

Министерство образования и науки  
Российской Федерации  
Санкт – Петербургский национальный исследовательский  
университет информационных технологий, механики и оптики  
Факультет пищевых биотехнологий и инженерии

# Наномеханика для адресной доставки лекарств

ВЫПОЛНИЛА СТУДЕНТКА  
ГРУППЫ Т4130: КОПЫЛОВА ТАТЬЯНА  
ПРИНЯЛ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ:  
ЗАБОДАЛОВА Л.А

Конец XIX века великий немецкий бактериолог Пауль Эрлих, предложил термин «волшебная пуля»

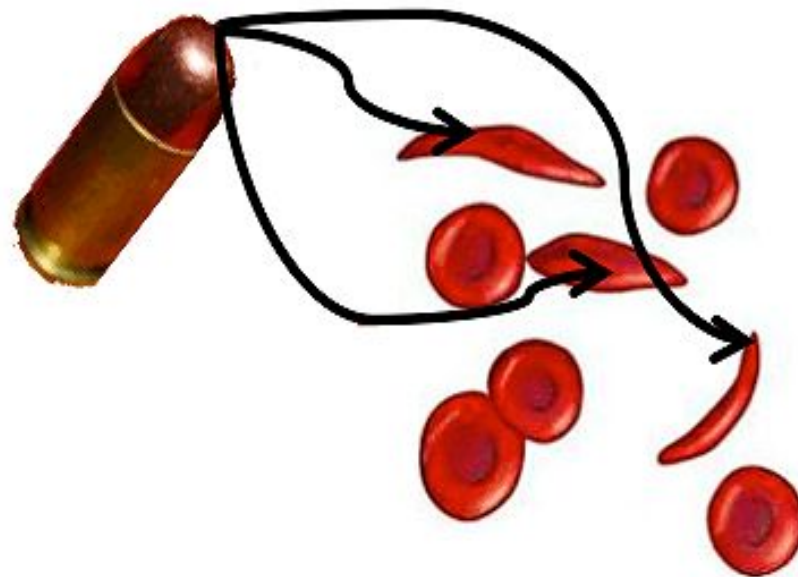
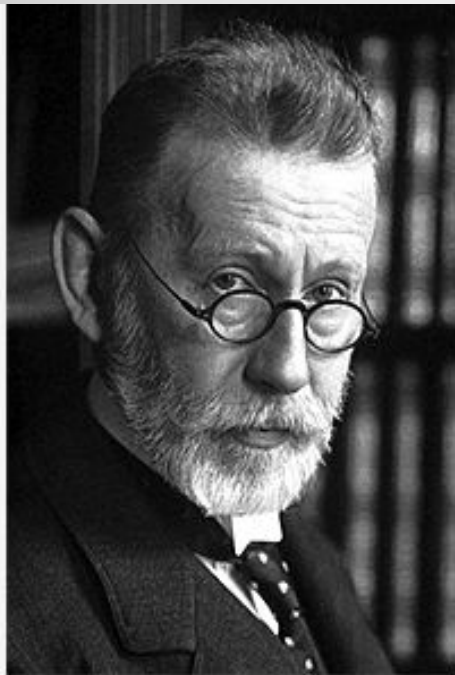


Рисунок 1. Пауль Эрлих (1854–1915; слева) и его концепция «волшебной пули» (справа) в интерпретации автора статьи: пуля действует только на пораженные серповидно-клеточной анемией клетки крови. Фотография П. Эрлиха взята с сайта «Микробы и человек».

## **Главные особенности адресной доставки лекарств при помощи контейнера:**

- **Материал контейнера не должен сам вступать в химические реакции, которые нарушат взаимодействие лекарства с больными клетками;**
- **Материал контейнера должен каким-либо образом способствовать транспорту лекарства в требуемое место в организме;**
- **Само строение и состав контейнера должны позволять контролируемое высвобождение лекарства в требуемый момент времени**

Лаборатория химического дизайна  
бионаноматериалов химического  
факультета МГУ

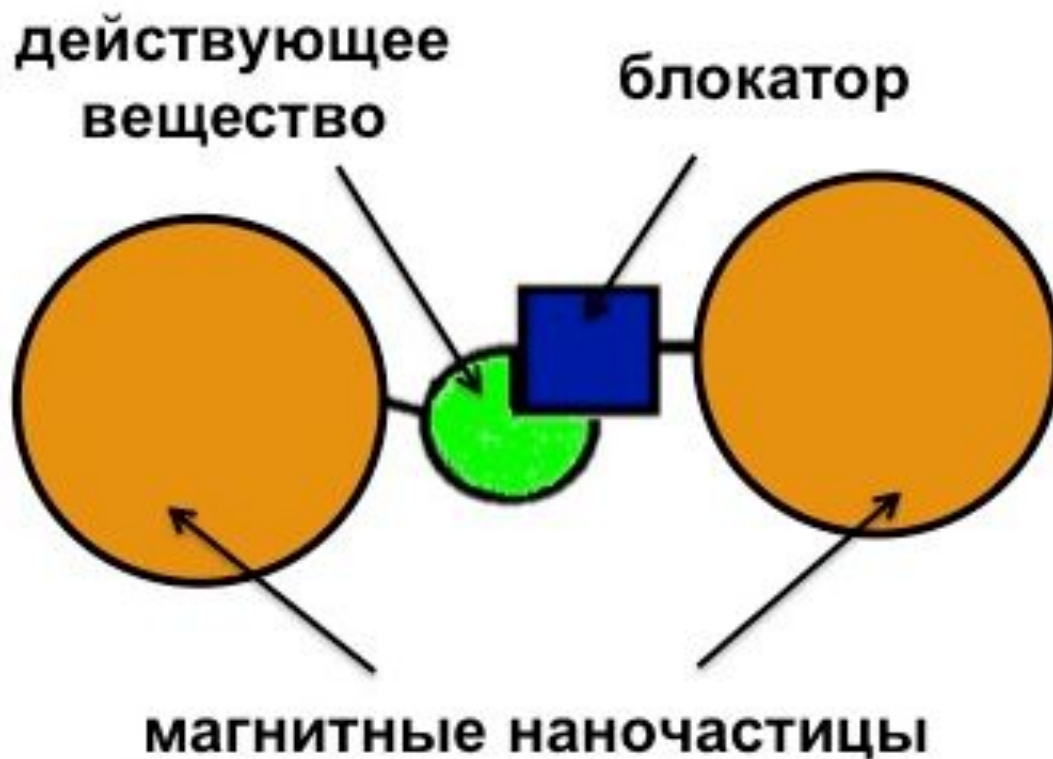
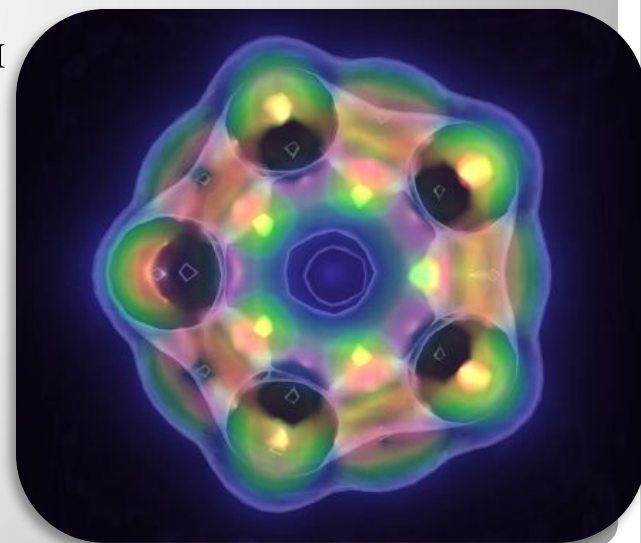
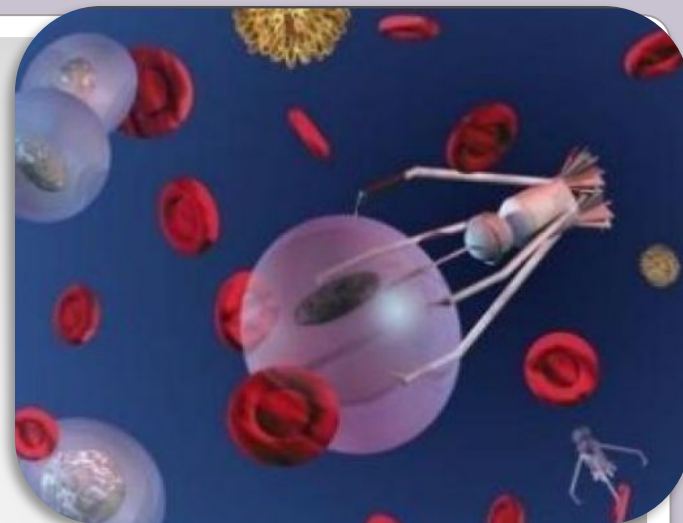


Рисунок 2. Система для адресной доставки лекарств  
на основе наночастиц.

- **Действующее вещество** — это и есть лекарство, которое нужно доставить к больному органу.
- **Блокатор** полностью подавляет действие лекарства — то есть, не дает ему вступать в химические реакции, имитируя контейнер.
- В состав **магнитных наночастиц** входит оксид железа, и они обладают способностью притягиваться к магниту. Поэтому, прикладывая магнитное поле извне организма, можно направлять частицы, а значит, и прикрепленное к ним лекарство, к очагу поражения (более подробно этот вопрос описан далее во врезке). Так выполняется требование «адресности» доставки. Магнитные наночастицы можно покрыть нетоксичной оболочкой (например, из полимера или благородного металла), а в качестве блокатора выбрать вещество, не наносящее вред организму (как и лекарство) — побочных реакций у системы не будет.



## *Как доставить магнитные наночастицы в требуемое место в организме?*

Большинство исследователей сходятся во мнении, что магнитные частицы могут гарантированно доставлять лекарство в орган, находящийся на глубине 0,5–1,5 см от поверхности тела. Такова глубина проникновения большинства магнитных полей (до 1–1,5 Тесла), доступных для использования в настоящее время. Однако эти цифры могут существенно увеличиваться, если: мы имеем дело с пораженными сосудами опухолевых тканей, обладающих повышенной проницаемостью для частиц; использовать сильные магнитные установки на основе элементов Fe–Nd–В. Выбор таких сильных магнитов возможен, поскольку управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов в США (FDA) было установлено, что магнитные поля до 8 Тесла не представляют опасности для организма человека.

## Удержание магнитных наночастиц

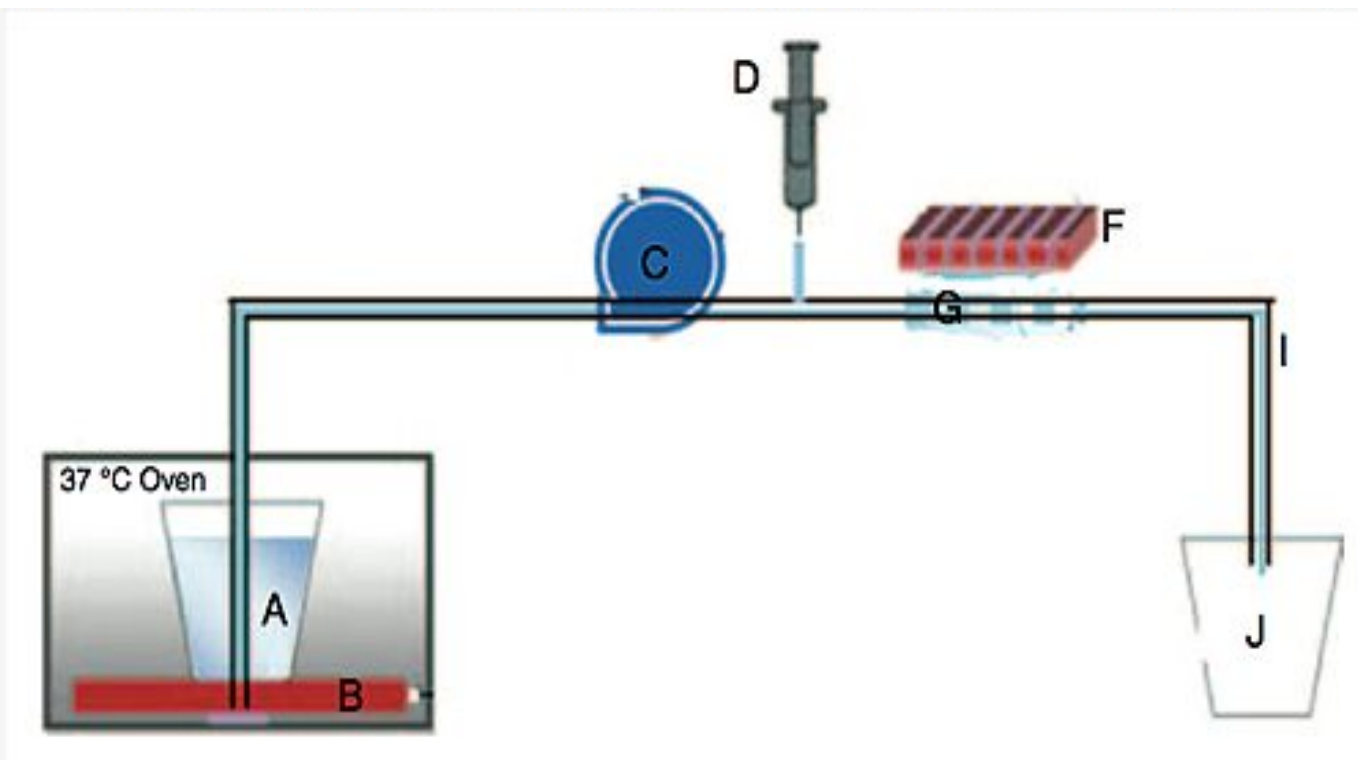


Рисунок 3. Схема установки для изучения удержания магнитных наночастиц. А — емкость с буферным раствором, В — вращающийся диск, С — перистальтический насос, D — шприц с магнитными частицами, F — постоянный магнит, G — место удержания частиц, I — силиконовая трубка, J — приемник для буферного раствора.

# Молекула - блокатор

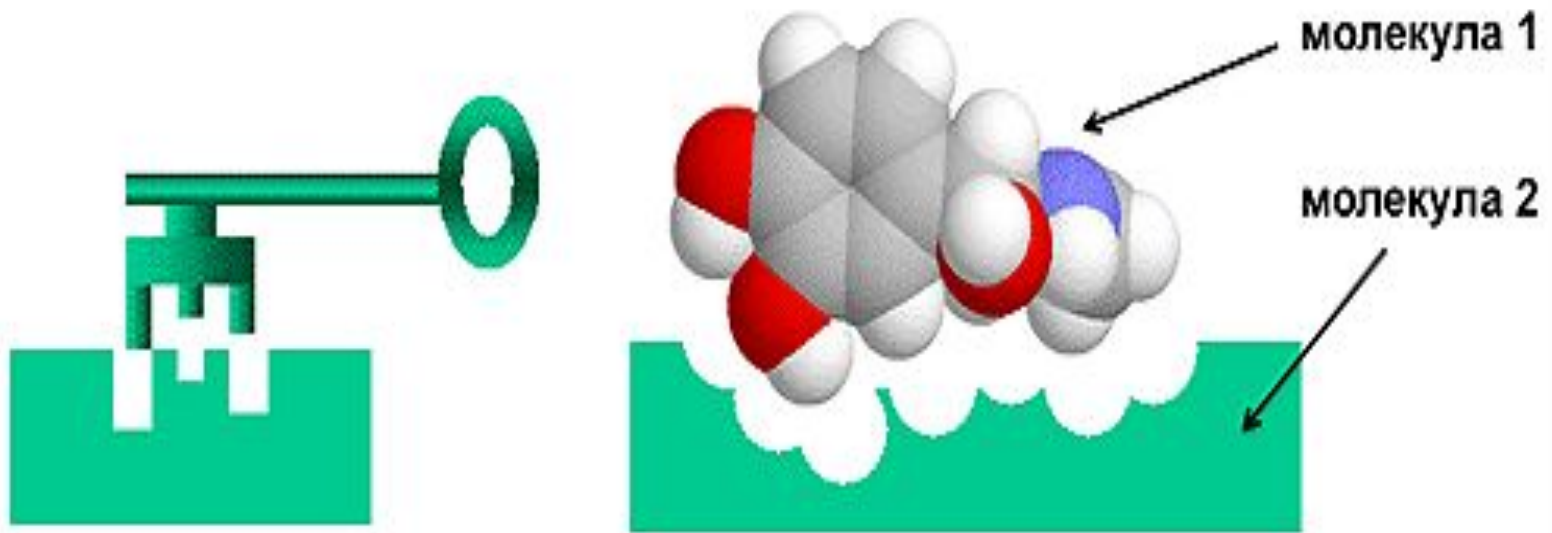
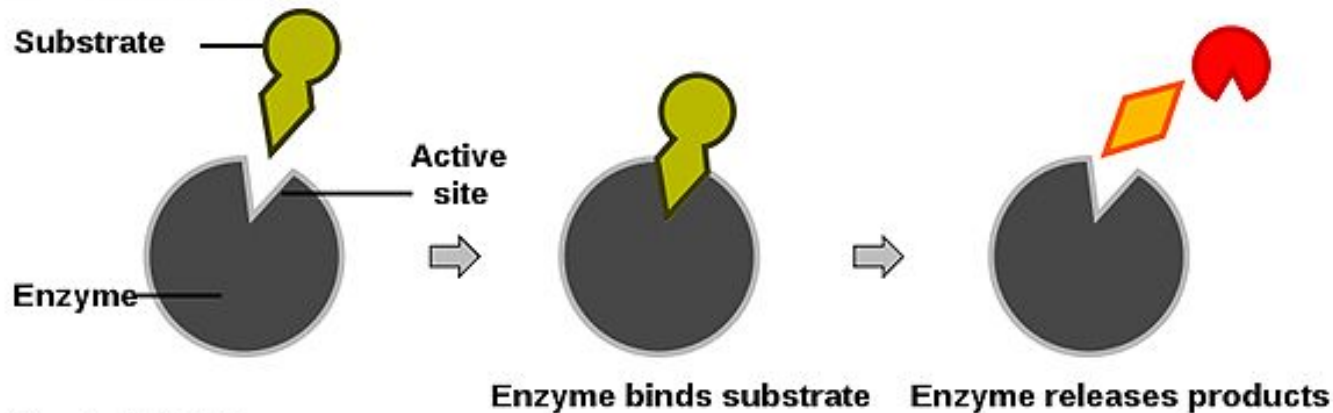


Рисунок 4. Иллюстрация принципа «ключ-замок». Рисунок с сайта [Talk Origins Archive](#).



# Комплексы фермент – субстрат, фермент – ингибитор

## **a** Reaction



## **b** Inhibition

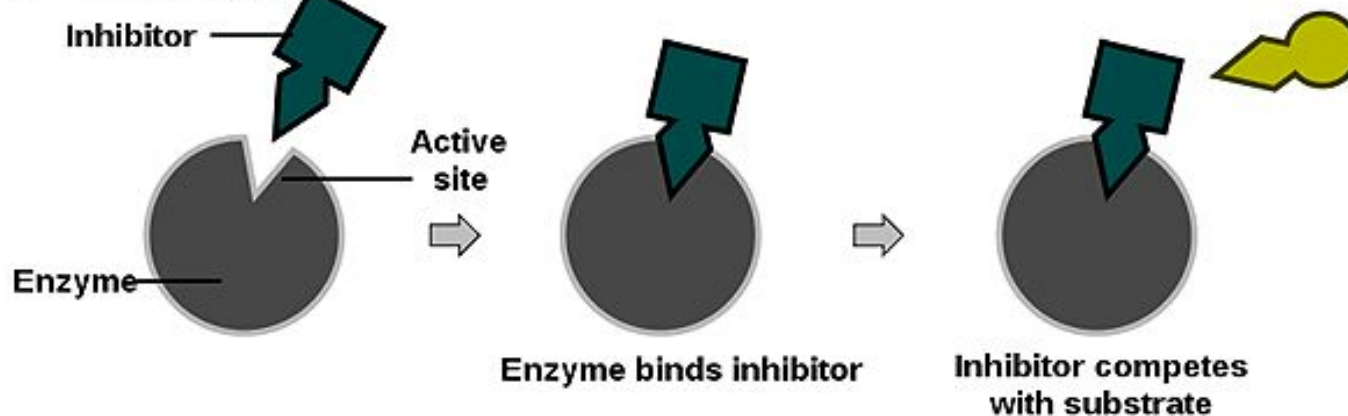


Рисунок 5. Схематическое изображение комплексов «фермент—субстрат» (а) и «фермент—ингибитор» (б).  
Рисунок из [WikiBooks](#).

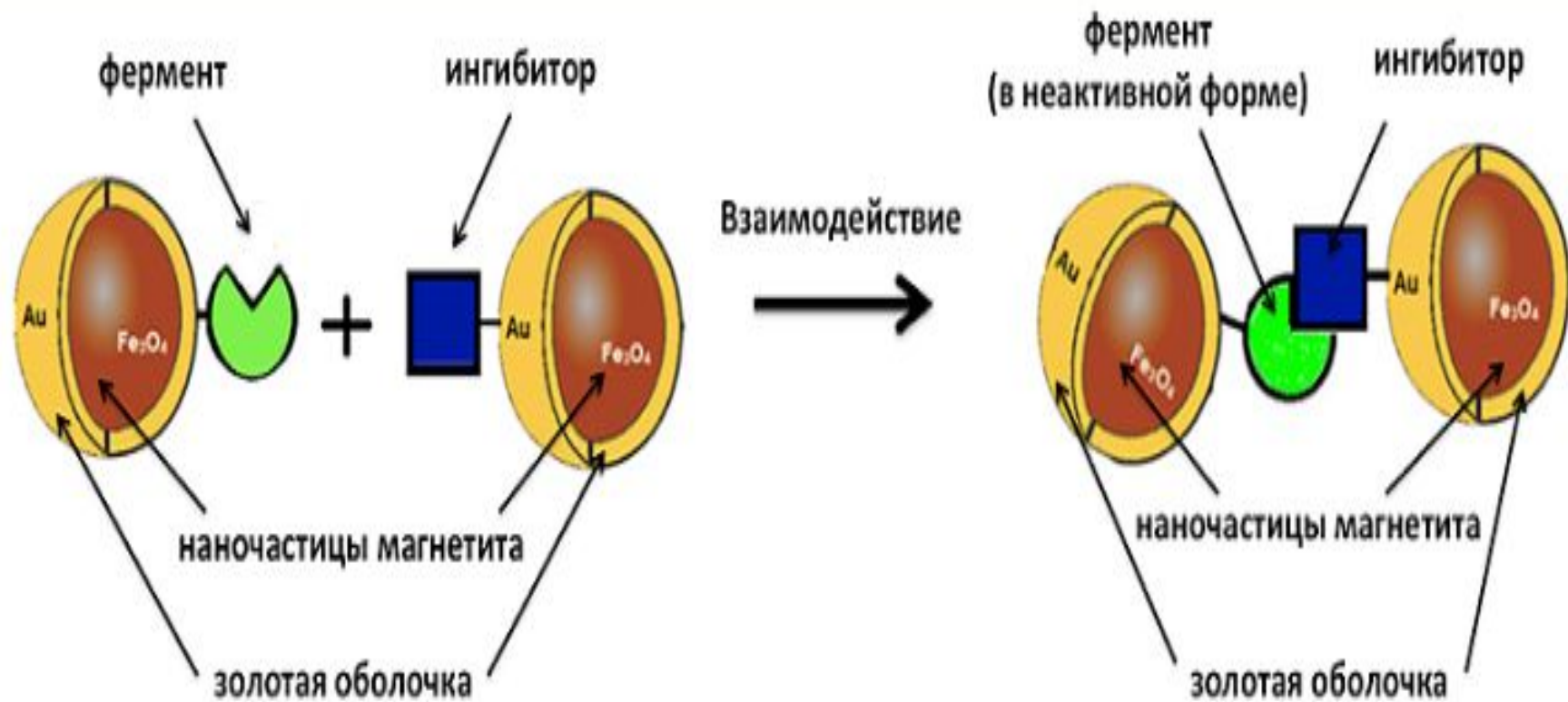


Рисунок 7. Система на основе магнитных наночастиц до взаимодействия фермента и ингибитора (слева) и после их взаимодействия (справа).

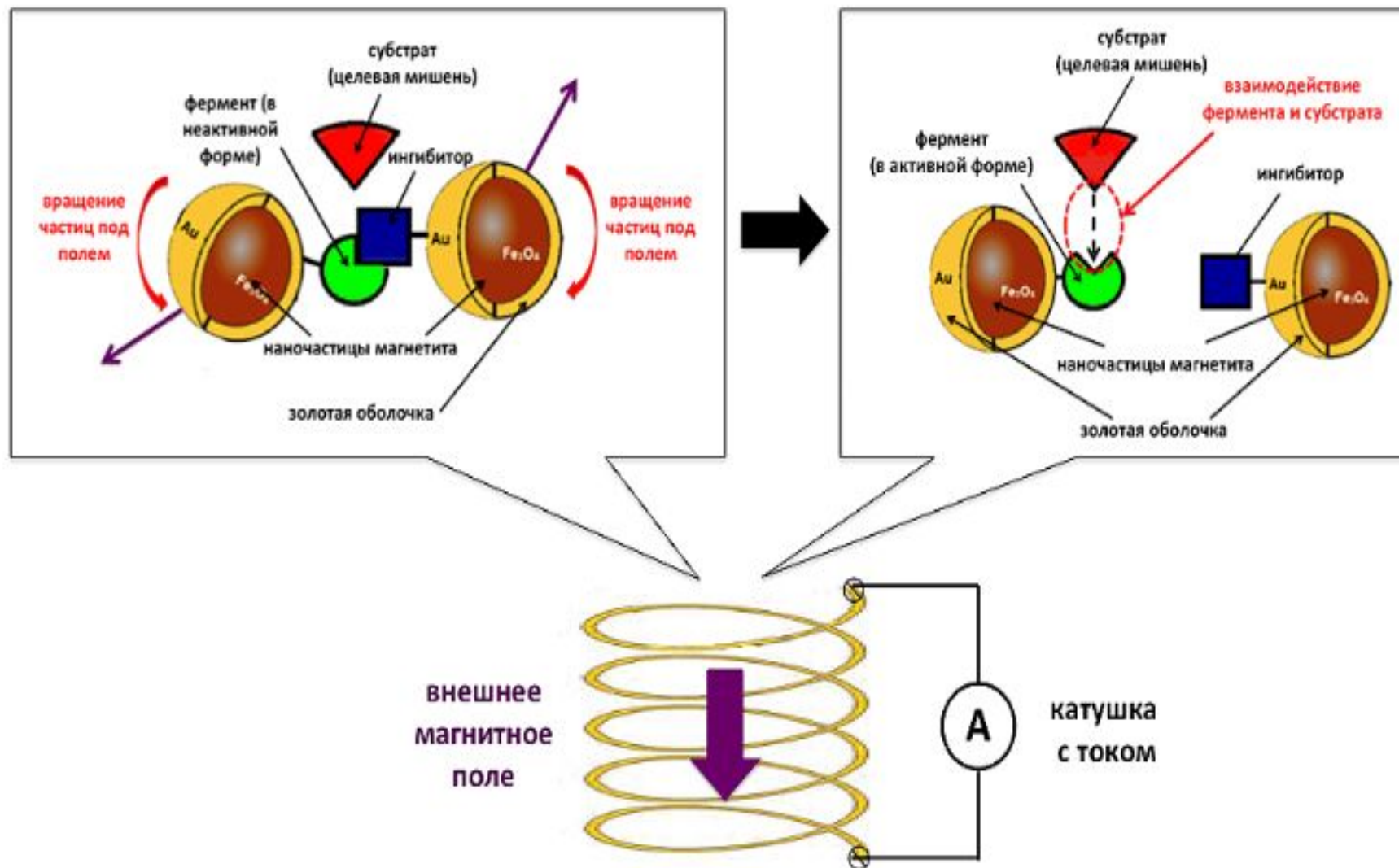


Рисунок 8. Поведение системы на основе магнитных наночастиц, фермента и ингибитора в магнитном поле катушки с током. Иллюстрация сил, действующих на частицы (слева), разрыв связи между ферментом и ингибитором (справа).

# Заключение



В лаборатории МГУ был разработан и экспериментально подтвержден принципиально новый подход к высвобождению лекарства, которое при помощи магнитных наночастиц можно адресно доставить в требуемое место в организме при условии фокусировки и оптимизации силы магнитного поля (см. врезку). Суть процесса заключается в механическом разрыве связи между молекулами лекарства-фермента и молекулами его блокатора-ингибитора (молекулы обоих типов связаны с магнитными наночастицами) под действием магнитного поля. Учитывая малые масштабы системы, такой способ был назван наномеханическим.