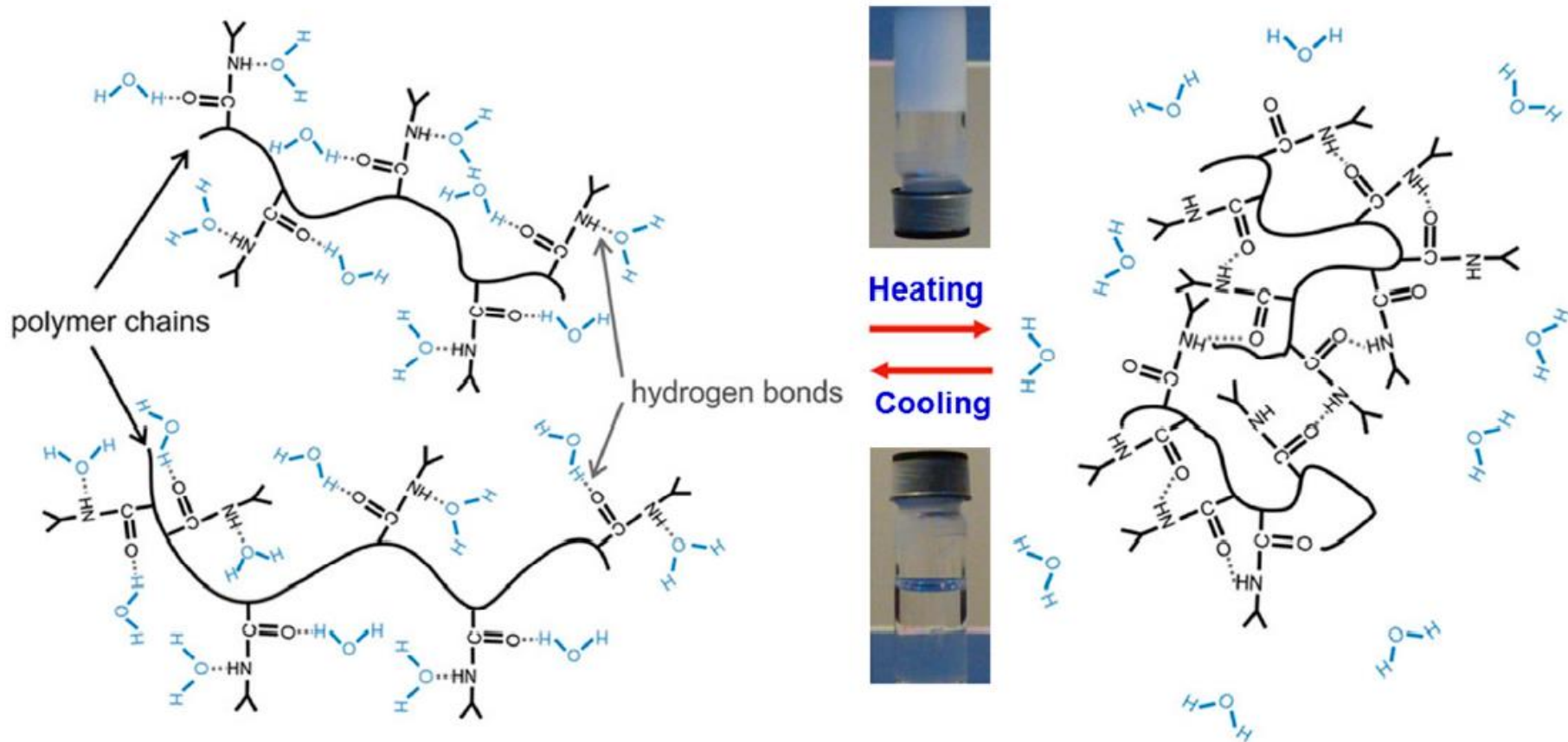
Гель – система с жидкой или студнеобразной дисперсионной средой, в которых частицы дисперсной фазы соединены в местах контакта химическими связями или силами межмолекулярного взаимодействия



Формы стимул-чувствительных полимерных систем



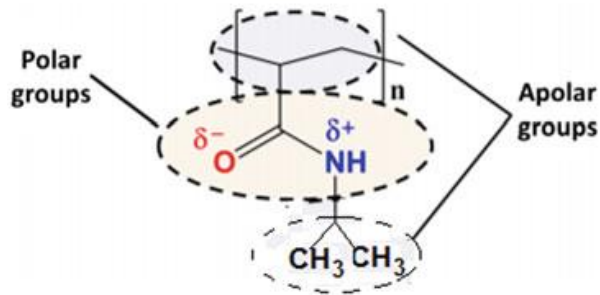
Переход клубок-глобула



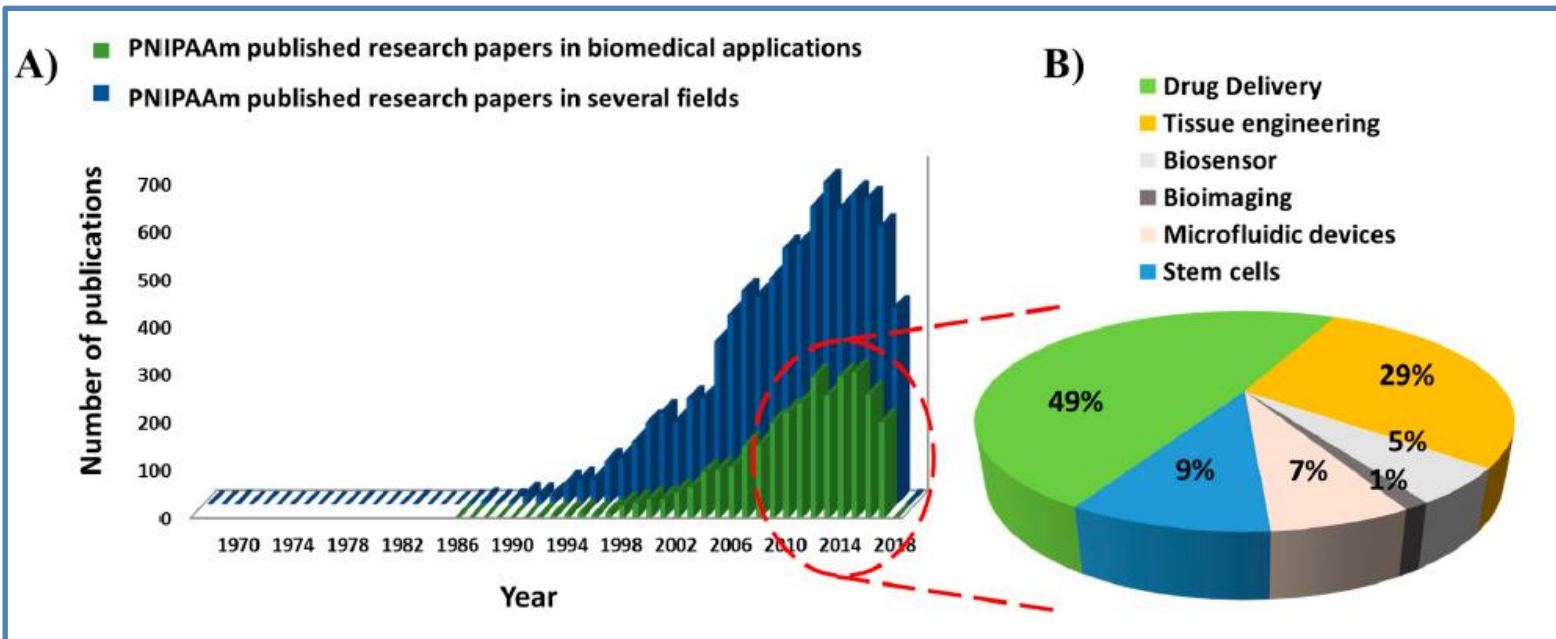
Zhang G., Wu Ch. JACS **2001** 123 (7), 1376-1380
DOI: 10.1021/ja003889s

Области применения

- Изменение реологических свойств. Нефтедобыча
- Молекулярные машины
- Биомедицинские технологии



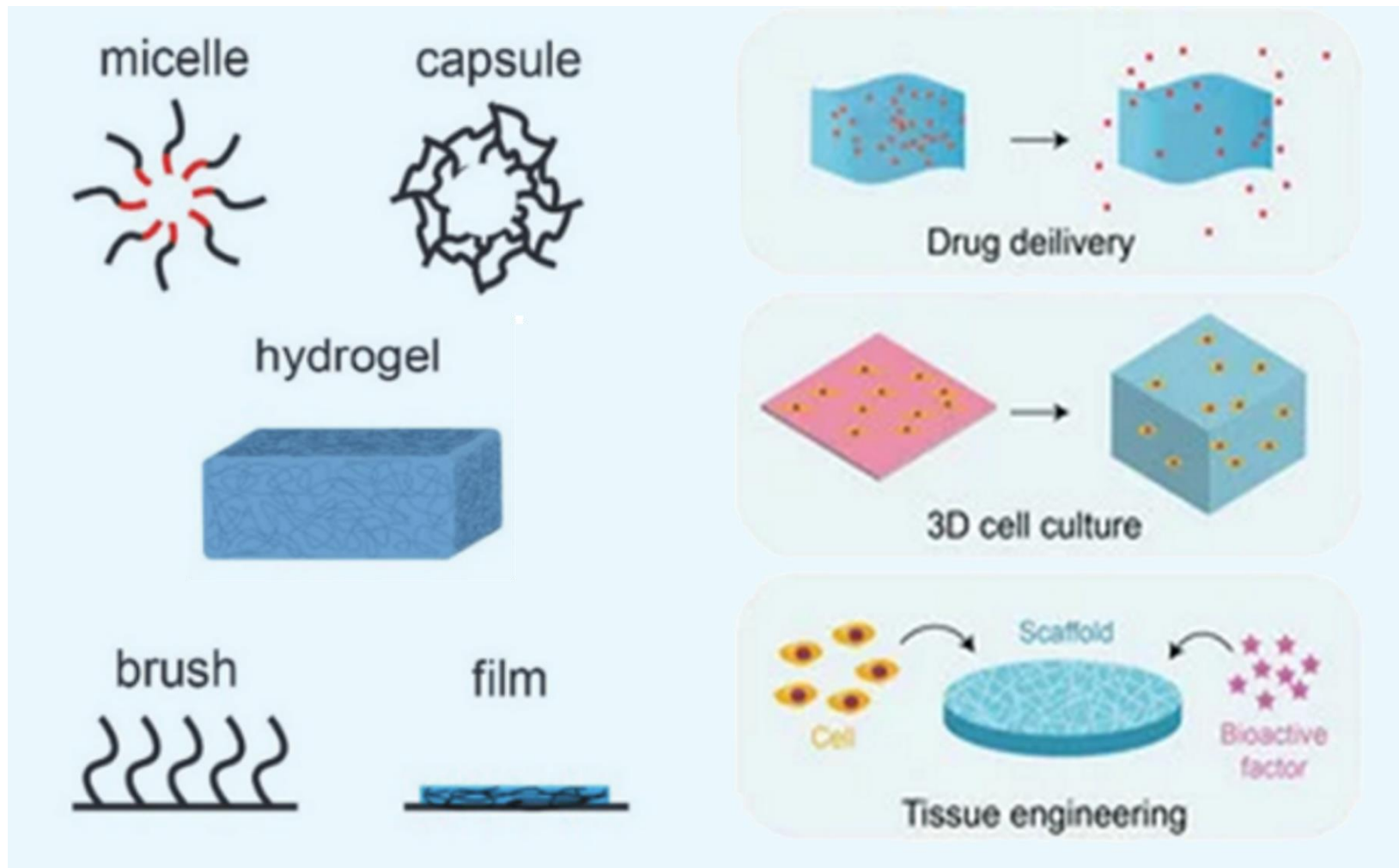
Полиизопрониламид акриловой
кислоты (PNIPAM)
LCST(НКТП) = 32°C



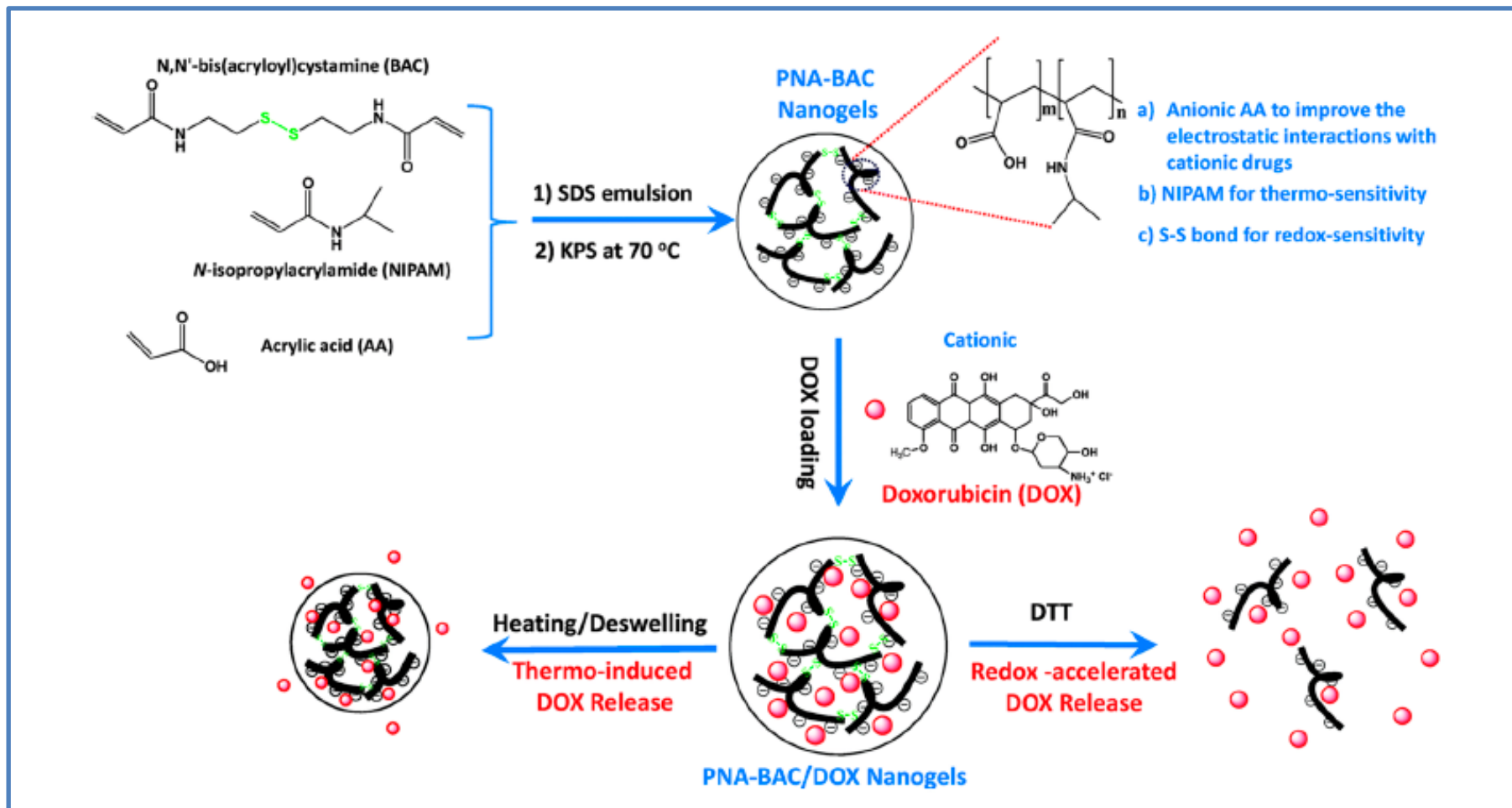
Требования к стимул-чувствительным полимерам в биомедицине

- Отсутствие цитотоксичности
- Биосовместимость
- Узкое молекулярно-массовое распределение
- Высокая адгезия белков и клеток

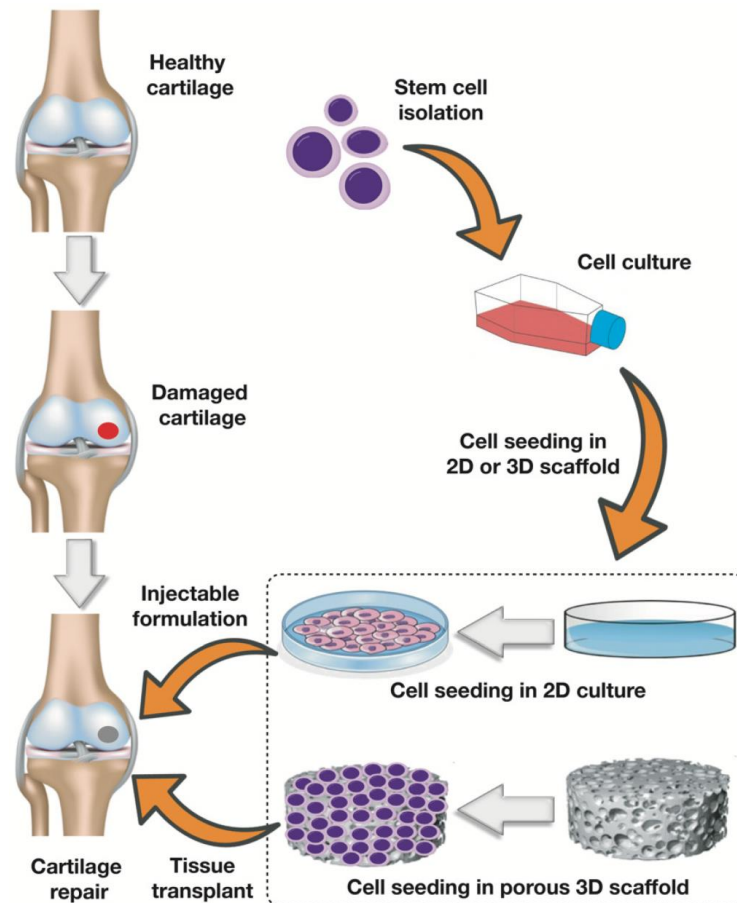
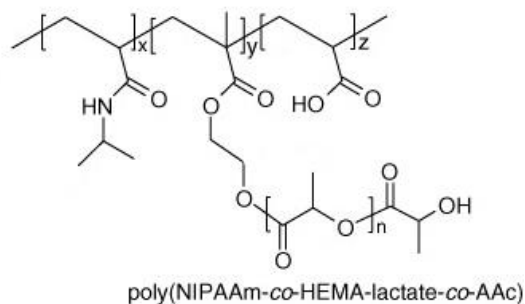
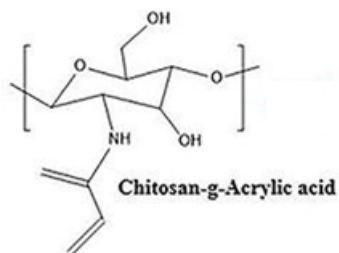
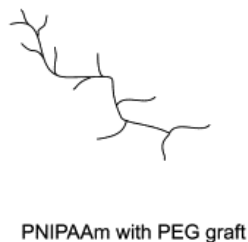
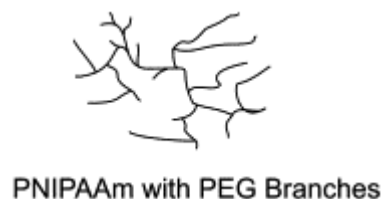
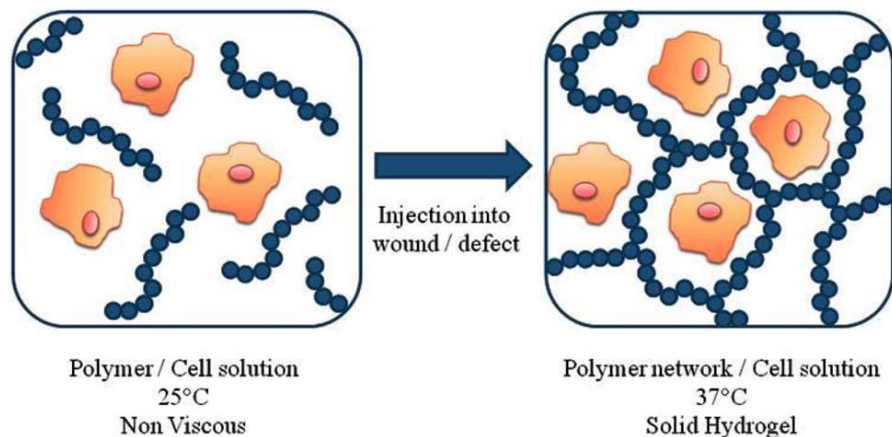
Биомедицинское применение стимул-чувствительных полимеров



Контролируемая доставка лекарств

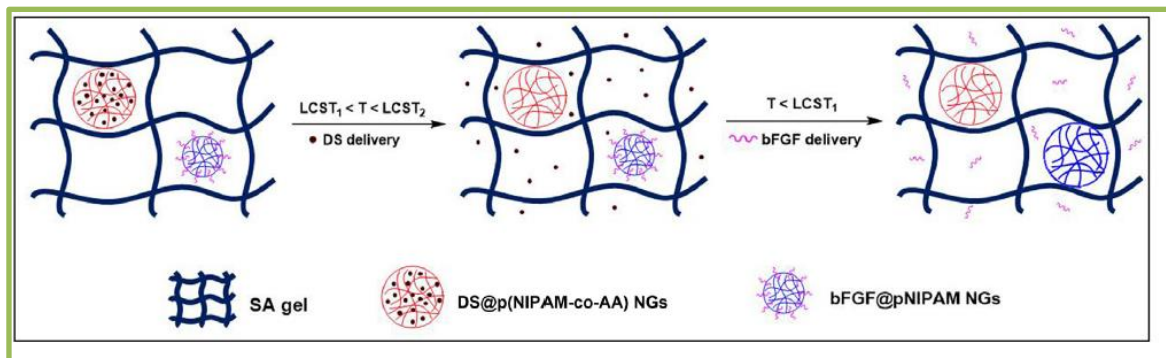
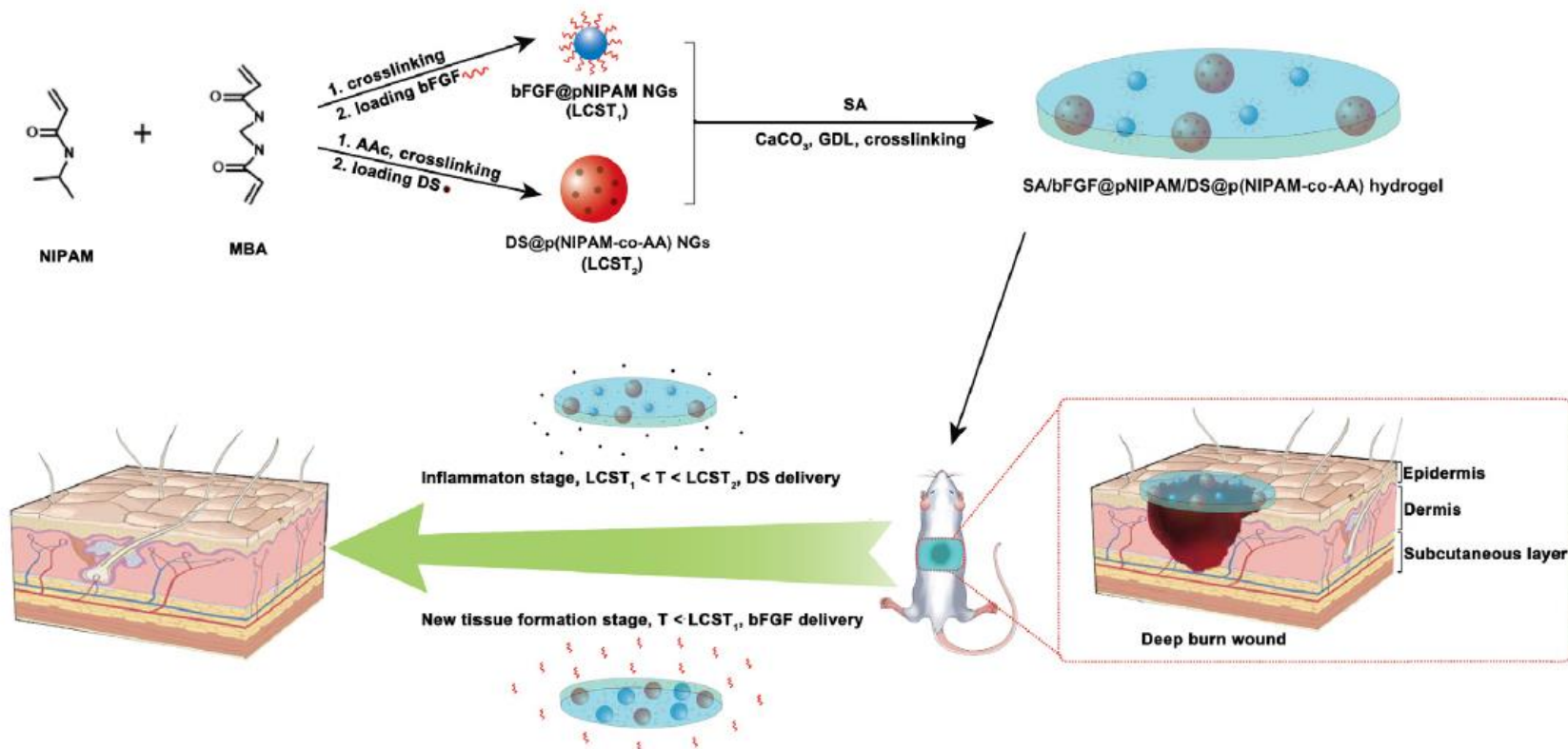


Впрыскиваемые гидрогели для формирования хрящевой ткани

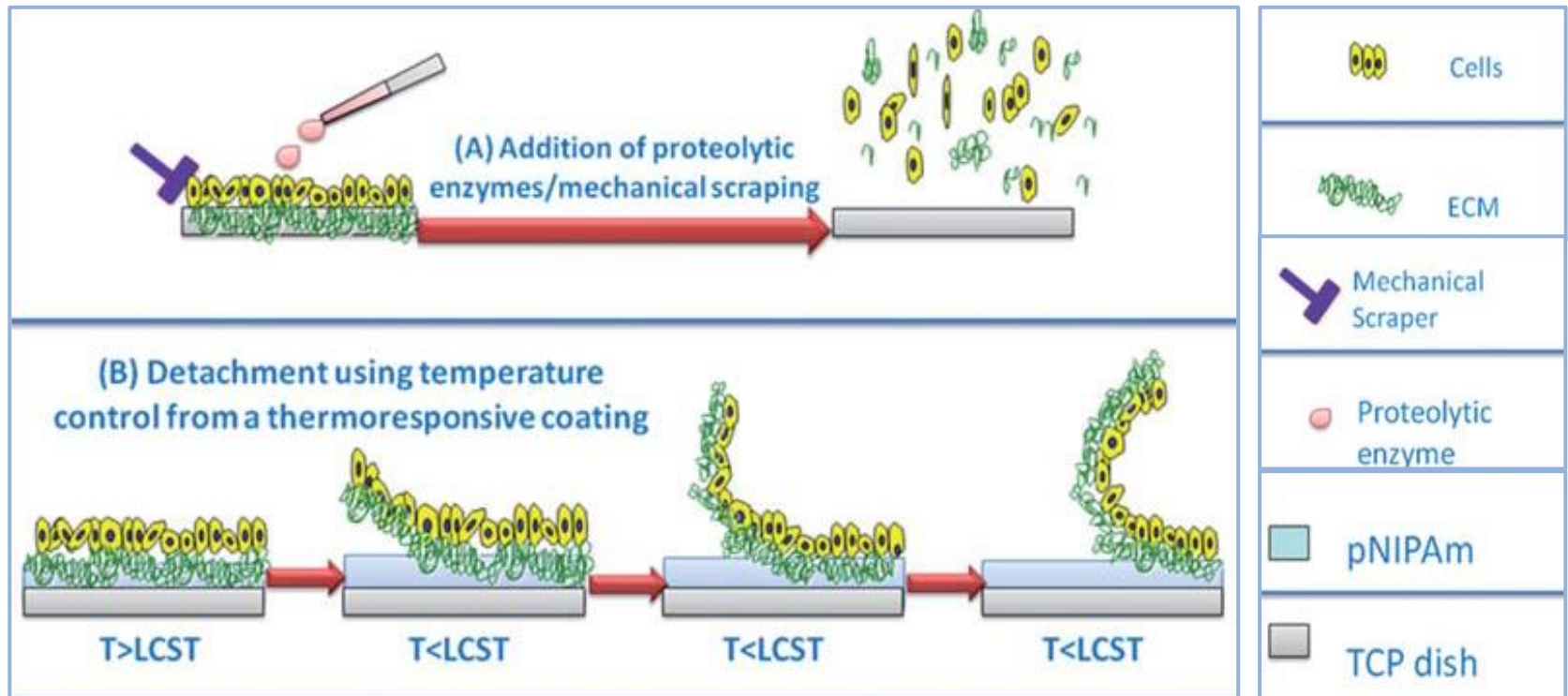


Rana, M.M. et al/. *Polymers* **2021**, *13*, 3154.
<https://doi.org/10.3390/polym13183154>

Умная повязка

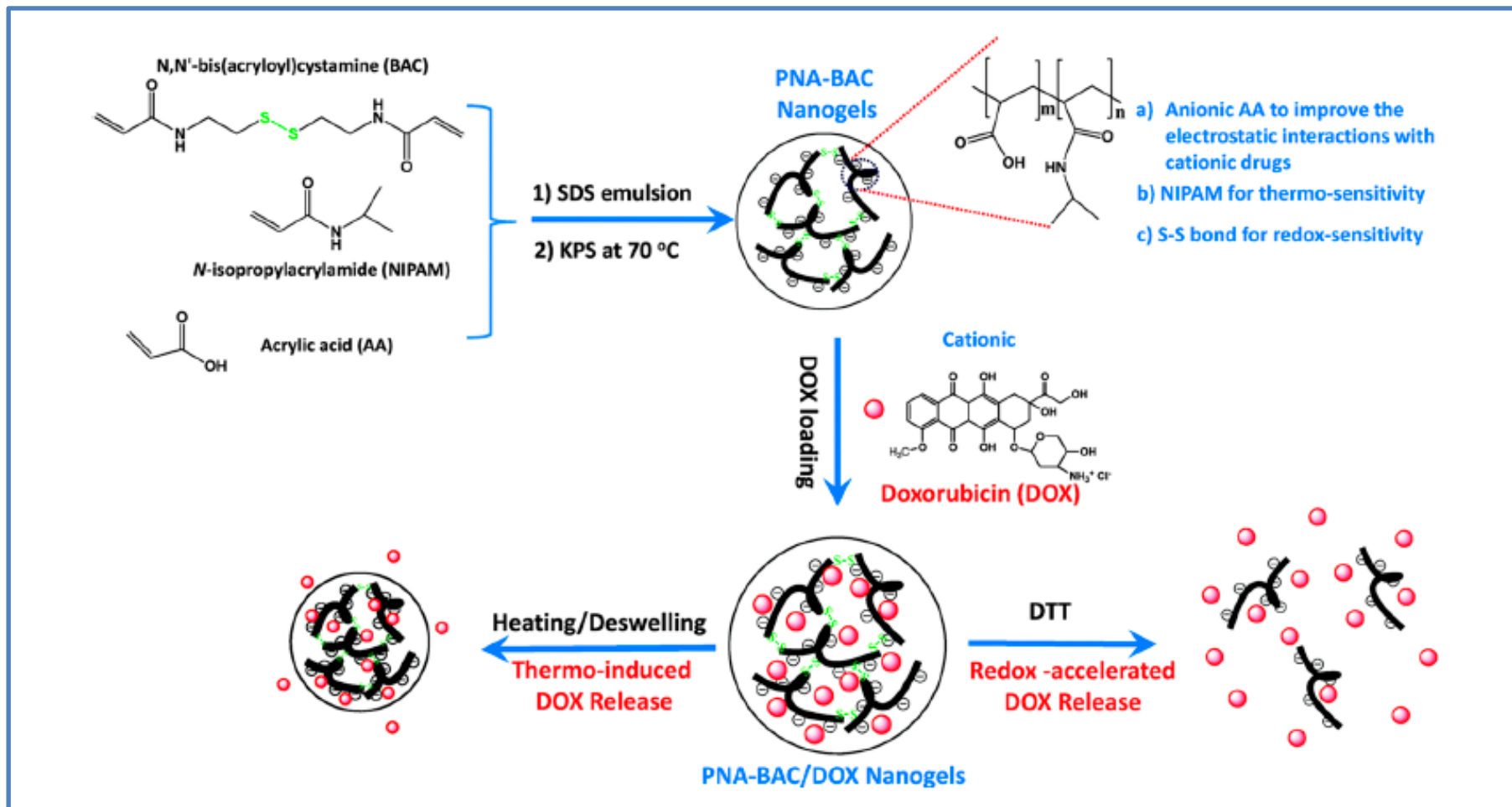


Пленки на основе PNIPAM для получения клеточных пластов



Nash et al. // J. Mater. Chem., 2012

Контролируемая доставка лекарств



Методы определения критической температуры

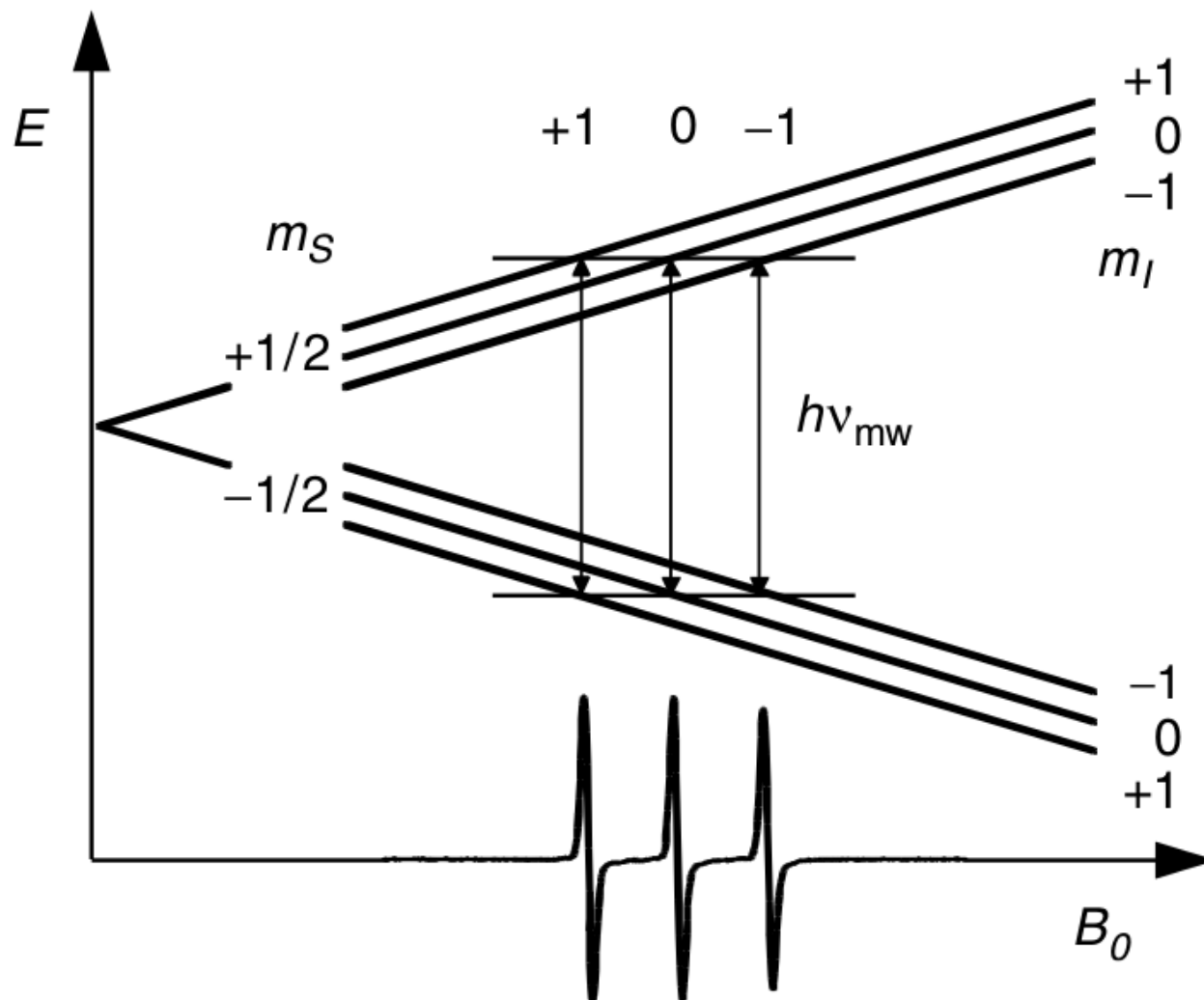
макроскопические

- Турбидиметрия (спектроскопия поглощения)
- Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК)
- Метод ядерного магнитного резонанса

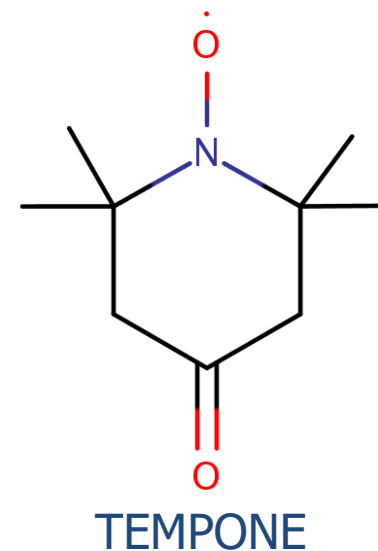
микроскопические

- Метод динамического светорассеяния
- Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса в рамках методик спинового зонда и спиновой метки
- Флуоресцентная спектроскопия (зондовая)

Электронный парамагнитный резонанс в рамках методики спинового зонда

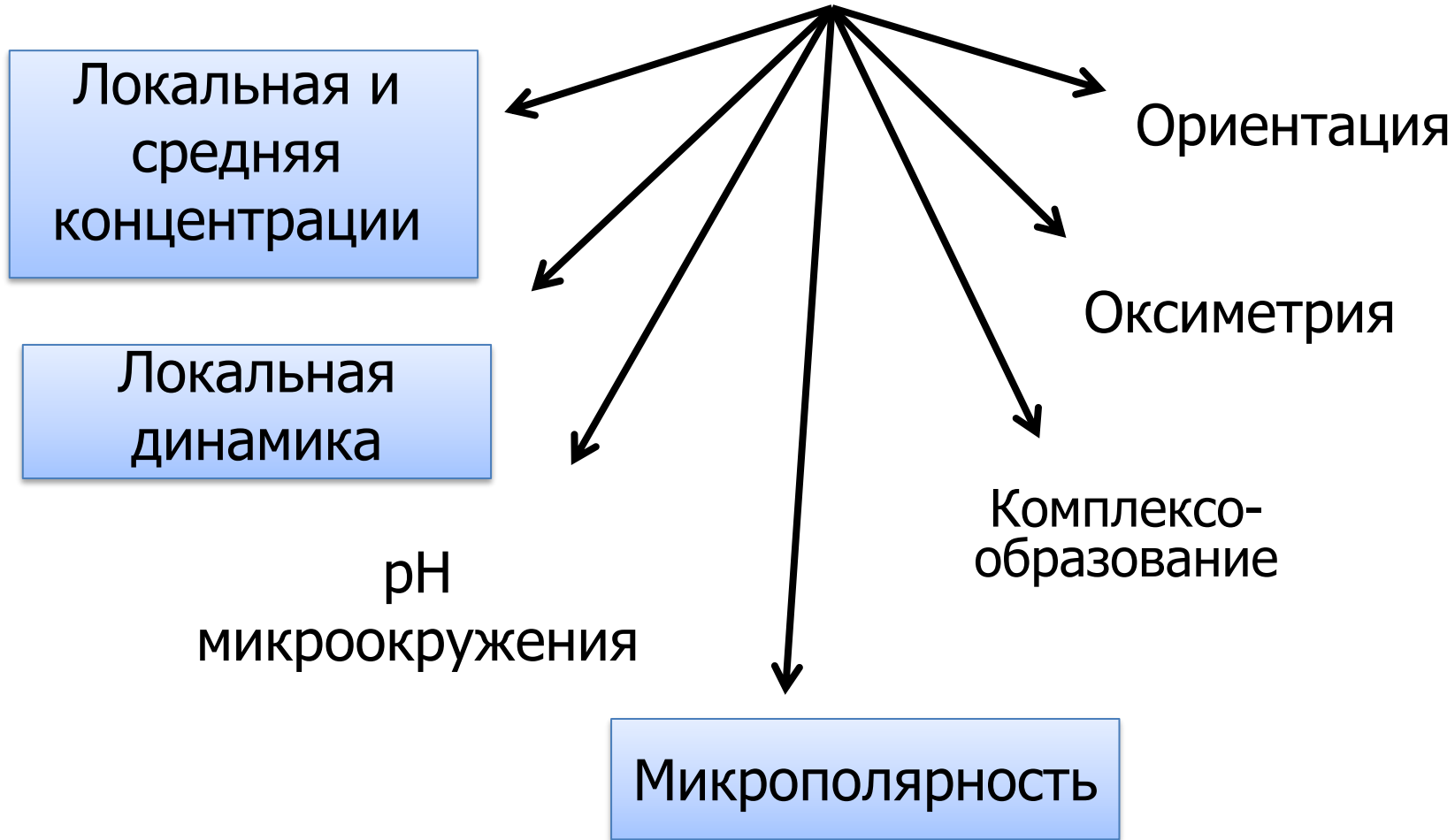


Спиновые
зонды

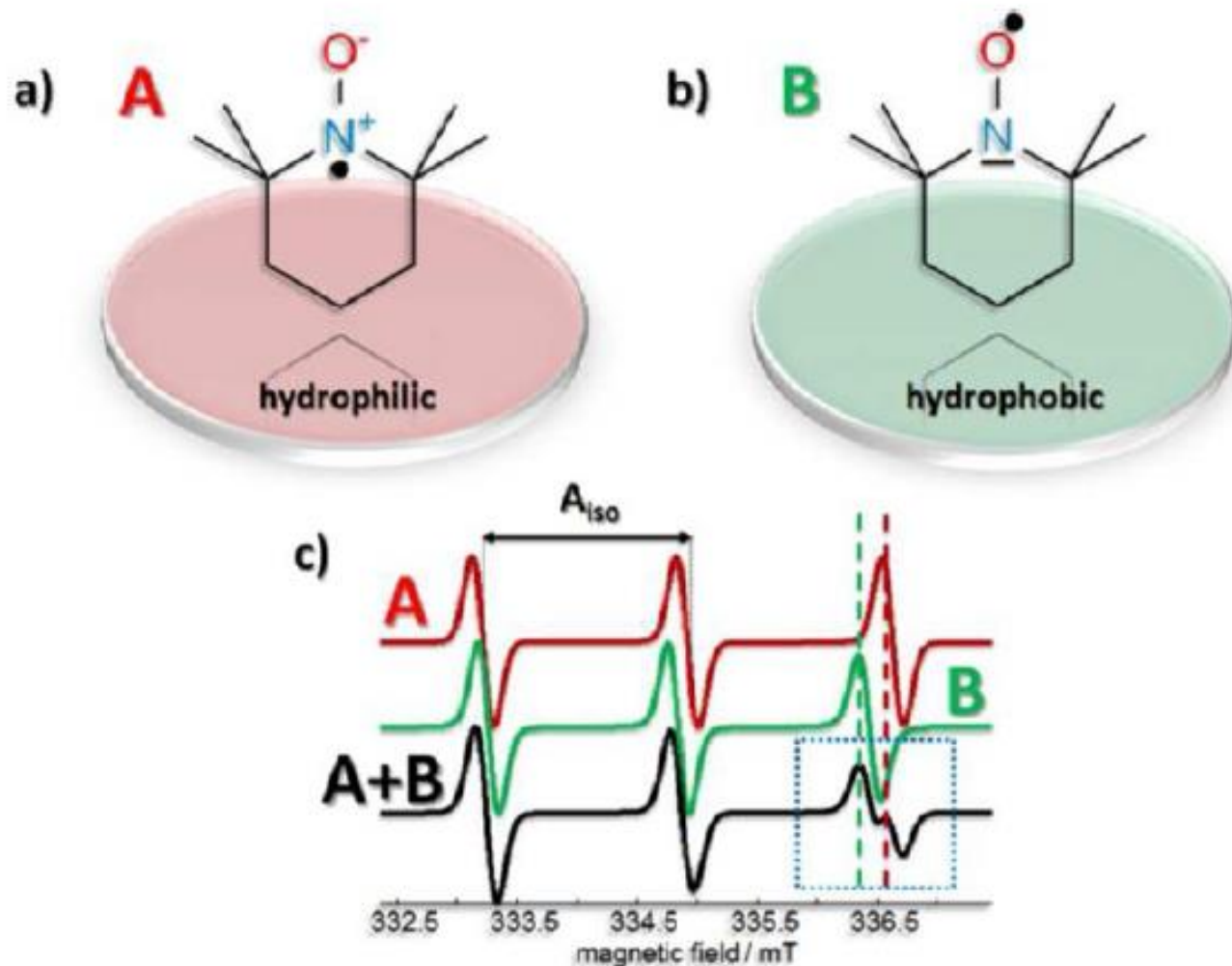


From: Schlick S (2006) Advanced ESR methods in polymer research. Wiley-Interscience, Hoboken, NJ, USA

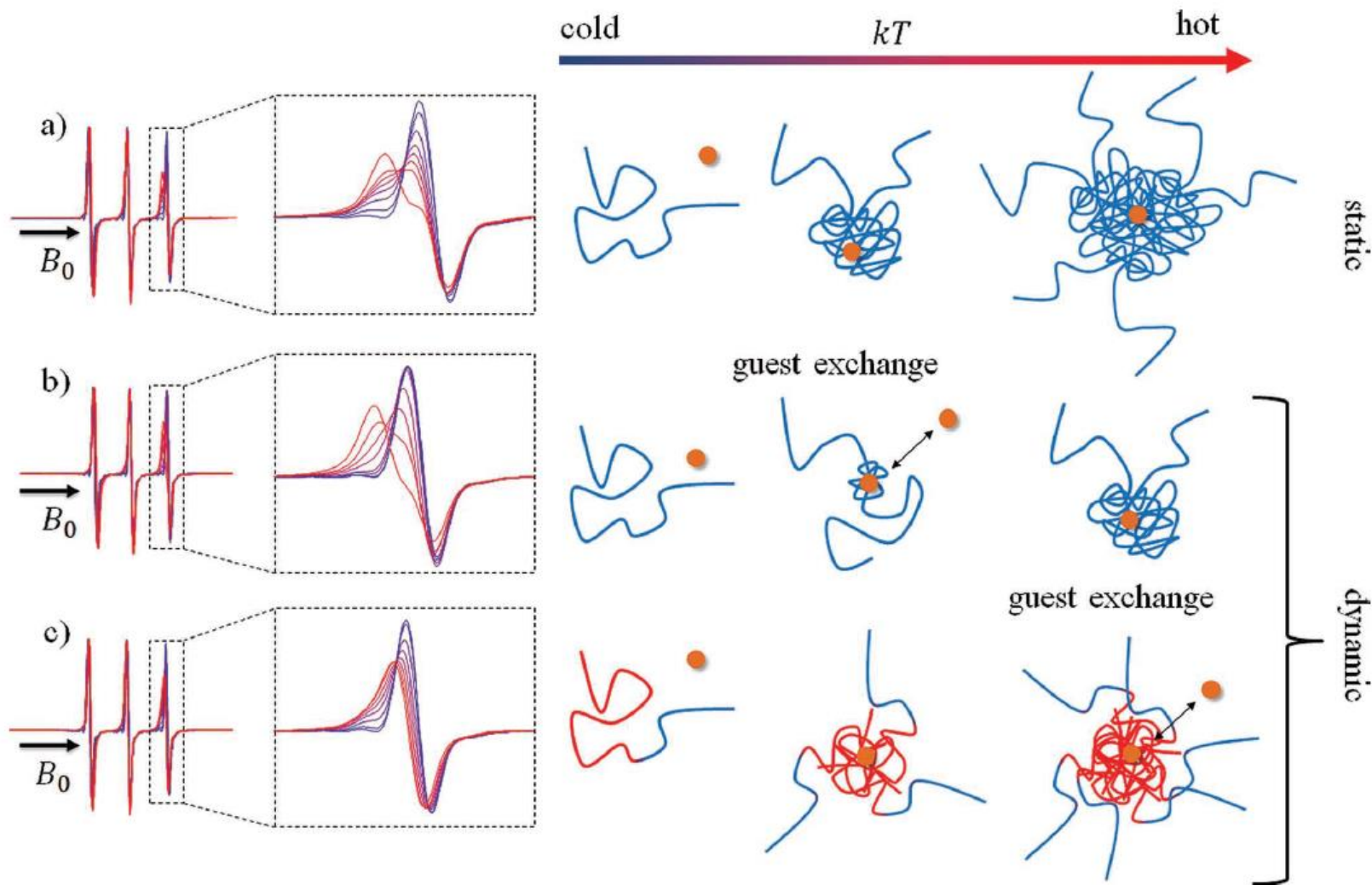
Спиновые зонды + ЭПР



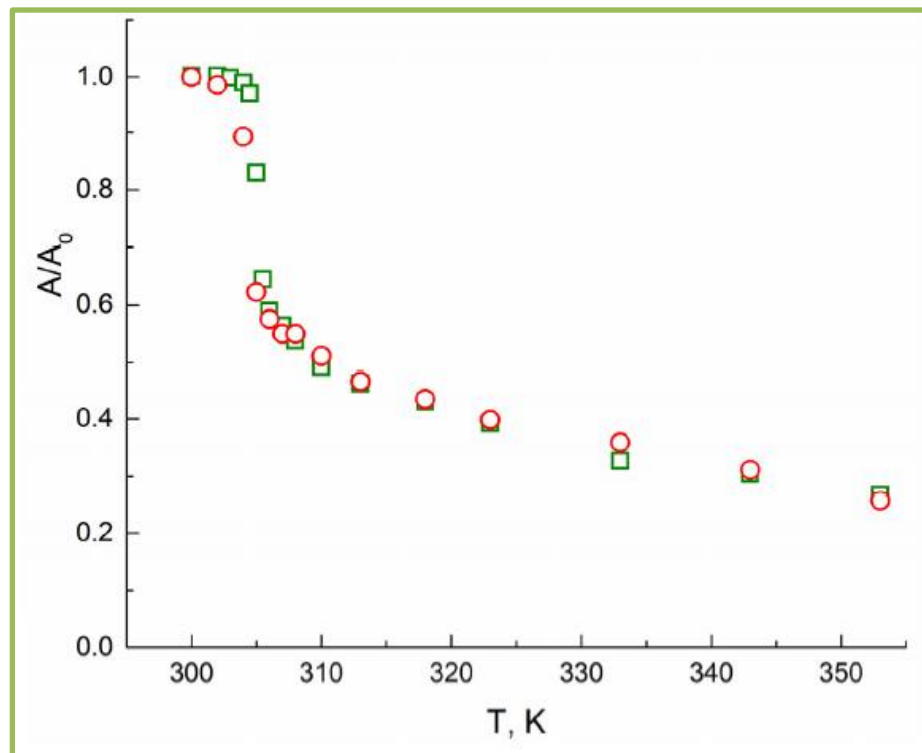
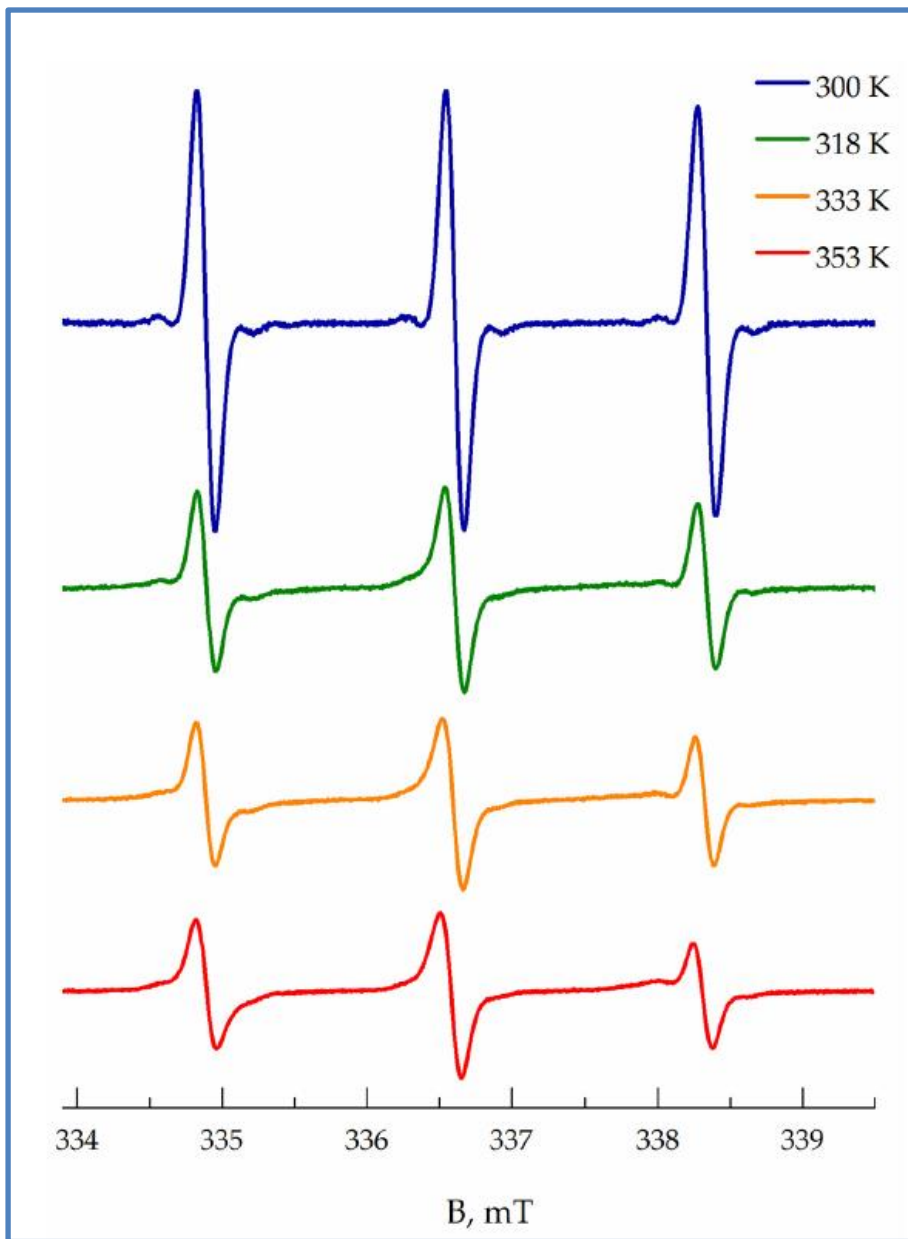
Спиновый зонд ТЕМРО и его спектры ЭПР в средах с разной полярностью



Микронеоднородности и их проявления в спектрах ЭПР спинового зонда

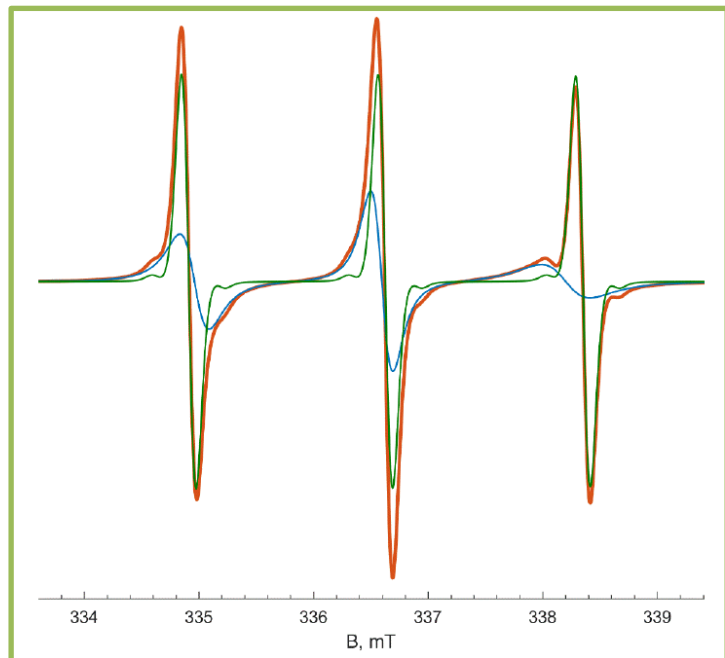
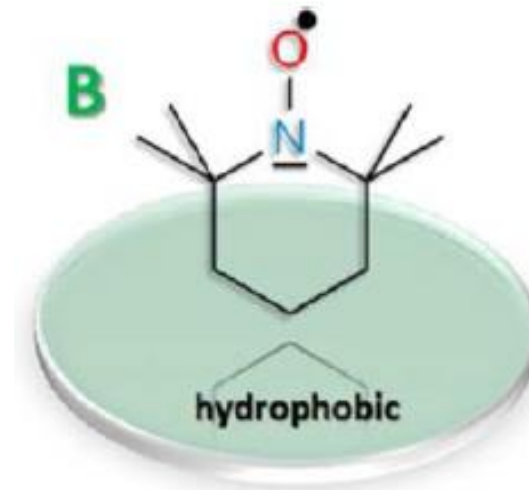
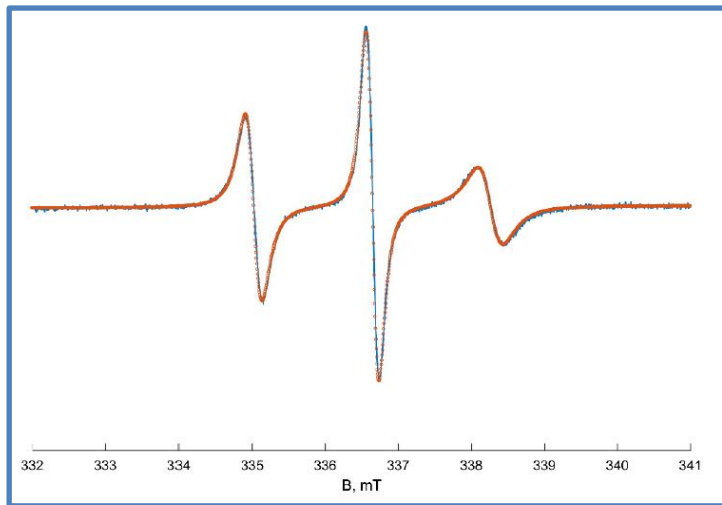


PNIPAM

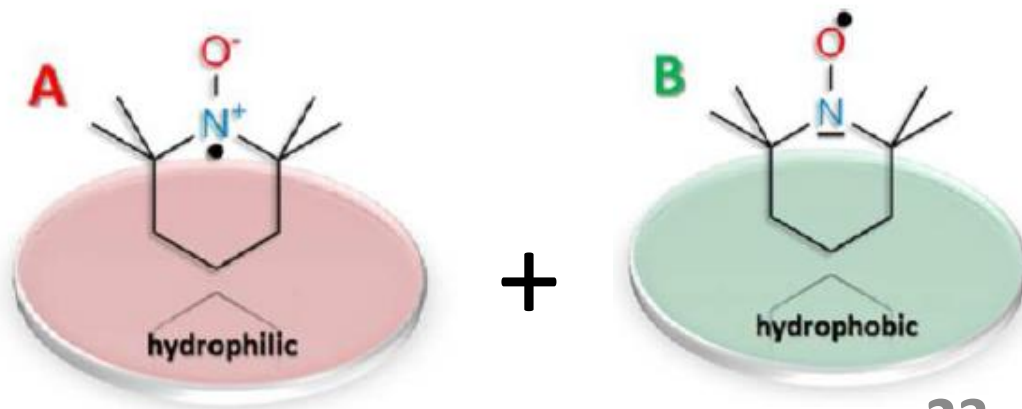


E.M. Zubanova et al Polymers 2021, 13, 3829.
<https://doi.org/10.3390/polym13213829>

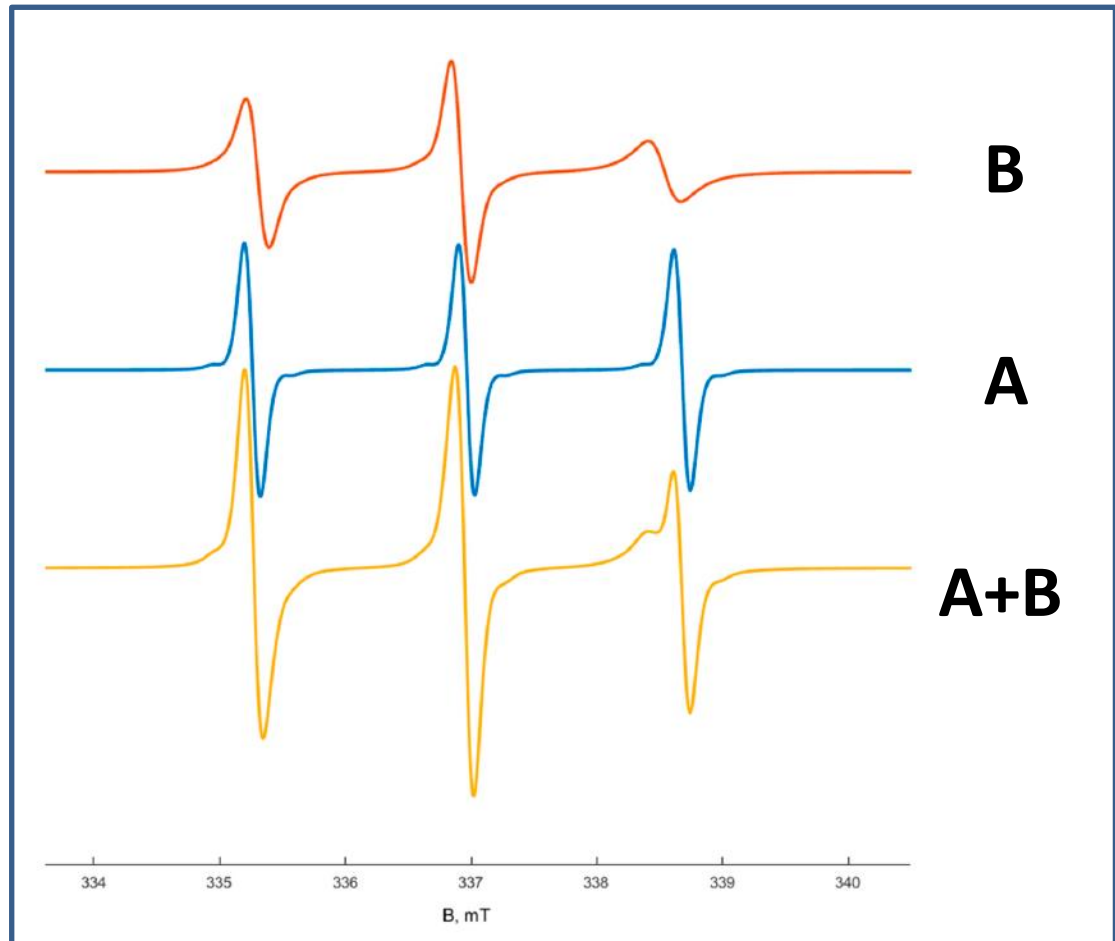
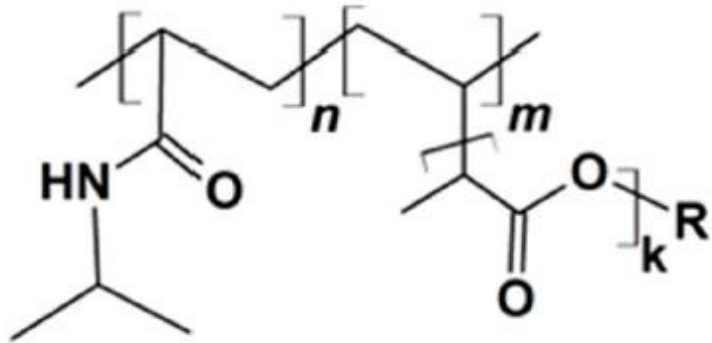
PNIPAM



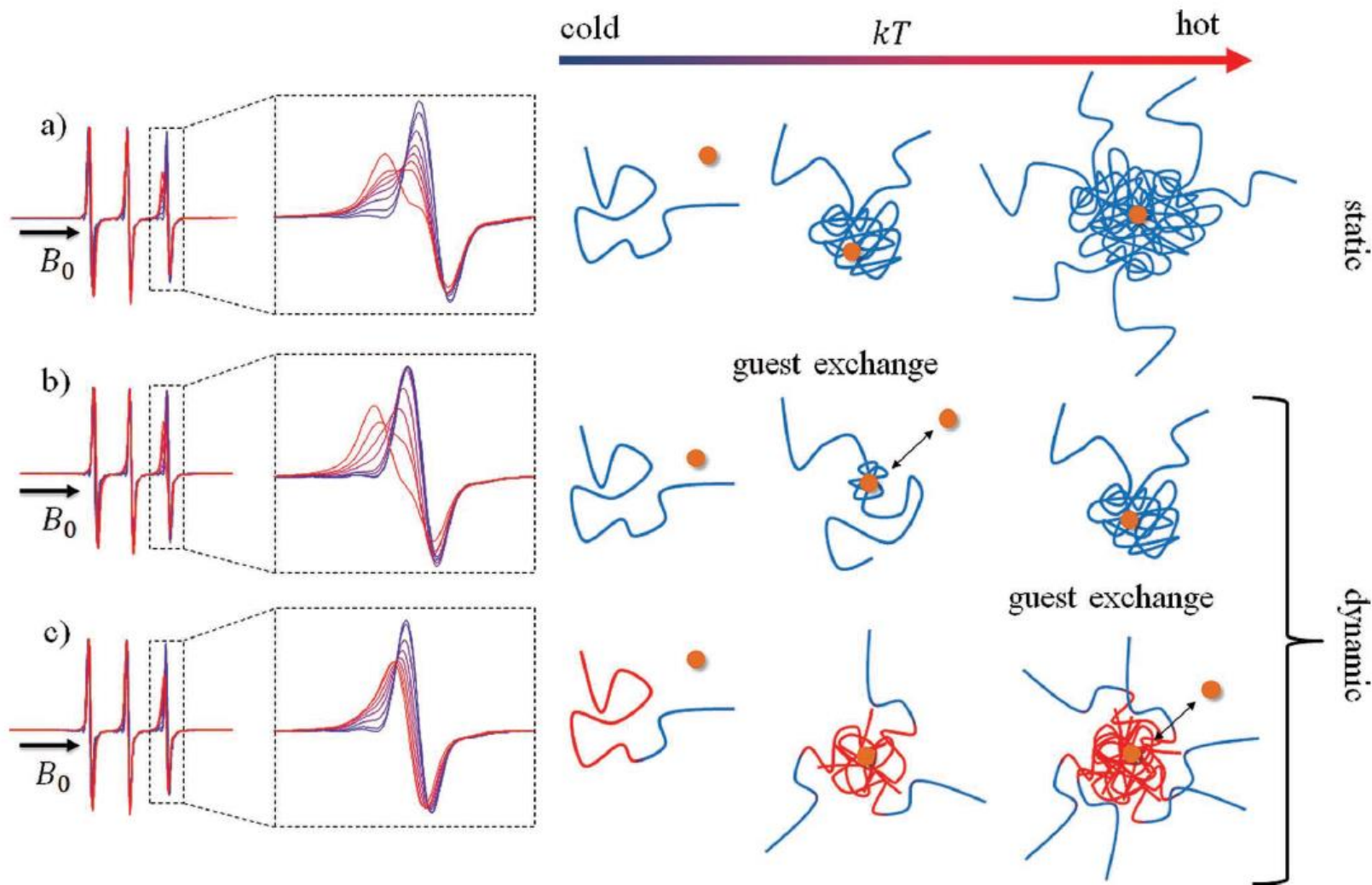
**Статические
неоднородности**



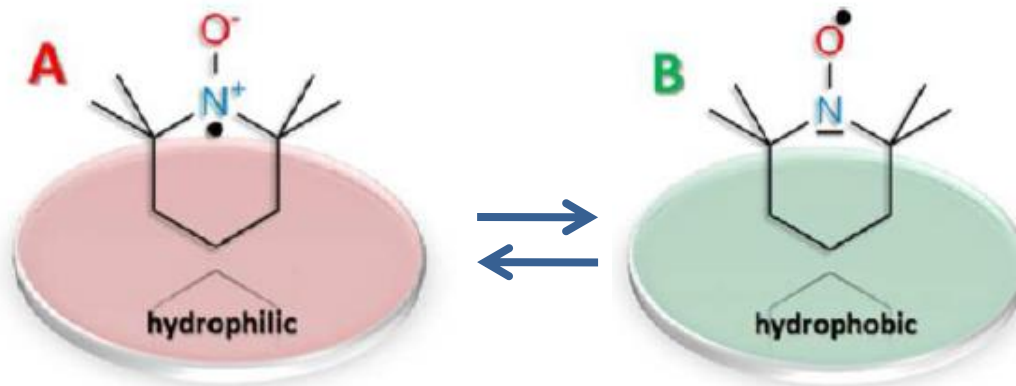
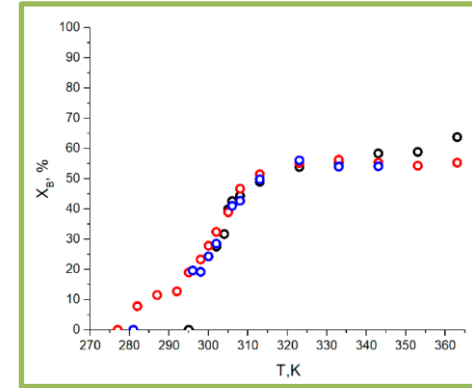
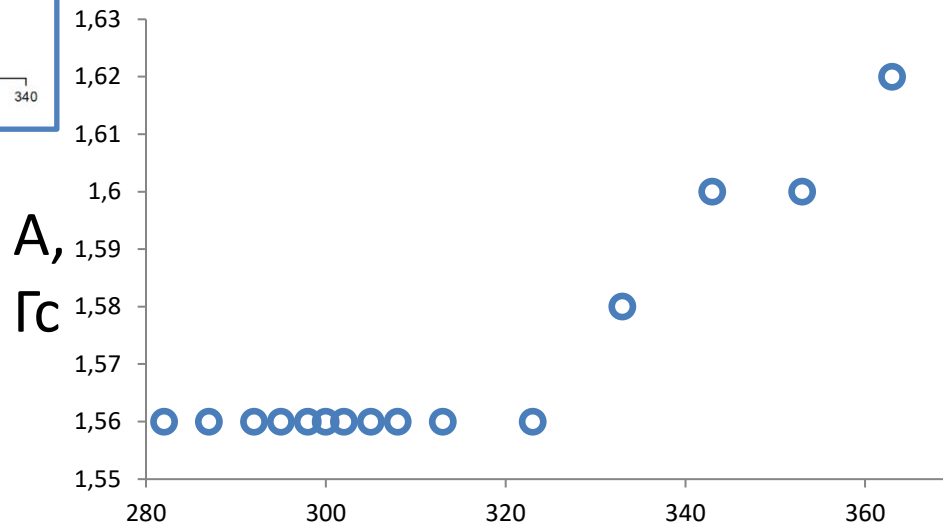
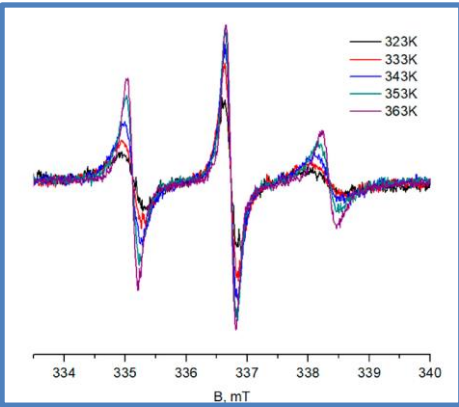
P(NIPAM-graft-PLA)



Микронеоднородности и их проявления в спектрах ЭПР спинового зонда



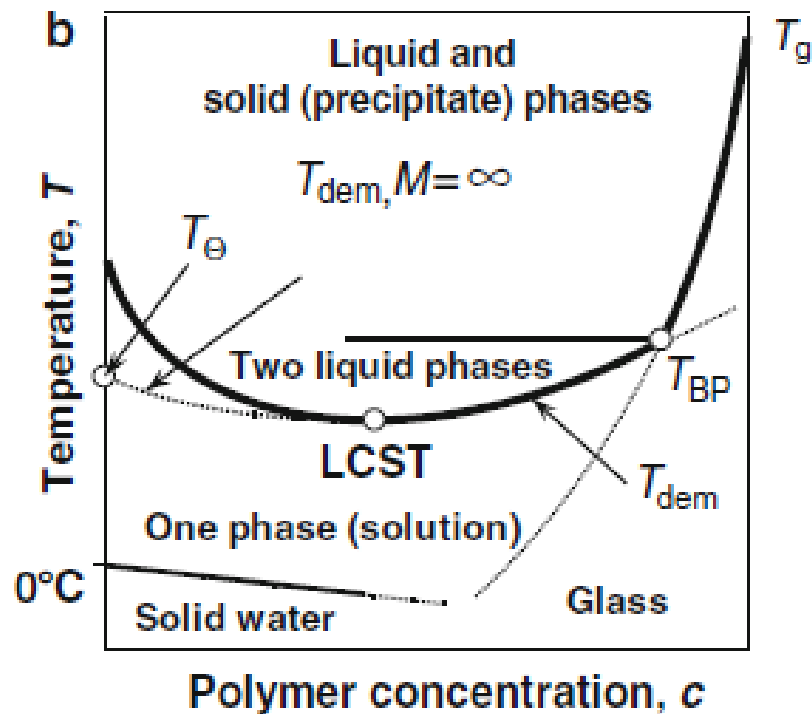
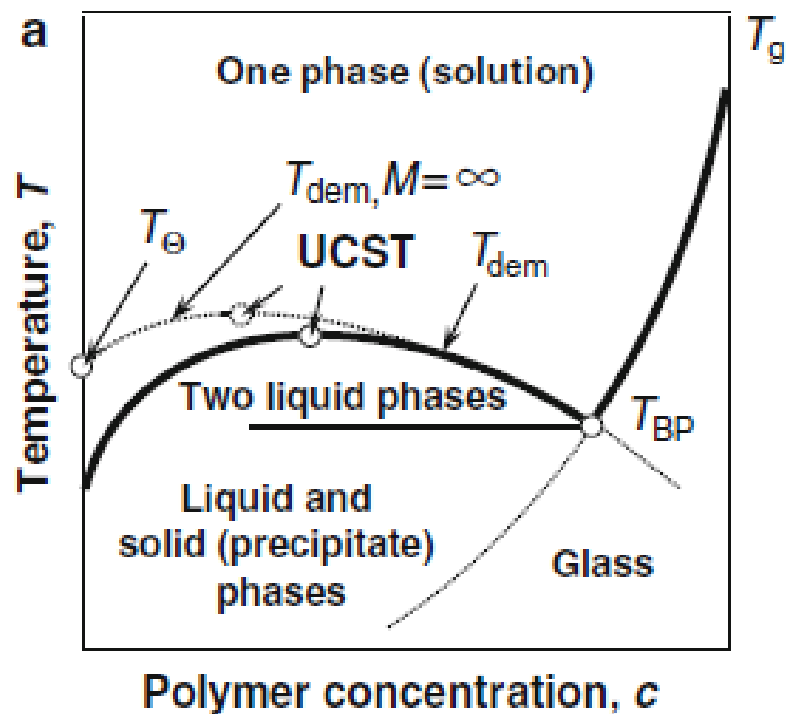
P(NIPAM-graft-PLA)



Спасибо за внимание!



Фазовые диаграммы растворов термочувствительных полимеров



Влияние подвижности зонда на форму спектров ЭПР

