

Химия биомолекул в школе

методические аспекты и междисциплинарные связи

Левашов П.А.,

к.х.н., с.н.с., химического факультета МГУ
имени М.В.Ломоносова

Смирнов С.А.,

н.с. химического факультета МГУ
имени М.В.Ломоносова.

МОТИВАЦИЯ УЧЕНИКОВ

- **Разъяснение важности изучения химии биологических молекул**
 - Биология
 - Биотехнология
 - Фармацевтика
 - Медицина
 - Знания в повседневной жизни
- **Яркие и понятные лабораторные примеры, способствующие усвоению материала и усилению интереса**

Взаимовлияние
углубленного изучения
биохимии
и
повышения успеваемости по
химии и биологии

Форма подачи материала

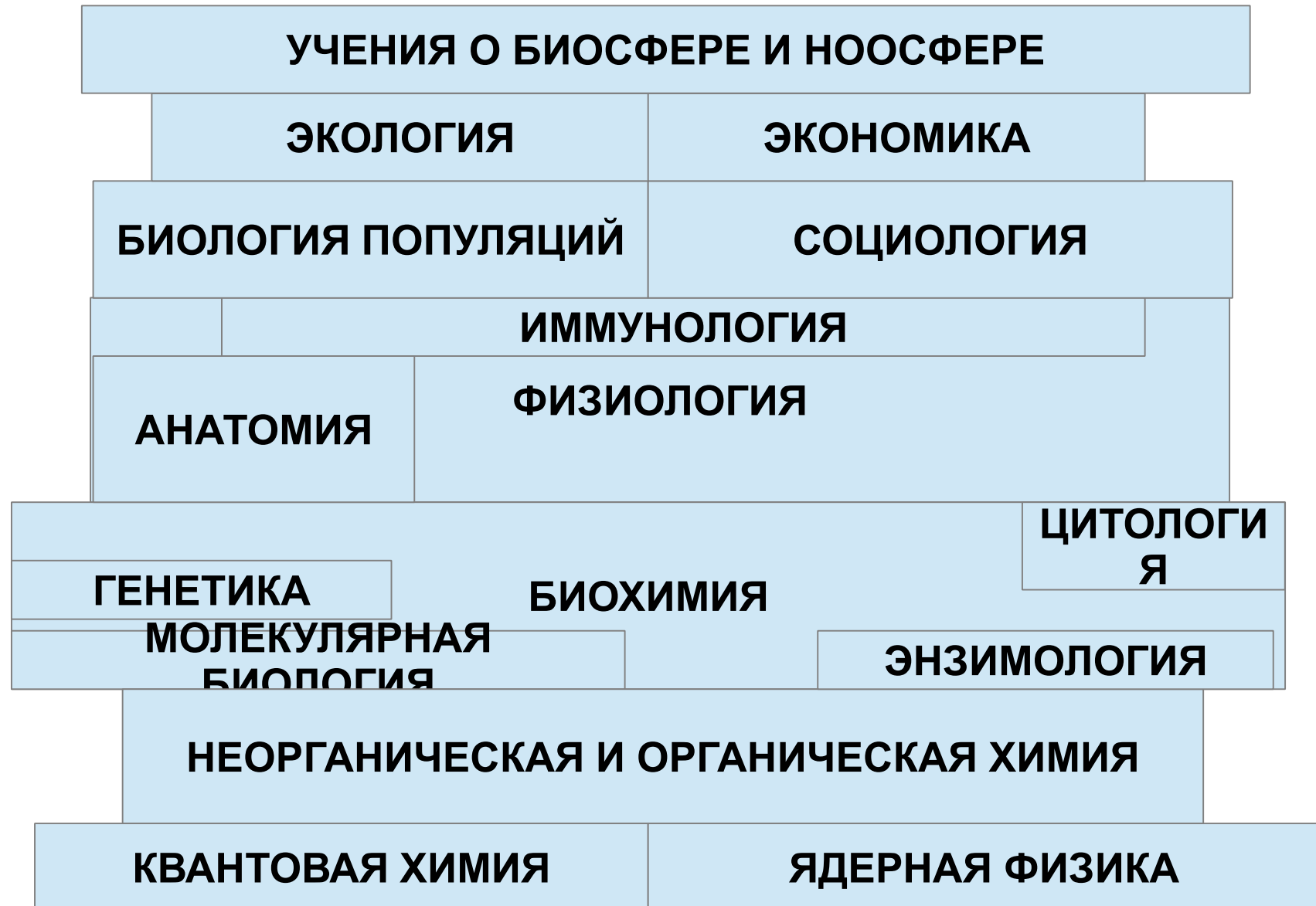
Лекция с элементами семинара
(10-15 минут теория, 5-10 минут
беседа с учениками, суммарно 40-
50 минут)

Затем практикум для закрепления
материала (40-60 минут),
обсуждение результатов (20-30
минут)

общий вводный материал для лекционных блоков

Место БИОХИМИИ среди фундаментальных наук

Уровни организации материи



БИОХИМИЯ

ЦИТОЛОГИЯ

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

АНАЛИТИЧЕСКА
Я
ХИМИЯ

БИООРГАНИЧЕСКАЯ
ХИМИЯ

ФИЗИЧЕСКАЯ
ХИМИЯ

КОЛЛОИДНАЯ
ХИМИЯ

СМЕЖНЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ ОБЛАСТИ

ГЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

МИКРОБИОЛОГИЯ

БИОТЕХНОЛОГИЯ

ФАРМАЦЕВТИКА

МЕДИЦИНСКАЯ ДИАГНОСТИКА

ТОКСИКОЛОГИЯ

МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

МЕДИЦИНСКАЯ ИММУНОЛОГИЯ

БИОХИМИЯ

ЦИТОЛОГИЯ

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

АНАЛИТИЧЕСКА
Я
ХИМИЯ

БИООРГАНИЧЕСКАЯ
ХИМИЯ

ФИЗИЧЕСКАЯ
ХИМИЯ

КОЛЛОИДНАЯ
ХИМИЯ

СМЕЖНЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ ОБЛАСТИ

ГЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

МИКРОБИОЛОГИЯ

БИОТЕХНОЛОГИЯ

ФАРМАЦЕВТИКА

МЕДИЦИНСКАЯ ДИАГНОСТИКА

ТОКСИКОЛОГИЯ

МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

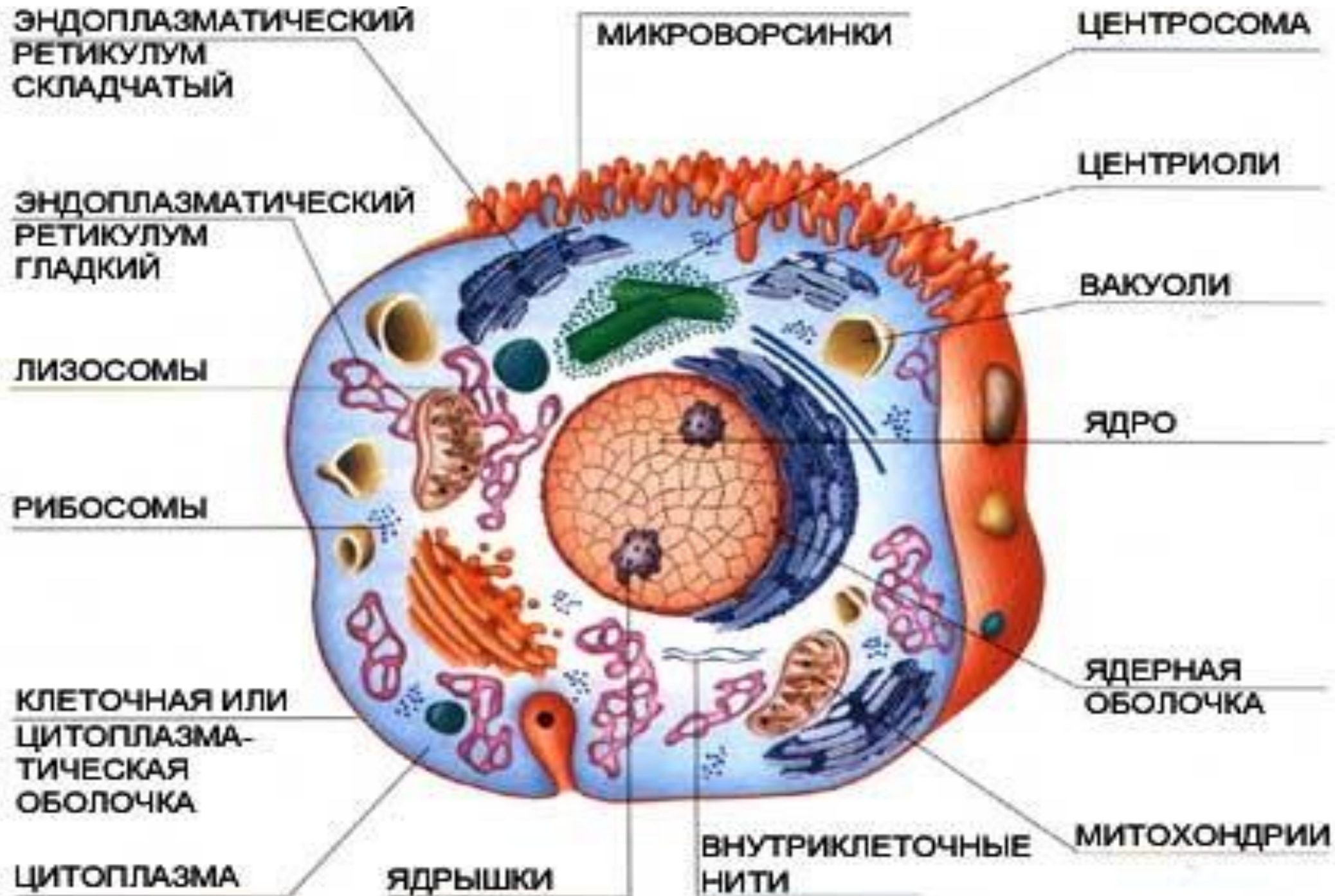
МЕДИЦИНСКАЯ ИММУНОЛОГИЯ

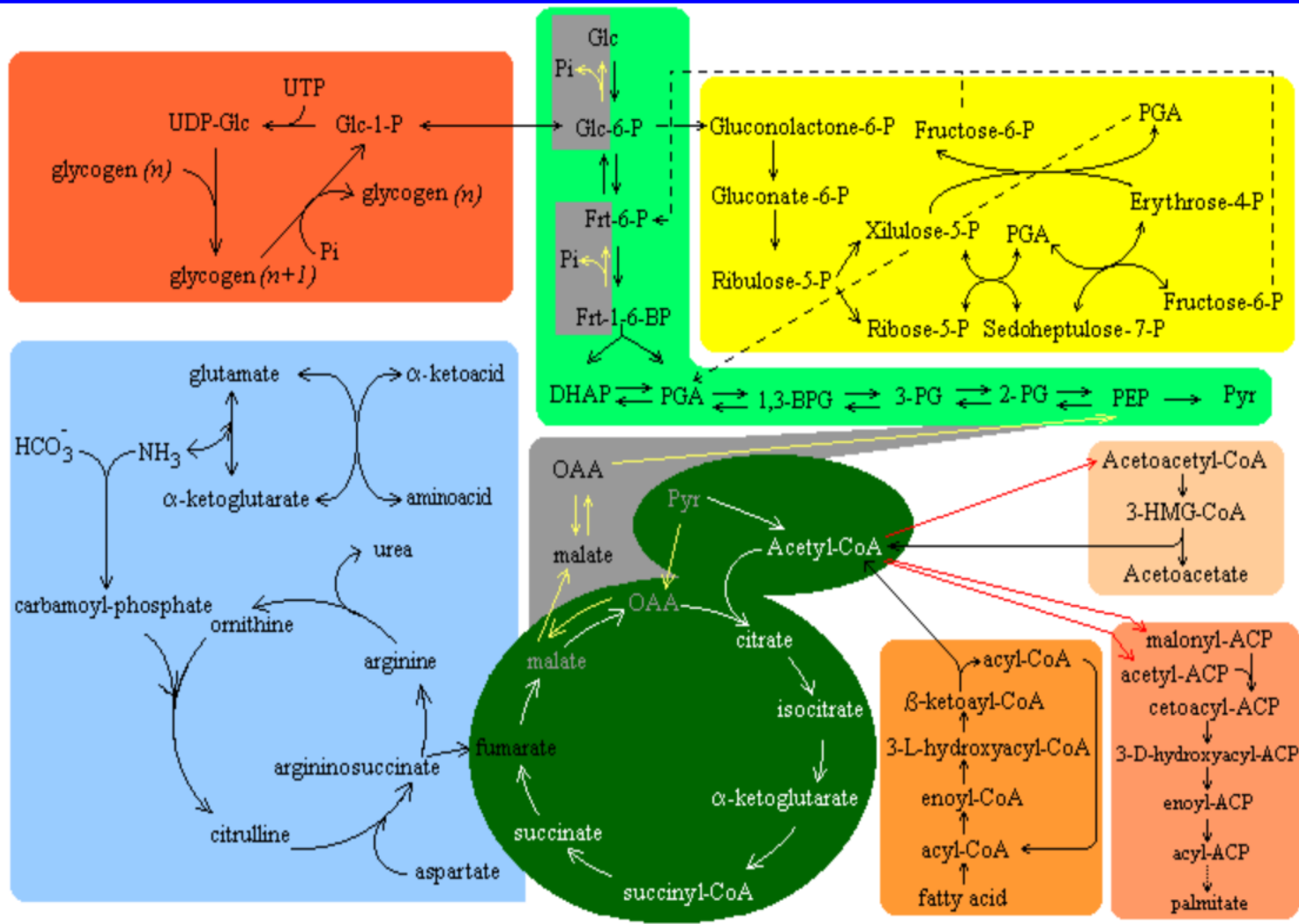
ПРИМЕРЫ
ПОДАЧИ ОТДЕЛЬНЫХ ТЕМ
ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ
ЗАНЯТИЙ ШКОЛЬНИКОВ

ТЕМА 1

Химический состав живого

ЖИВАЯ КЛЕТКА





БЕЛКИ

ЖИРЫ (ЛИПИДЫ)

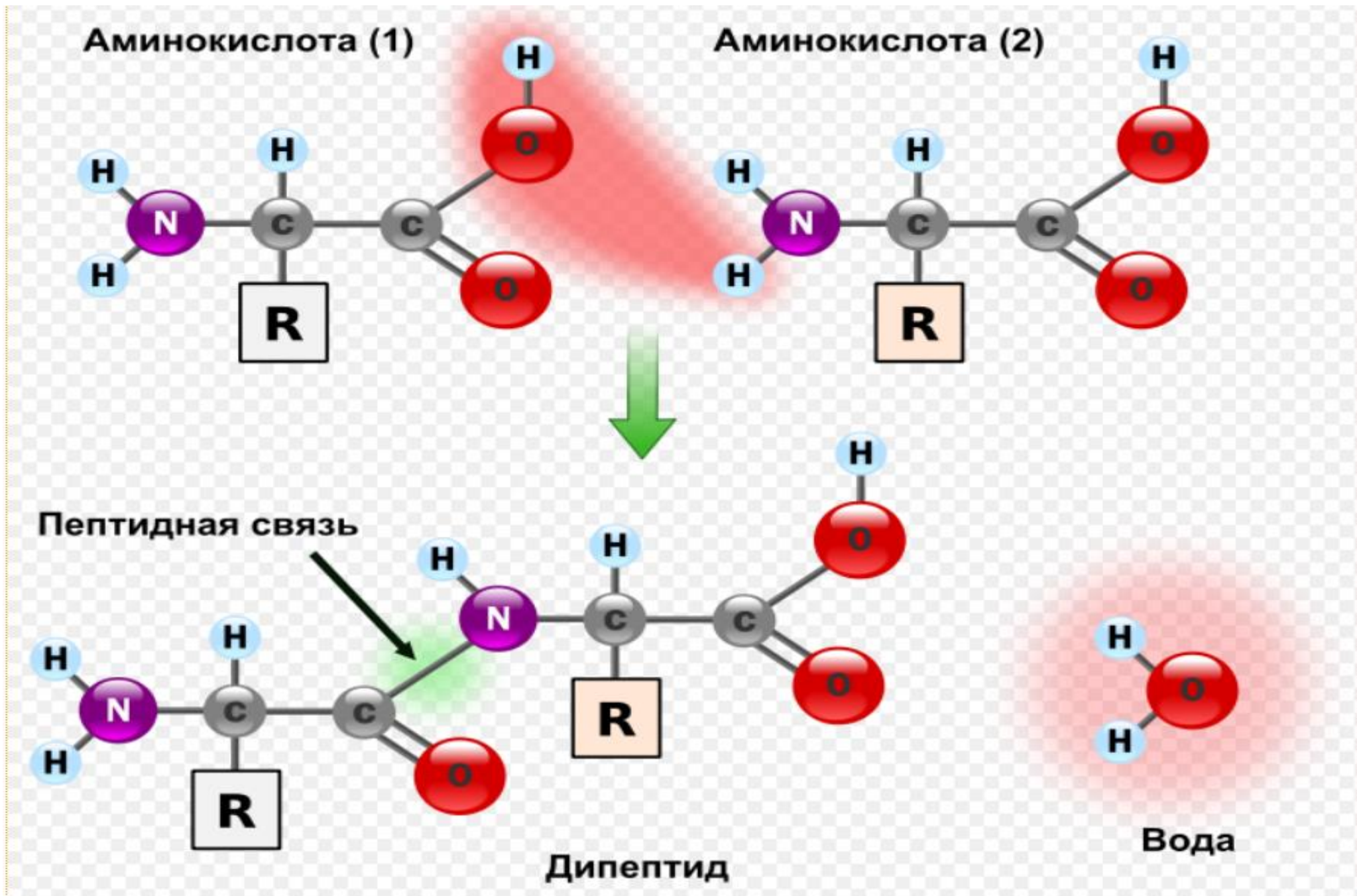
УГЛЕВОДЫ

НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

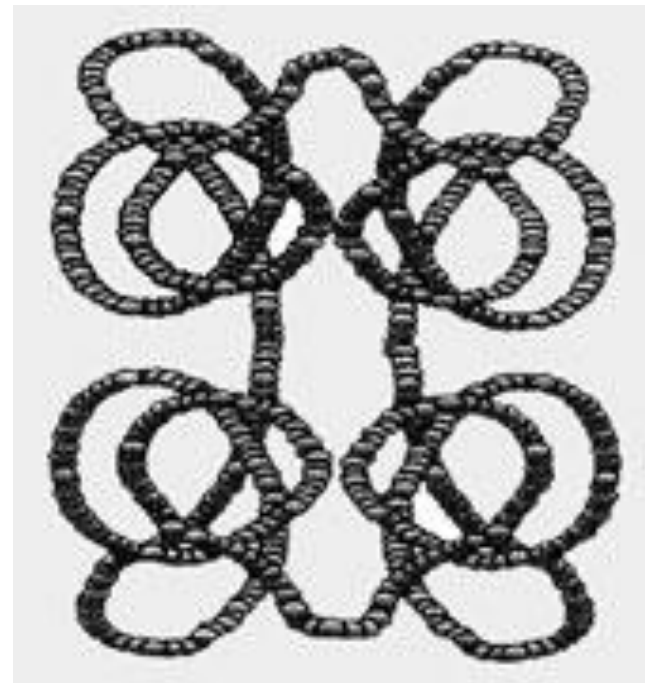
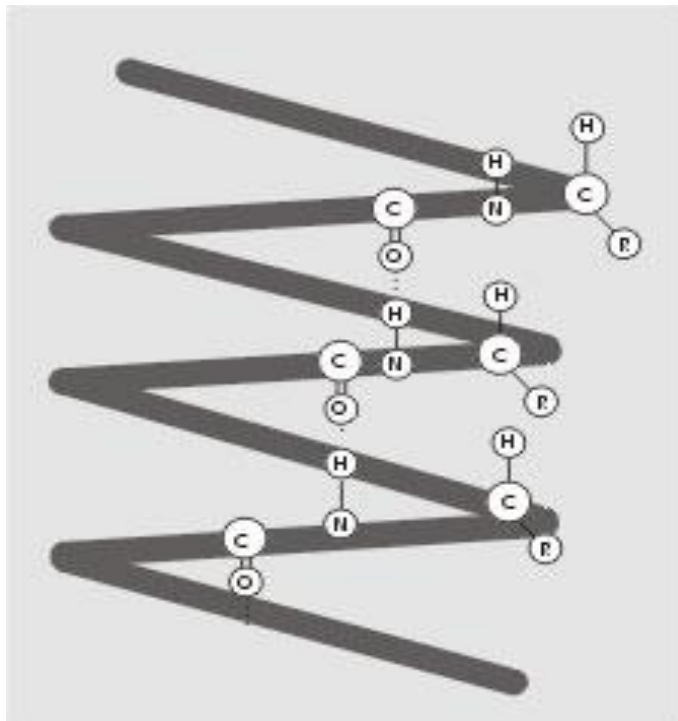
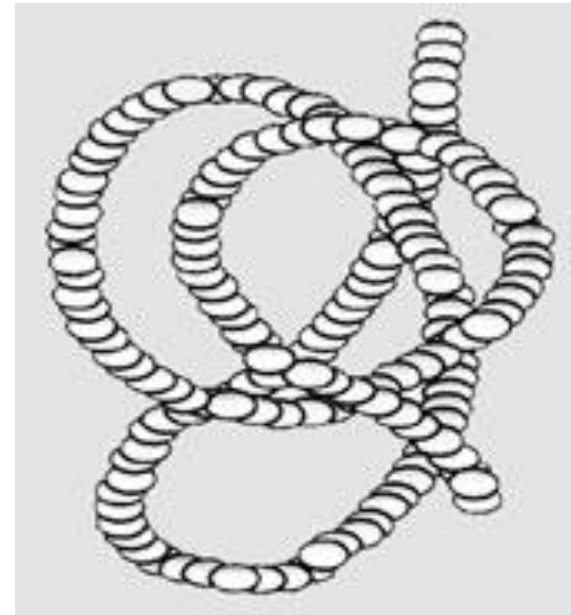
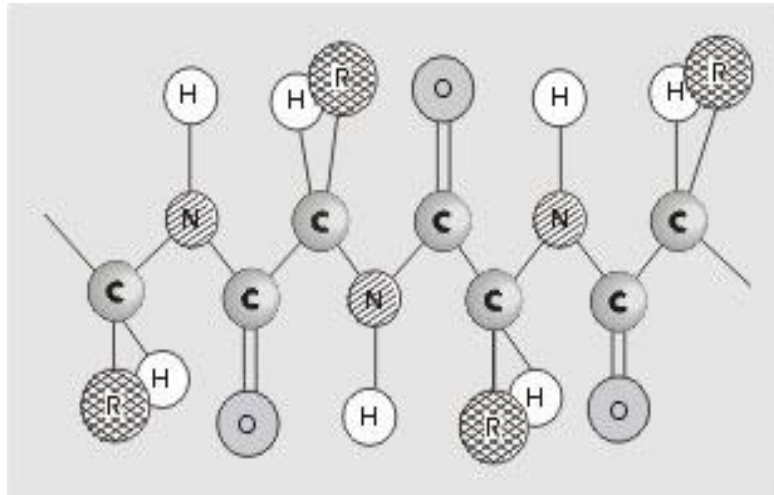
**НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ
ВЕЩЕСТВА,
ВКЛЮЧАЯ ВОДУ**

аминокислоты и белки

Образование белков. Пептидная связь. Первичная структура белка.

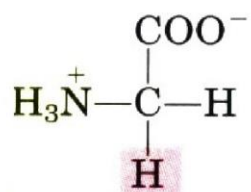


Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура белка

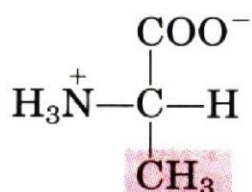


АМИНОКИСЛОТЫ

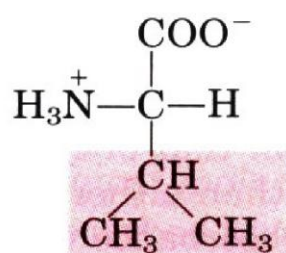
Неполярные алифатические R группы



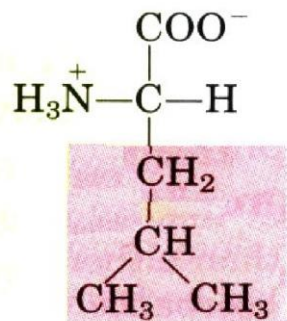
Glycine
Глицин



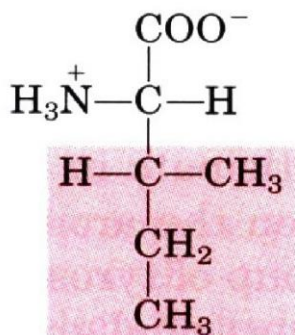
Alanine
Аланин



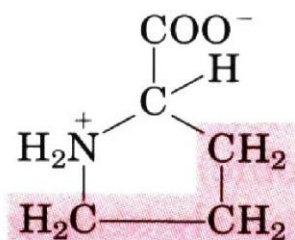
Valine
Валин



Leucine
Лейцин

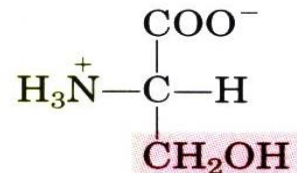


Isoleucine
Изолейцин

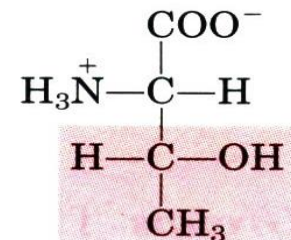


Proline
Пролин

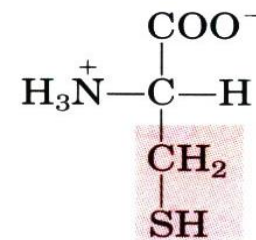
Полярные незаряженные R группы



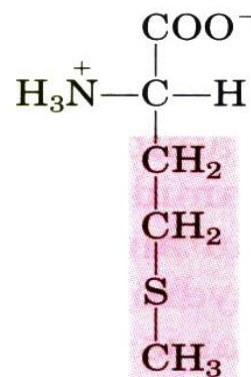
Serine
Серин



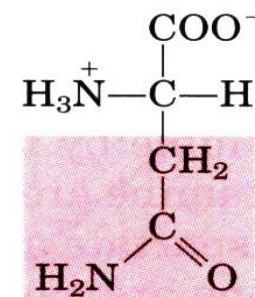
Threonine
Треонин



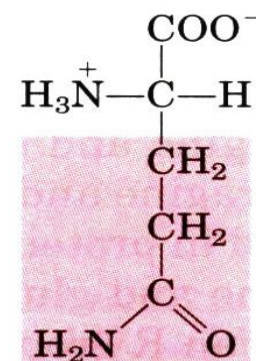
Cysteine
Цистеин



Methionine
Метионин



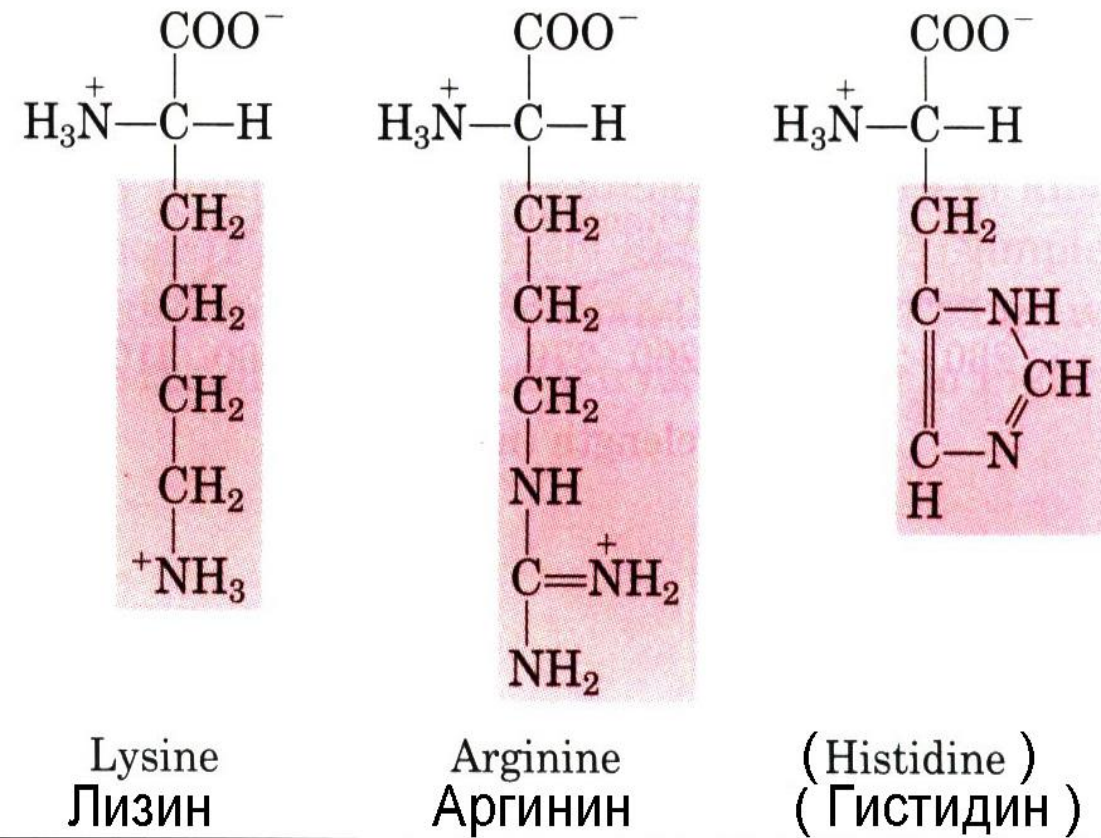
Asparagine
Аспарагин



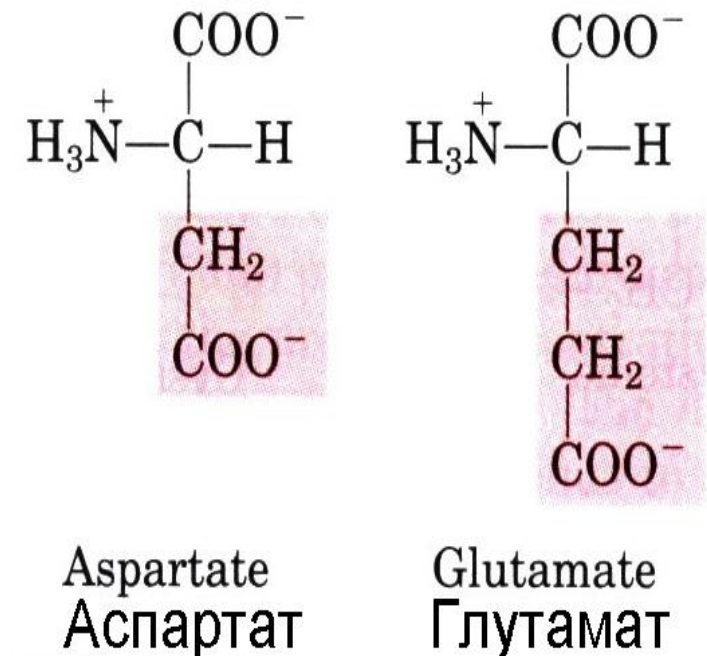
Glutamine
Глутамин

АМИНОКИСЛОТЫ

Положительно заряженные R группы

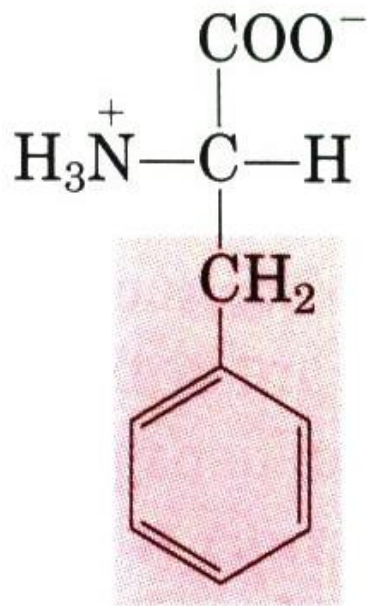


Отрицательно заряженные

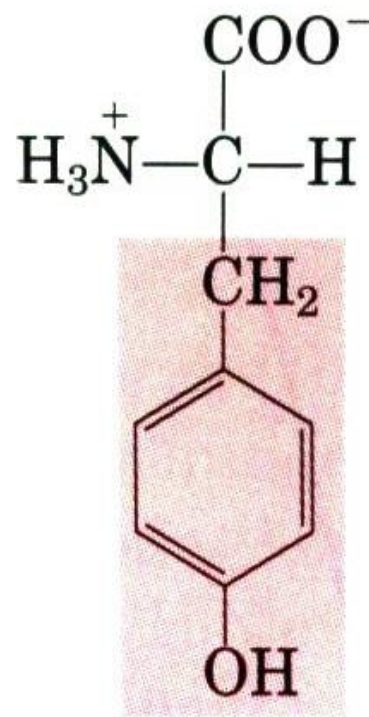


АМИНОКИСЛОТЫ

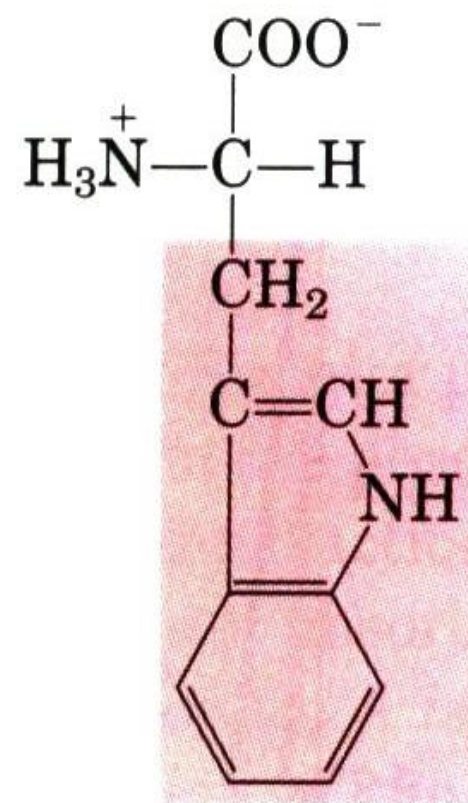
Ароматические R группы



Phenylalanine
Фенилаланин



Tyrosine
Тирозин

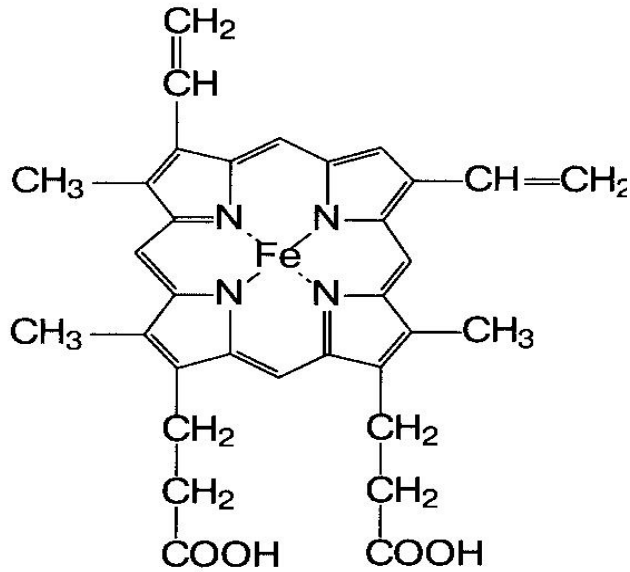


Tryptophan
Триптофан

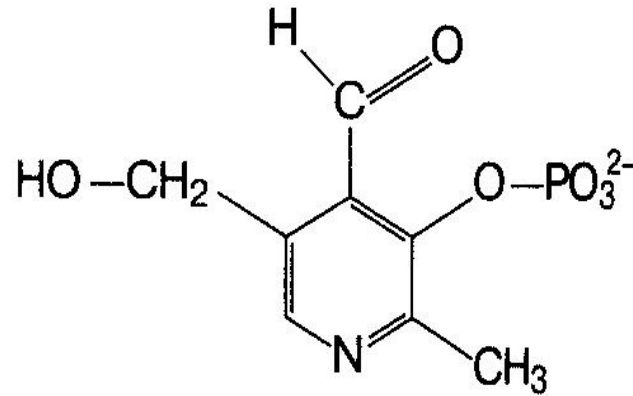
Белки : разнообразие в природе

Тип белка	Функции
Ферменты	Катализ
Ингибиторы	Регуляция
Транспортные белки	Транспорт
Антитела, иммуноглобулины	Иммунитет, узнавание
Интерфероны	Антивирусная защита
Рецепторы, гормоны	Узнавание, передача сигнала, регуляция
Актин, миозин	Мышечное сокращение
Структурные	Структура клеток тканей
Белки	Белки

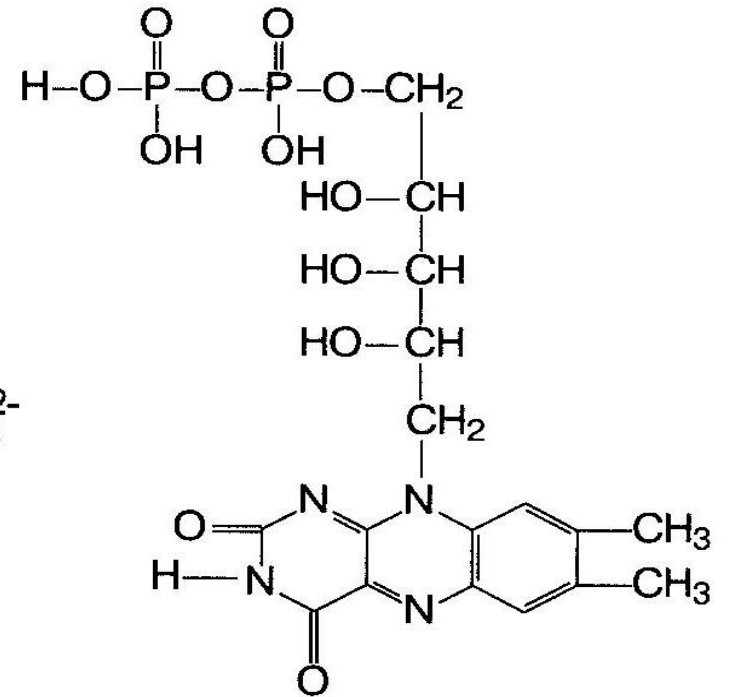
Кофакторы и коферменты



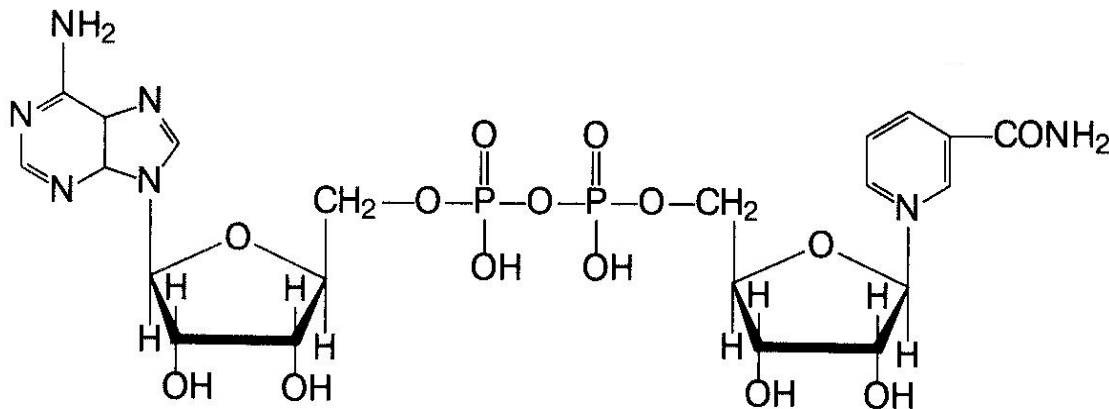
(Гем)



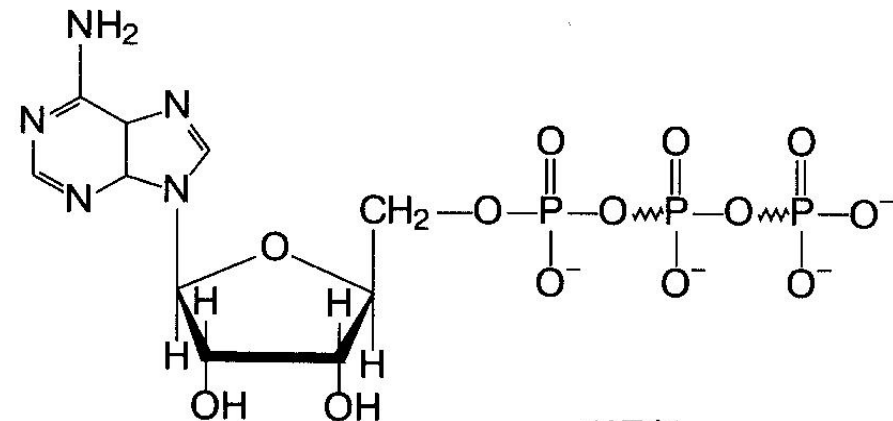
(Пиридоксальфосфат)



(ФМН) (Рибофлавинфосфат)



(НАД)



(АТФ)

углеводы

липиды

азотистые основания

и

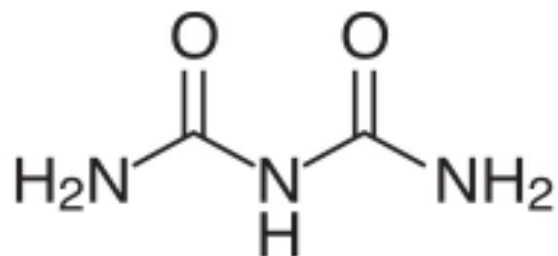
нуклеотиды

ТЕМА 2

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ

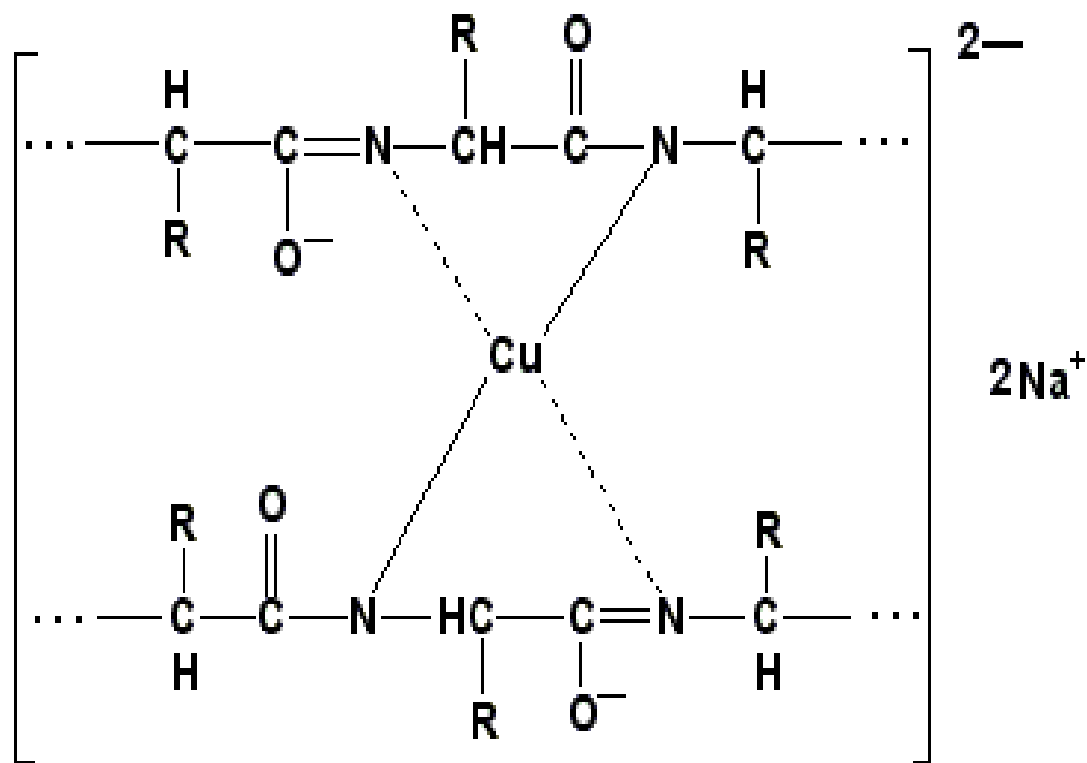
КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ

Биуретовый метод определения белка



Биурет образует с ионами меди $\text{Cu}(2+)$ в щелочной среде биуретовый комплекс

комплекс пептидных связей белка и ионов меди, аналогичный биуретовому комплексу



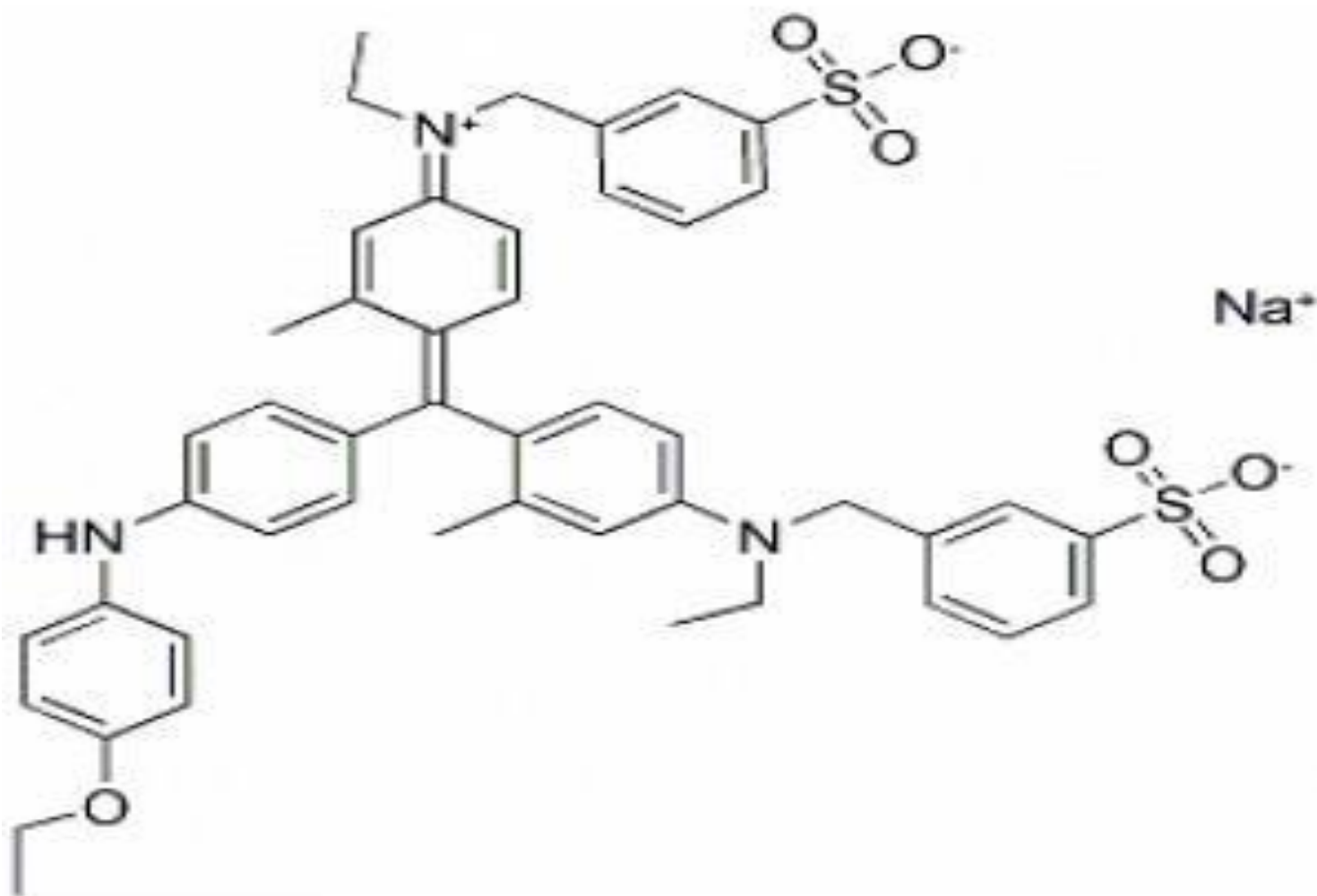
Реагент Бенедикта. (Модификация)

Растворяем 12,6 г лимонной кислоты в 30 мл воды. Растворяем 8,06 г гидроксида натрия (каустическая сода) в 30 мл воды. Смешиваем растворы, добавляя небольшими порциями первый раствор ко второму. Происходит разогрев при смешении. Растворяем в полученном горячем растворе 10 г карбоната натрия (стиральная сода, кальцинированная сода, Na_2CO_3). Добавляем 1,73 г сульфата меди, растворённого в 10 мл воды. Доводим объём раствора до 100 мл.

P.A. Levashov , D.S. Sutherland , F. Besenbacher, S. Shipovskov, A robust method of determination of high concentrations of peptides and proteins, Anal. Biochem. 2009. V. 395. P. 111–112

П.А.Левашов, Е.Д.Овчинникова, М.И.Афанасьева, Д.А.Фрид, А.А.Азьмуко, Ж.Д.Беспалова, И.Ю.Адамова, О.И.Афанасьева, С.Н.Покровский, Биоорг.химия, 2012, 38 (1): 58-63

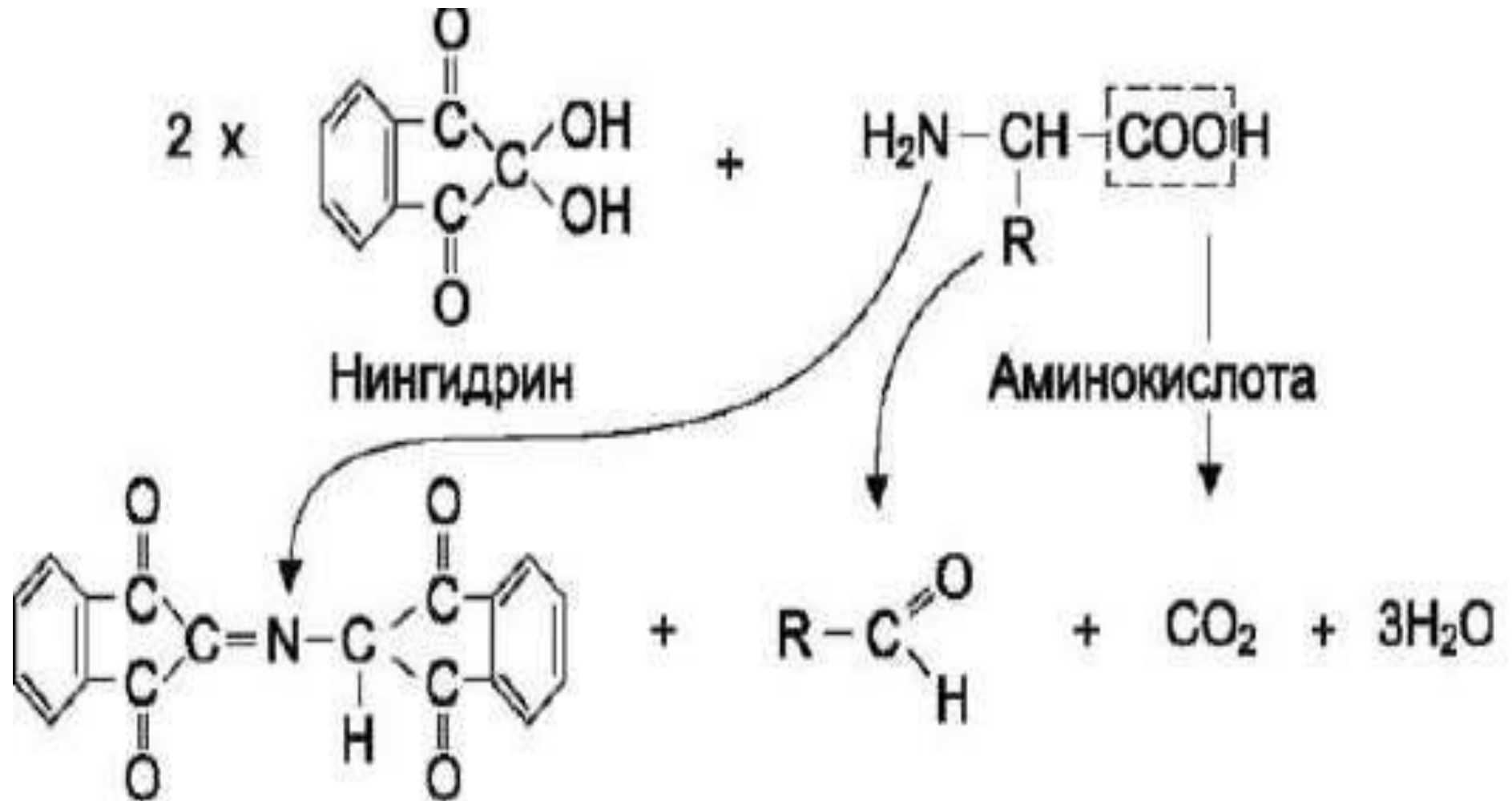
Краситель куммасы G250
используется в методе Брэдфорд –
прокрашивание молекул белка по поверхности



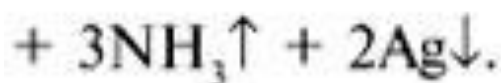
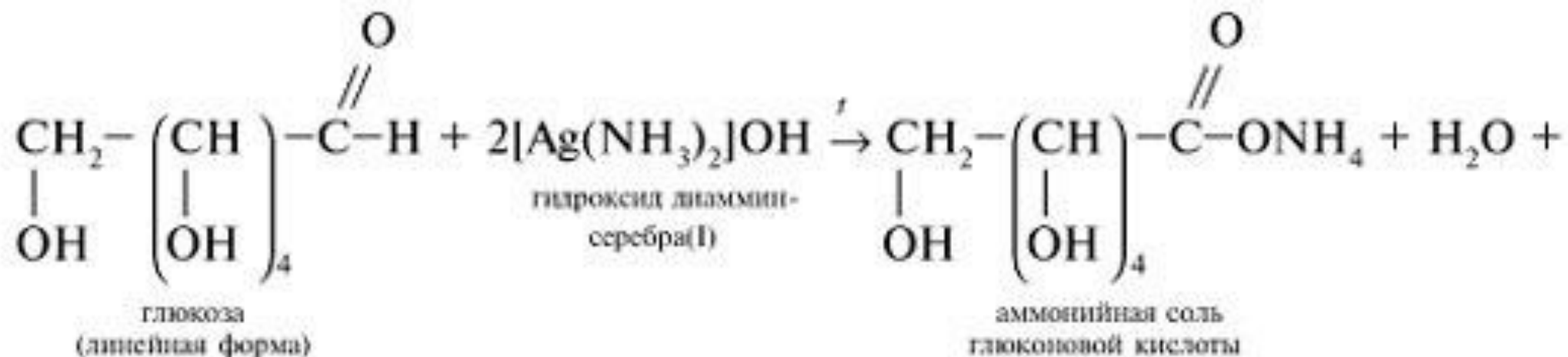
Окисление аминокислот:

реакция со спиртовым раствором нингидрина

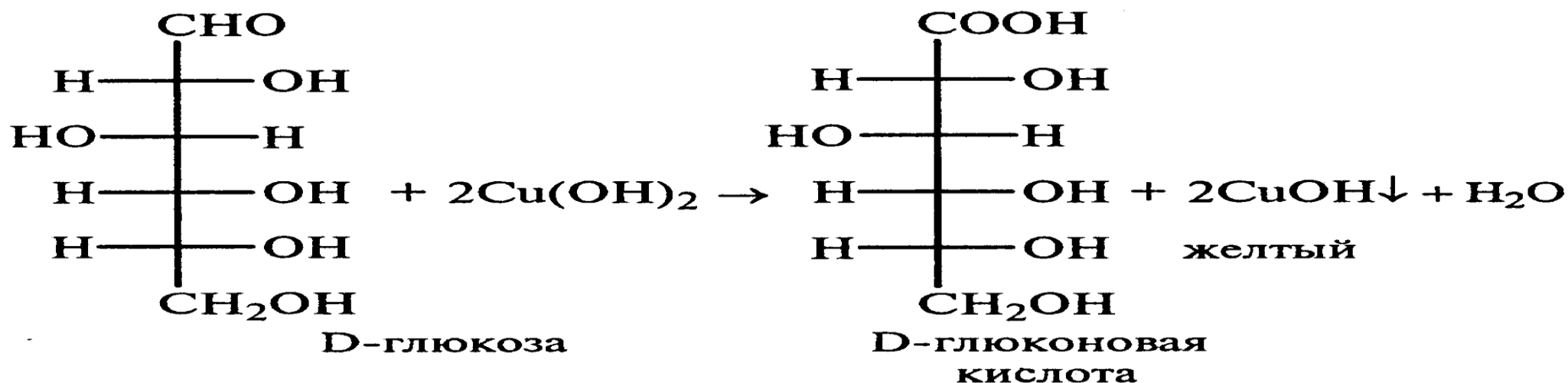
Возможна окраска разного цвета в зависимости от функциональной (боковой) группы аминокислоты



Реакции обнаружения глюкозы

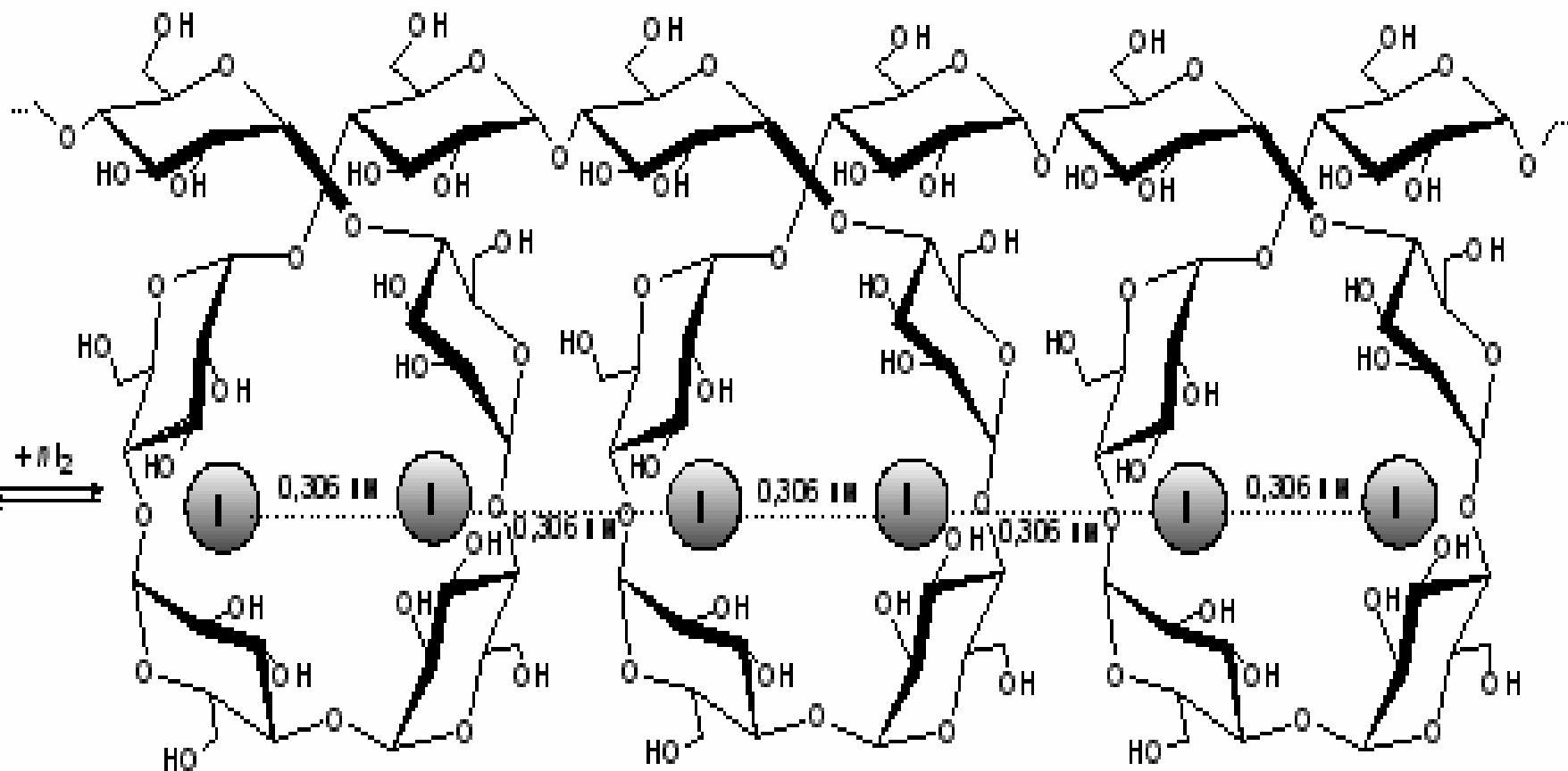


«серебряное зеркало»

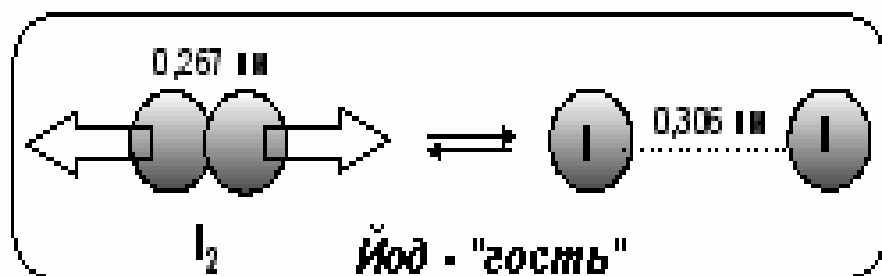


Реакция обнаружения крахмала

Амилоза - молекула - "хозяин"



Амилоза
крахмала



ТЕМА 3

ФЕРМЕНТЫ

**РОЛЬ В БЫТУ И НАРОДНОМ
ХОЗЯЙСТВЕ**

Основные понятия

Катализаторами называются вещества, которые способны ускорять химические реакции, но сами не расходуются в результате реакции.

Катализатор не способен влиять на положение равновесия, он одинаково хорошо ускоряет как прямую, так и обратную реакции.

Благодаря катализатору равновесие устанавливается быстрее.

Ферменты или энзимы- катализаторы, ускоряющие химические реакции в живых системах.

Фермент от латинского слова *fermentum* -закваска

Энзим от греческого *εν ζύμη* - в дрожжах

Это как правило белковые молекулы или иногда молекулы РНК (рибозимы) или их комплексы.

Сравнительная эффективность катализа

На примере разложения H_2O_2

Fe^{2+}
минуты

1 молекула за 3

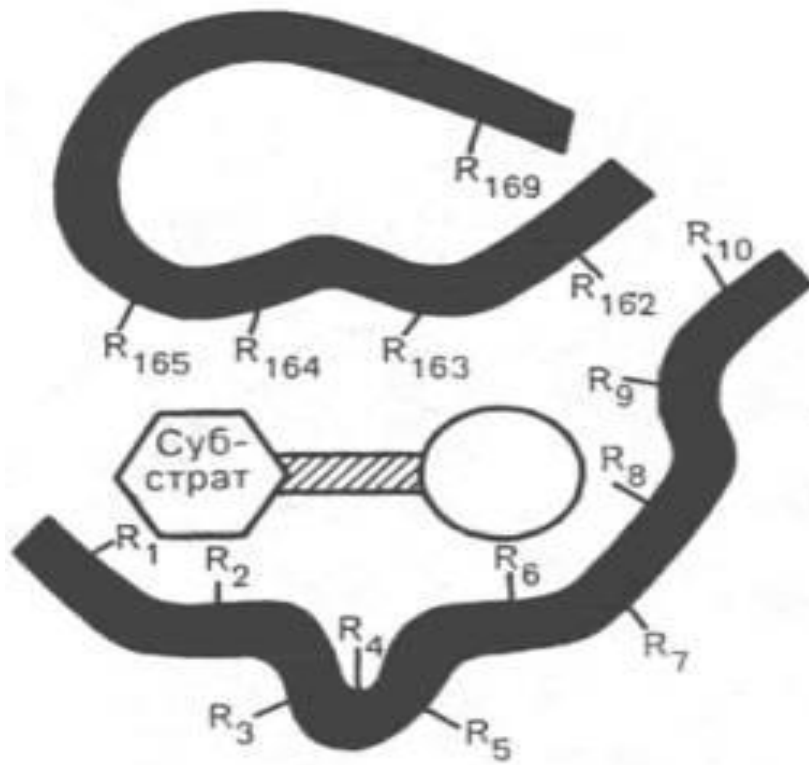
Комплекс
 Fe^{2+} -гем

5 молекул в минуту

Каталаза
минуту

5 000 000 молекул в

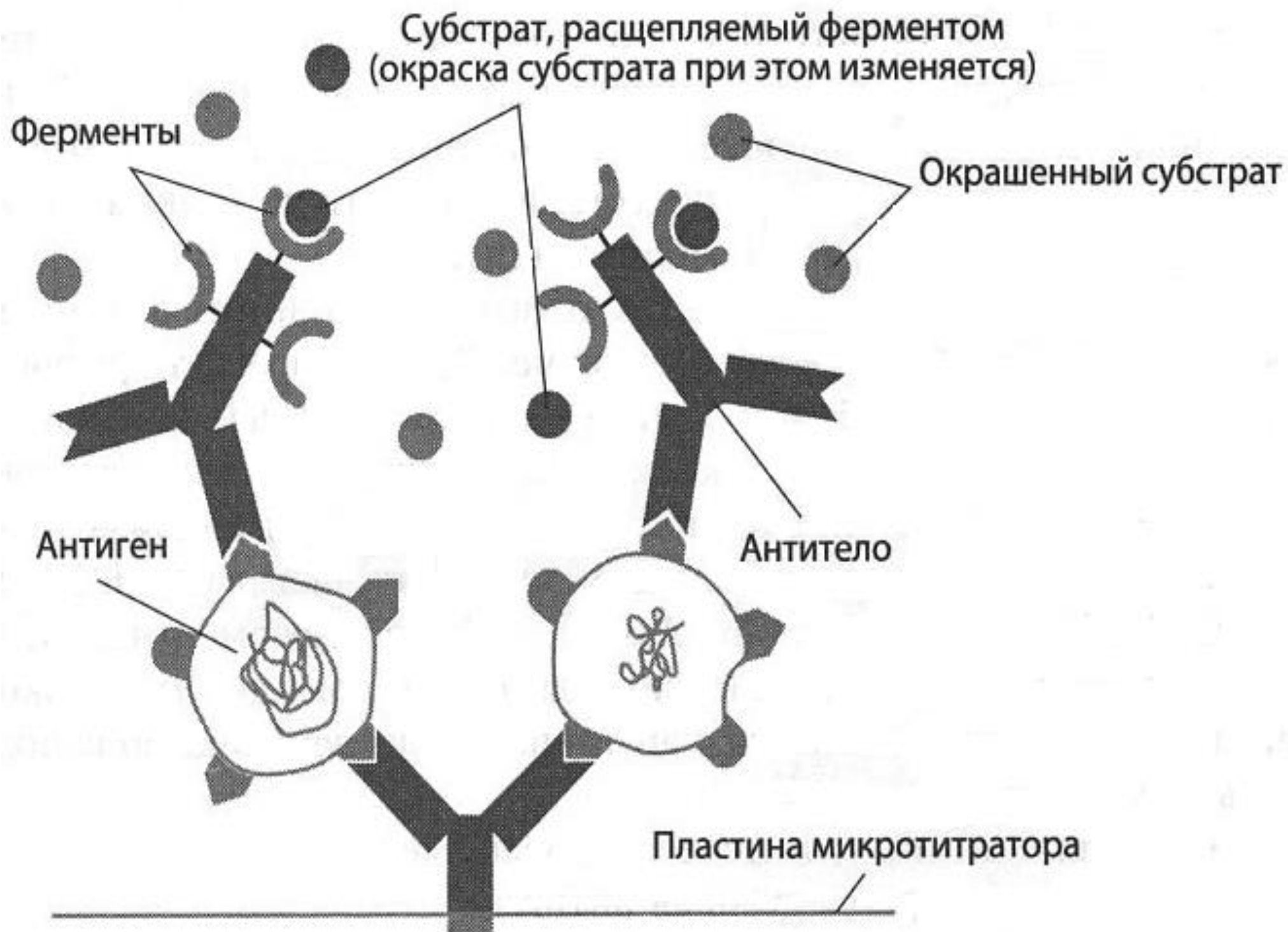
Активный центр фермента



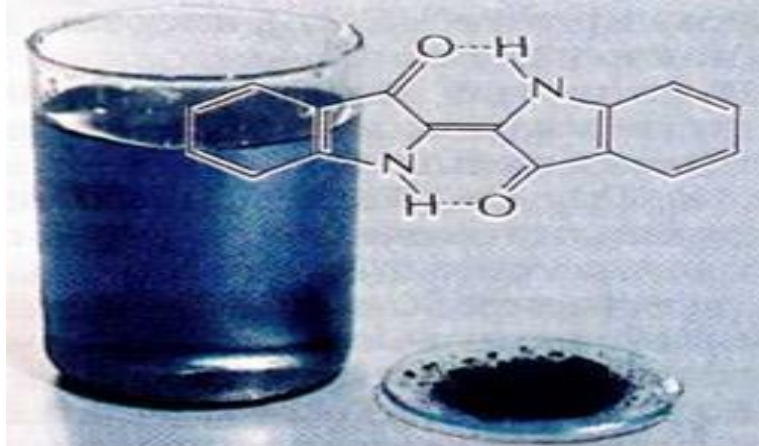
Наиболее распространённые прикладные области применения знаний о ферментах и самих ферментов

- Выяснение молекулярных причин различных заболеваний и разработка новых лекарств
- Промышленный синтез лекарственных средств
- Медицинская диагностика
- Моющие и дезинфицирующие средства
- Переработка сырья в пищевой промышленности
- Переработка токсичных отходов

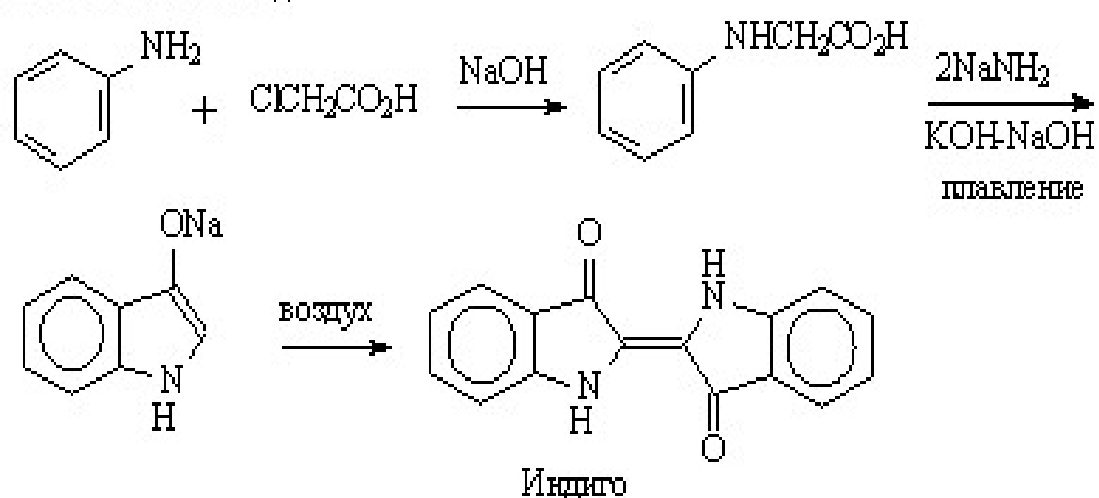




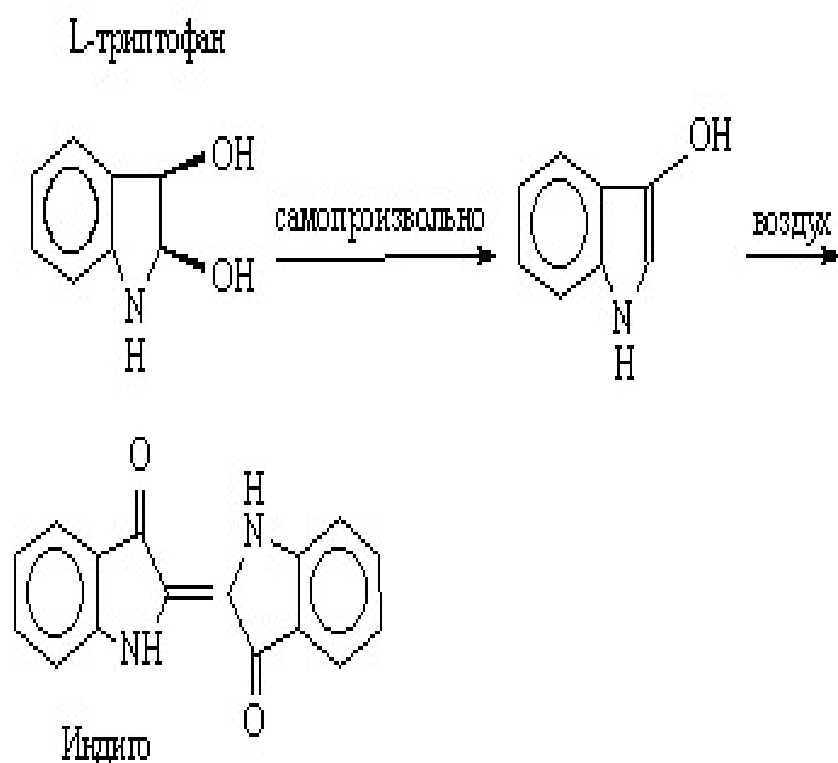
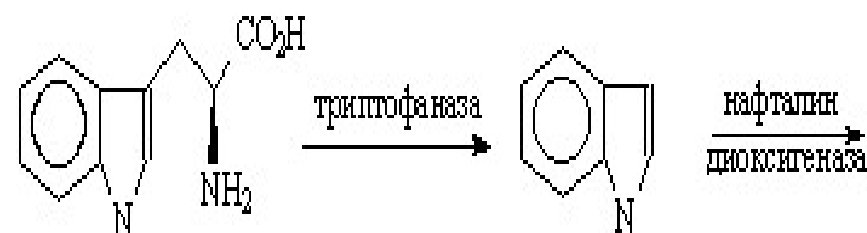
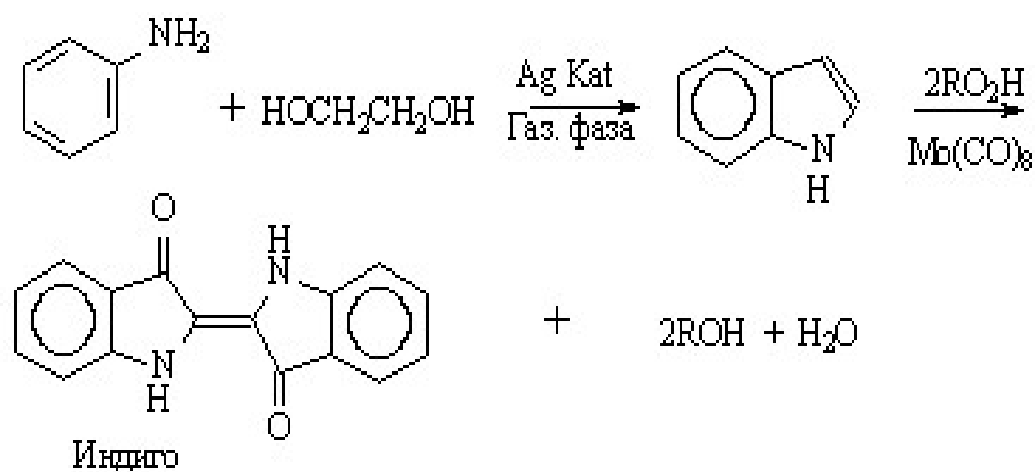




Классический метод



Каталитический метод





ТЕМА 4

Хроматография В биохимии

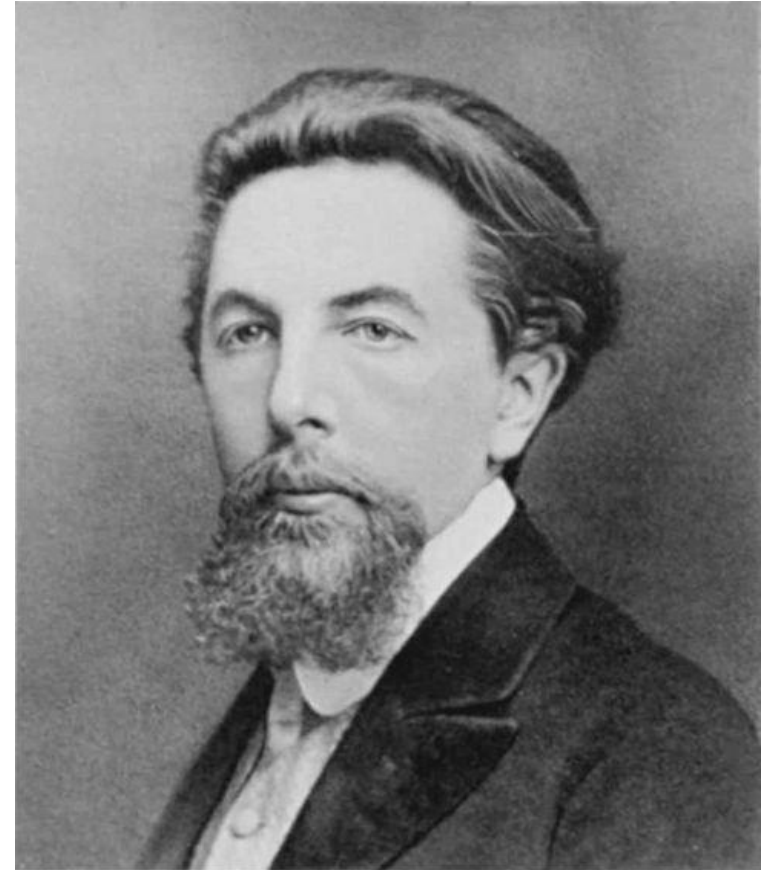
ЗАДАЧА
РАЗДЕЛЕНИЯ
СЛОЖНЫХ
НЕСТАБИЛЬНЫХ
МОЛЕКУЛ
ИЗ
ЖИВЫХ ОБЪЕКТОВ

Хроматография

Цвет Михаил Семенович
(1872-1919)

темы магистерской и докторской
диссертаций:

- «Физико-химическое строение хлорофилльного зерна»
- «Хлорофиллы в растительном и животном мире»



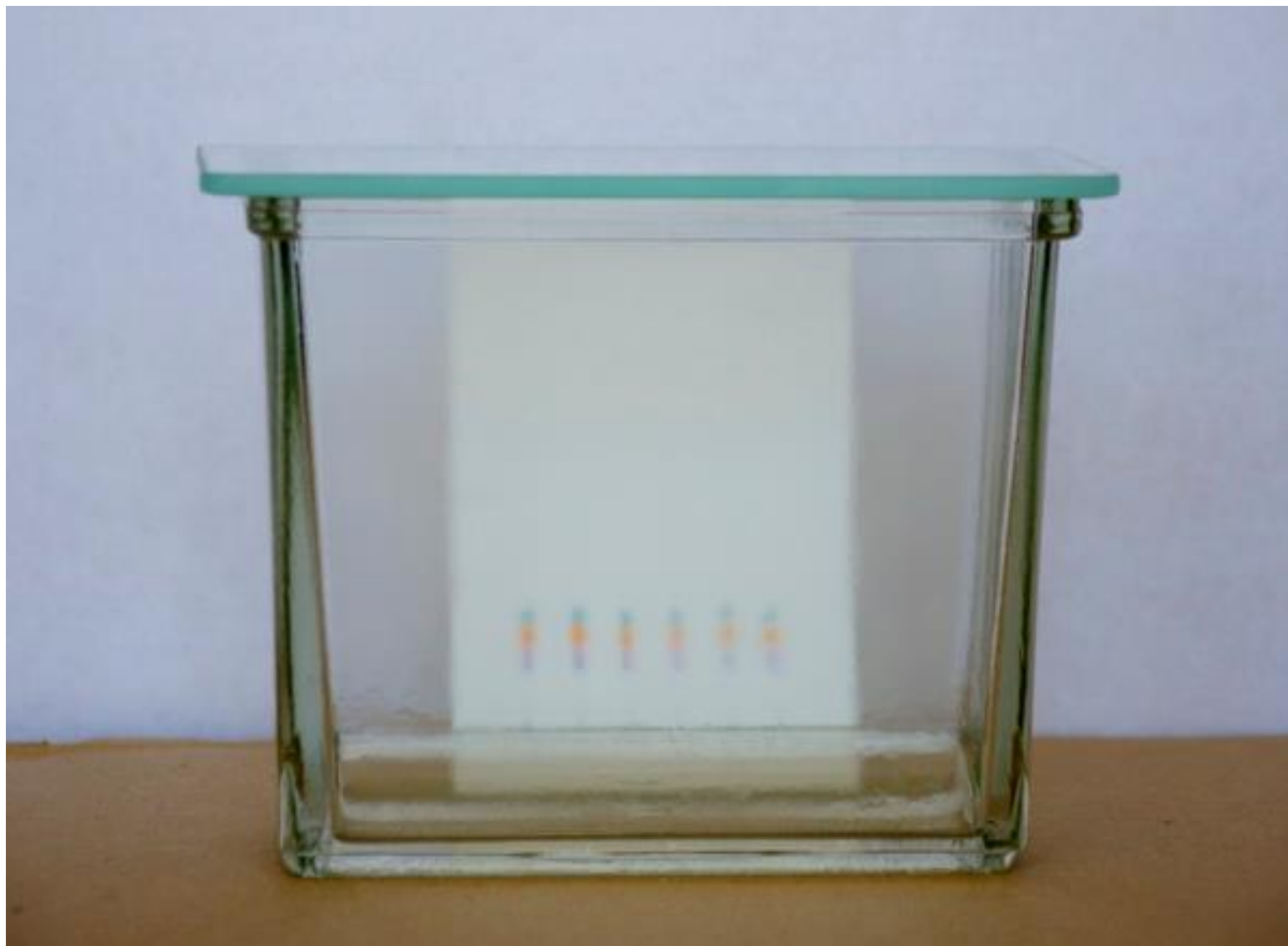
«хроматос» — цвет, окраска

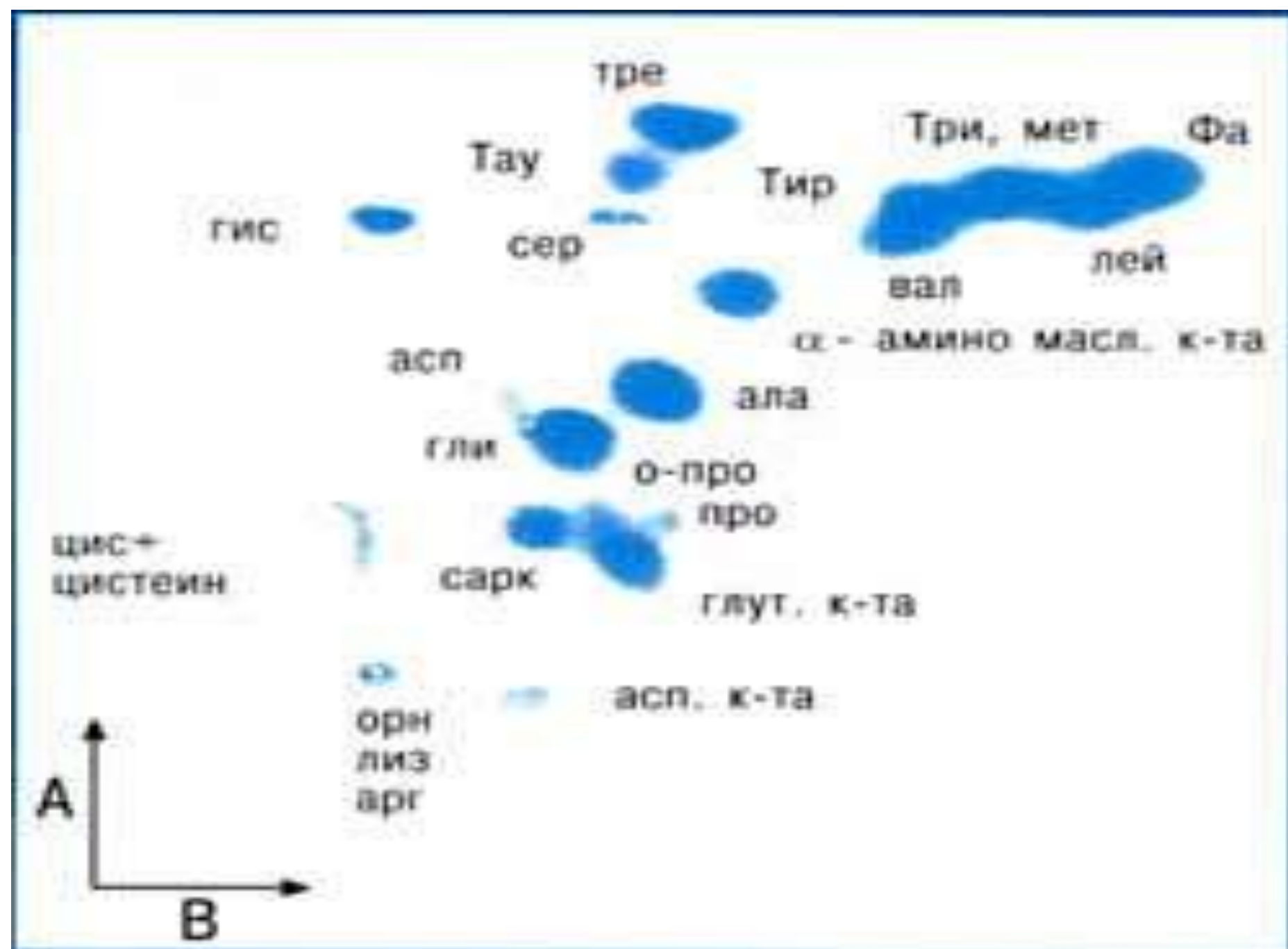
«графия» — запись.

БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ ХРОМАТОГРАФИИ

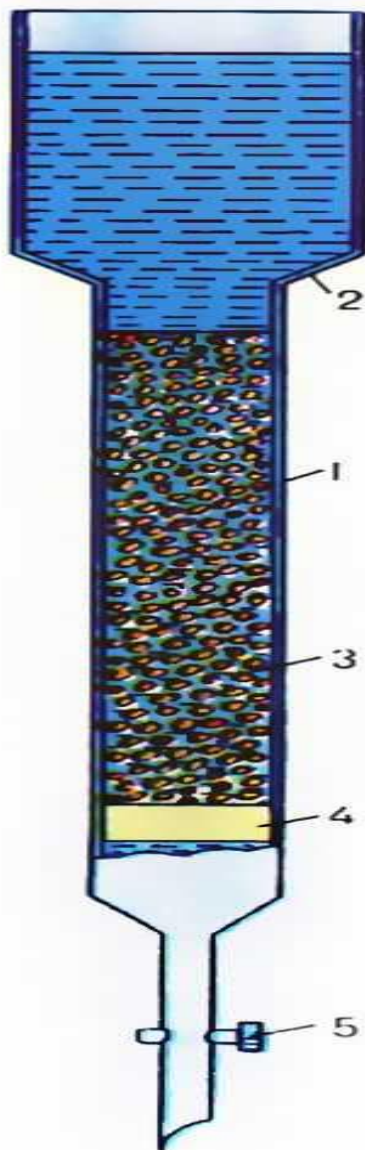
- Неподвижная фаза
 - Подвижная фаза
- Коэффициент удержания

тонкослойная хроматография

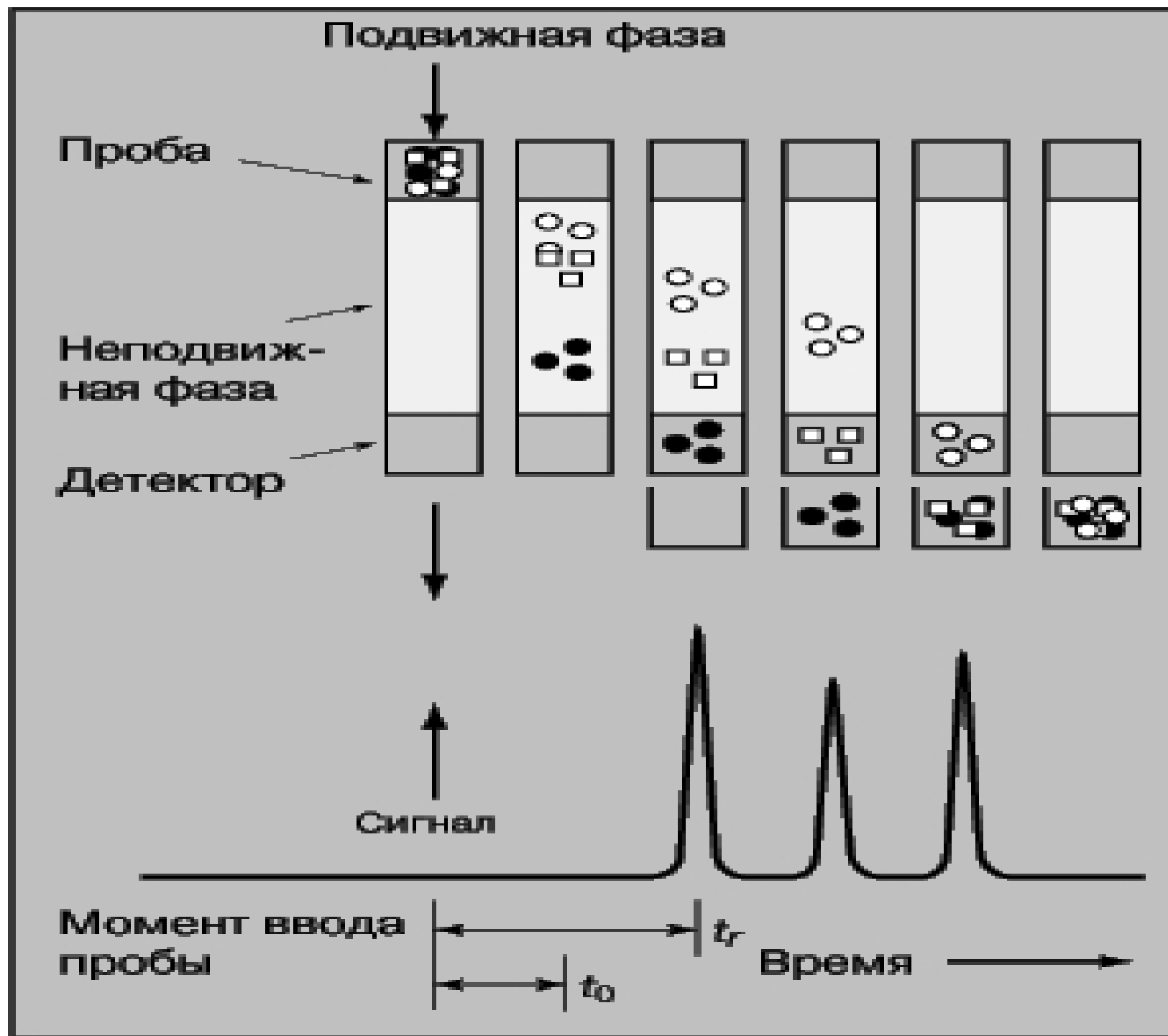




Колоночная хроматография



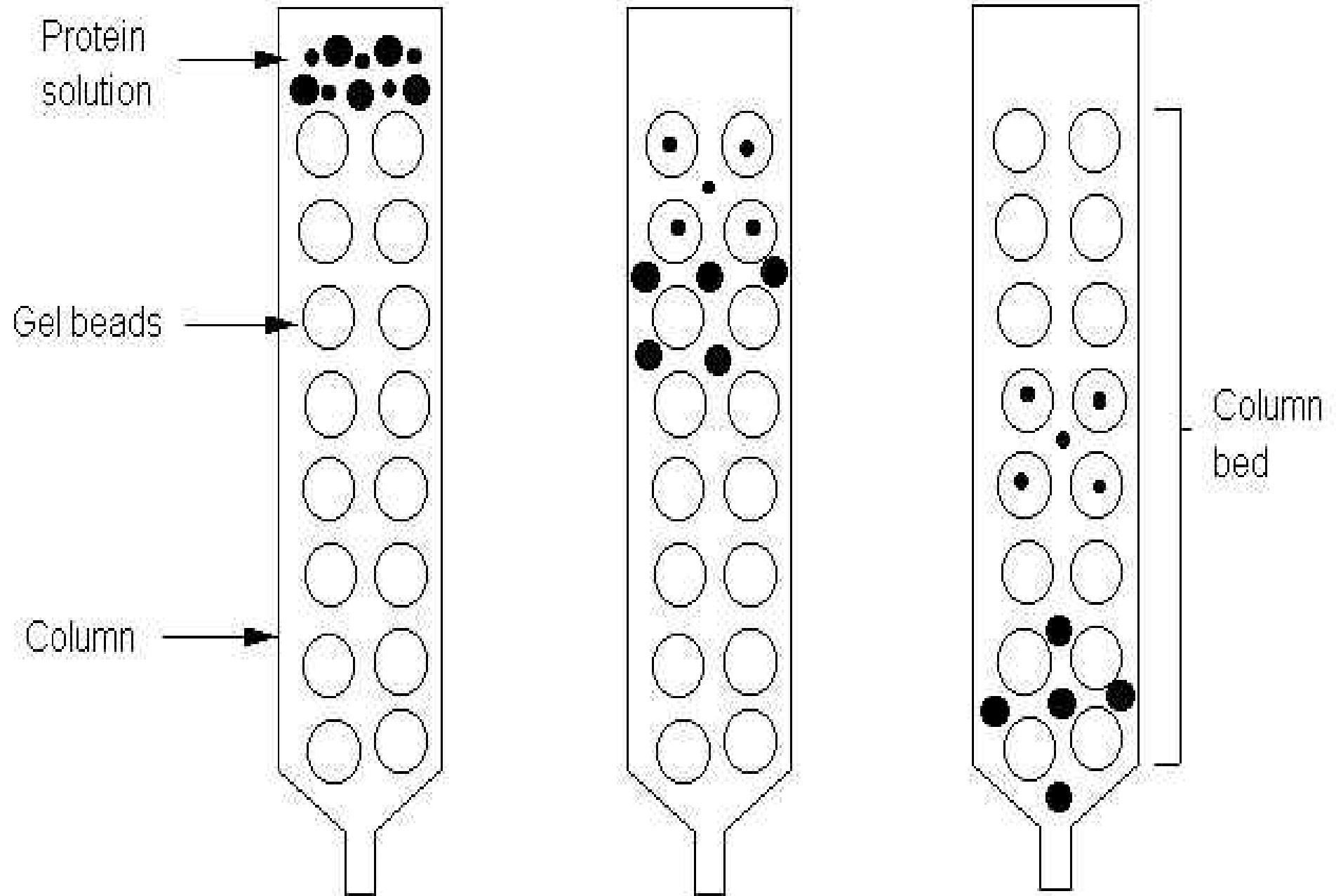




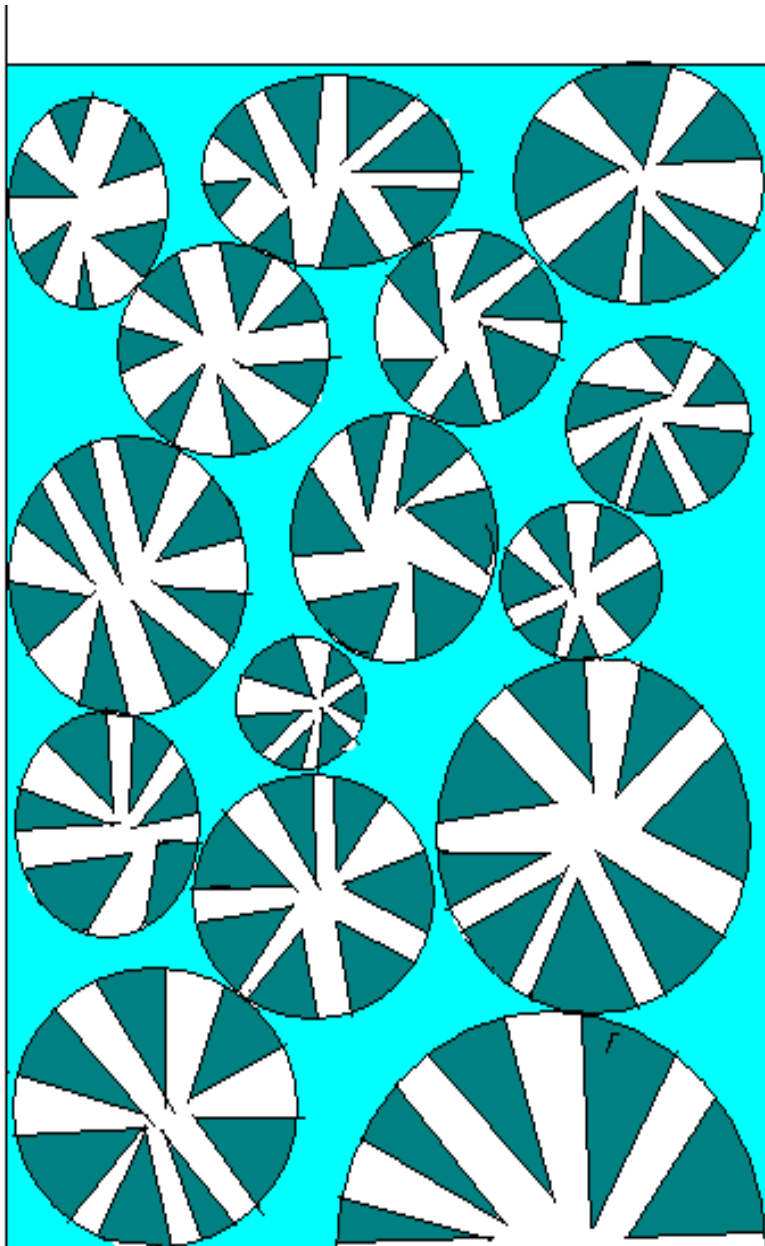
Наиболее популярные виды жидкостой хроматографии биополимеров

- Гельпроникающая хроматография
- Ионообменная хроматография
- Аффинная хроматография
- Гидрофобная (реже)
- Адсорбционная (иногда данный термин используется весьма условно для сорбентов действующих аналогично ионообменным)

Гельпроникающая хроматография



Расчёт K_{av}



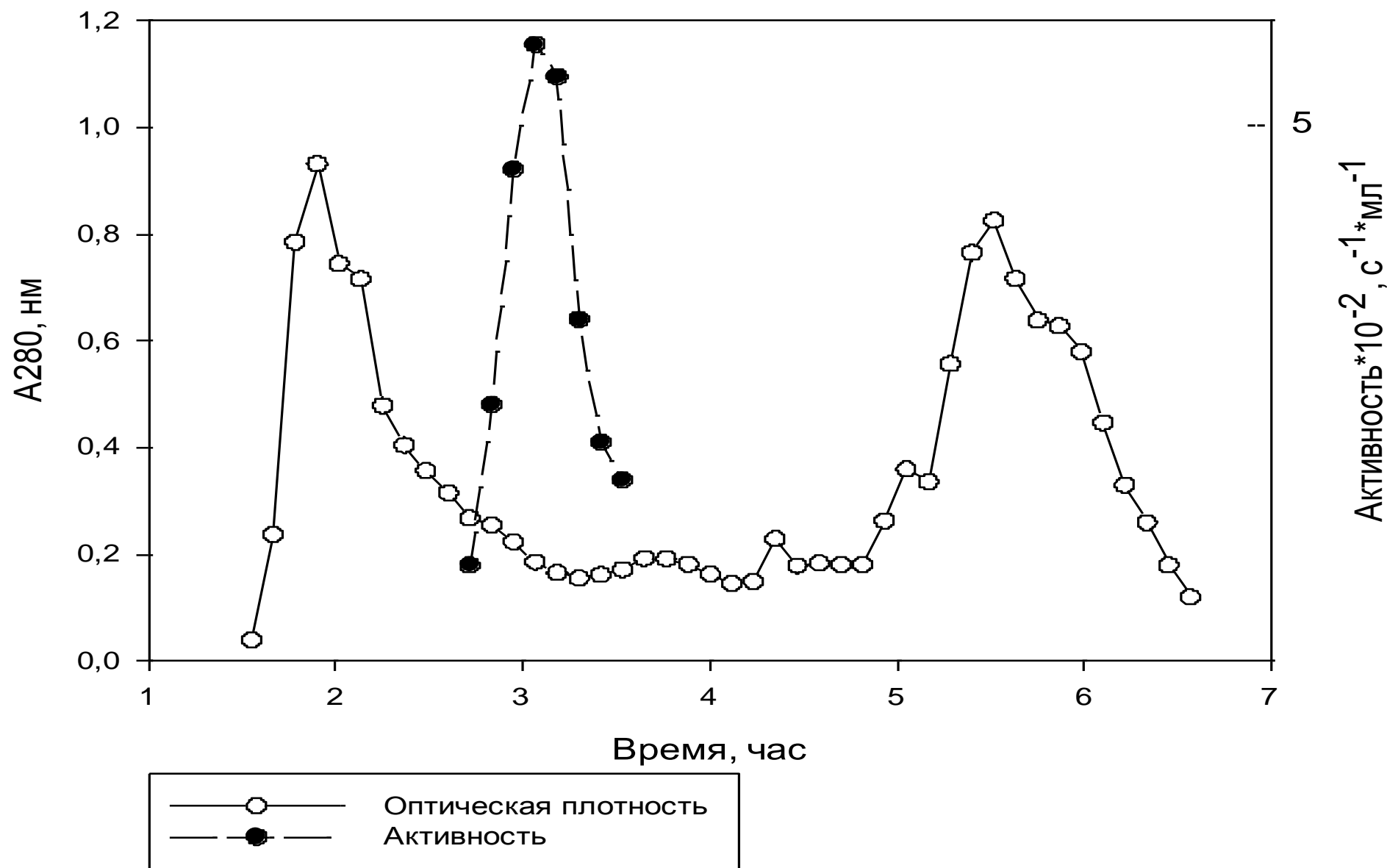
V_c общий объём колонки

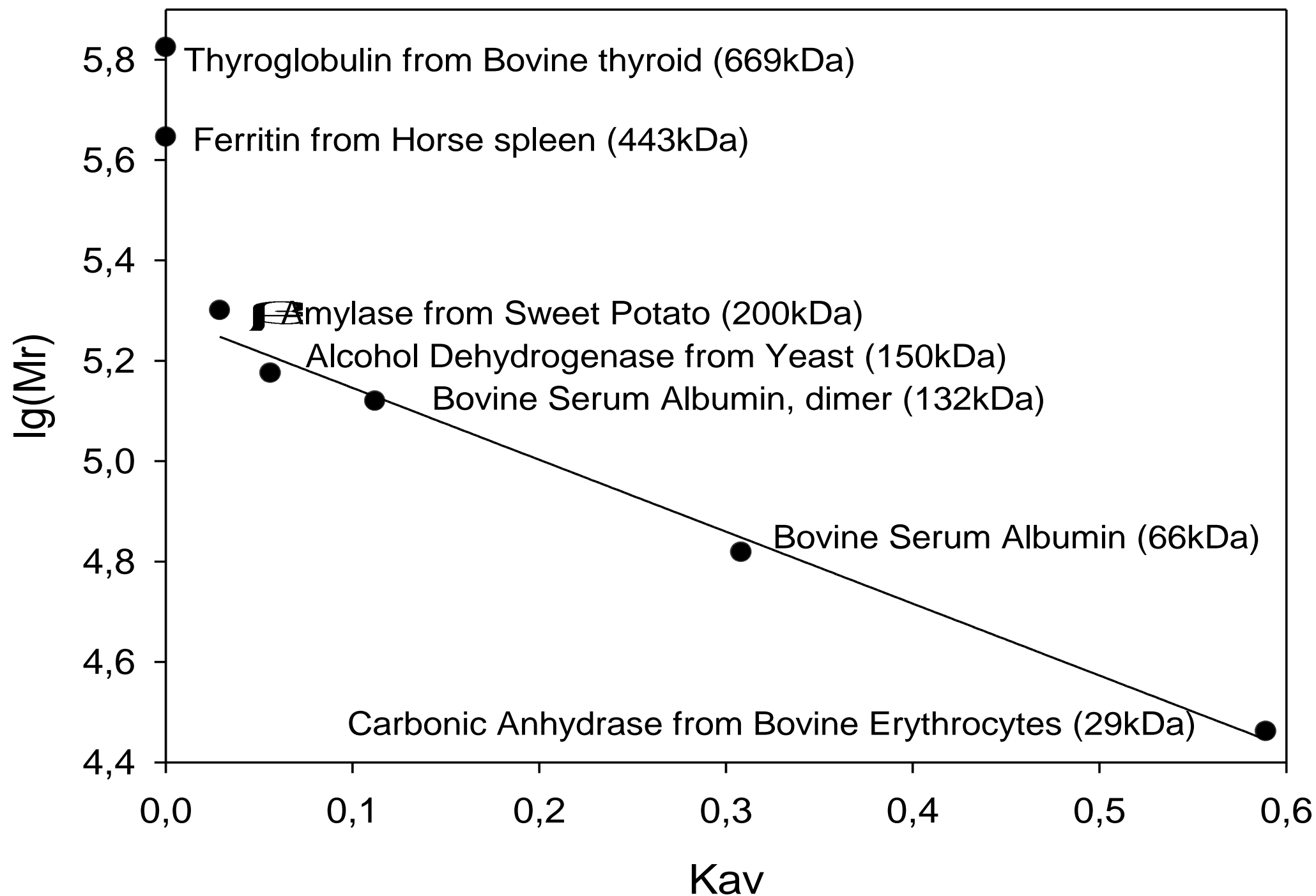
V_o объём элюции
вещества, которое **не**
проникает в гранулы
(мёртвый объём, бирюзовый
цвет на схеме)

V_i объём элюции
исследуемого вещества
(бирюзовый и зелёный
цвета на схеме)

$$K_{av} = (V_i - V_o) / (V_c - V_o)$$

Пример хроматографического профиля





ТЕМА 5
КИНЕТИКА ФЕРМЕНТАТИВНЫХ РЕАКЦИЙ
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

ТЕМА 6
ИНГИБИРОВАНИЕ
ТЕОРИЯ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

ТЕМА 6
pH в БИОХИМИИ

ТЕМА 7
ГИДРОФОБНОСТЬ

Дополнительная литература для расширения кругозора школьников

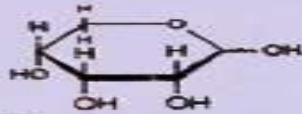
1. Чернов Н.Н., Ферменты в клетке и пробирке, Соросовский образовательный журнал, 1996, 5, 28-34
2. Реннеберг Р., Реннеберг И. От пекарни до биофабрики, М., Мир, 1991
3. Реннеберг Р., Эликсиры жизни: Новейшие результаты в области исследования ферментов, М., Мир, 1987
4. Реннеберг Р., Кошкин клон и другие биотехнологические истории, М., Техносфера, 2009
5. Азимов А., Краткая история биологии. От алхимии до генетики, М, Центрполиграф, 2002

БЛАГОДАРЮ
ЗА
ВНИМАНИЕ!

p.a.levashov@mail.ru

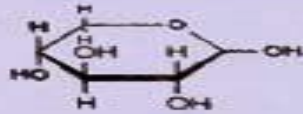
① Альдозы

D-рибоза (Rib)

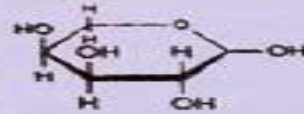


Пентозы

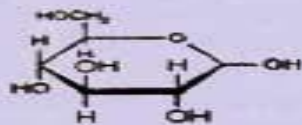
D-ксилоза (Xyl)



L-арабиноза (Ara)

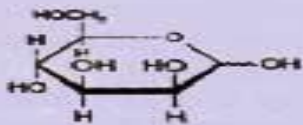


D-глюкоза (Glc)

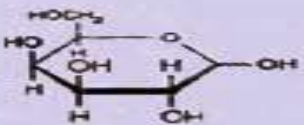


Гексозы

D-манноза (Man)

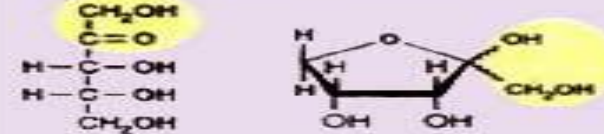


D-галактоза (Gal)

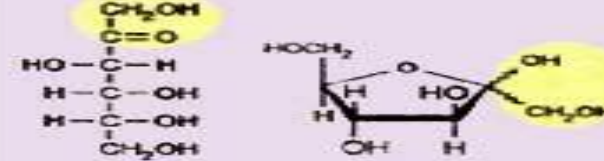


② Кетозы

D-рибулоза (Rub)

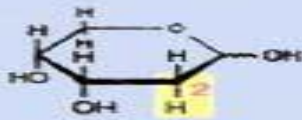


D-фруктоза (Fru)

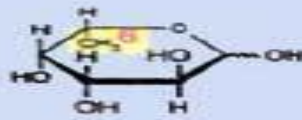


③ Дезоксиальдозы

2-дезокси-D-рибоза (dRib)

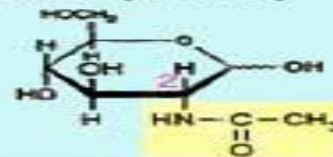


L-фукоза (Fuc)

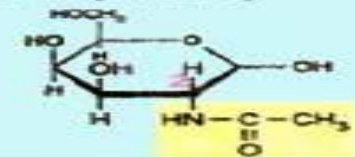


④ Ацетилированные аминосахара

N-ацетил-D-глюкозамин (GlcNAc)

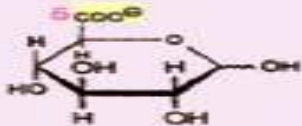


N-ацетил-D-галактозамин (GalNAc)

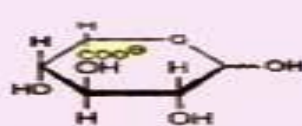


⑤ Кислые моносахариды

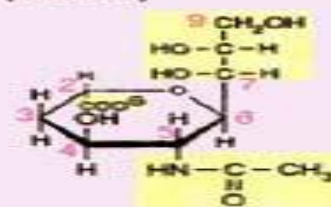
D-глюкуроновая кислота (GlcUA)



L-идурановая кислота (IduUA)

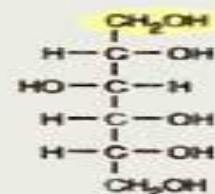


N-ацетилнейраминная кислота (NeuAc)

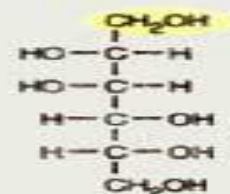


⑥ Сахароспирты

D-сорбит



D-маннит



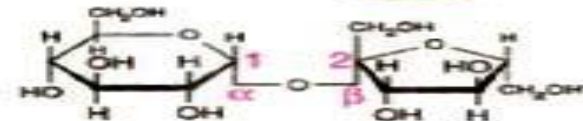
А. Важнейшие представители моносахаридов



1. Мальтоза, α-D-глюкопиранозил-(1→4)-D-глюкопиранозид



2. Лактоза, β-D-галактопиранозил-(1→4)-D-глюкопиранозид

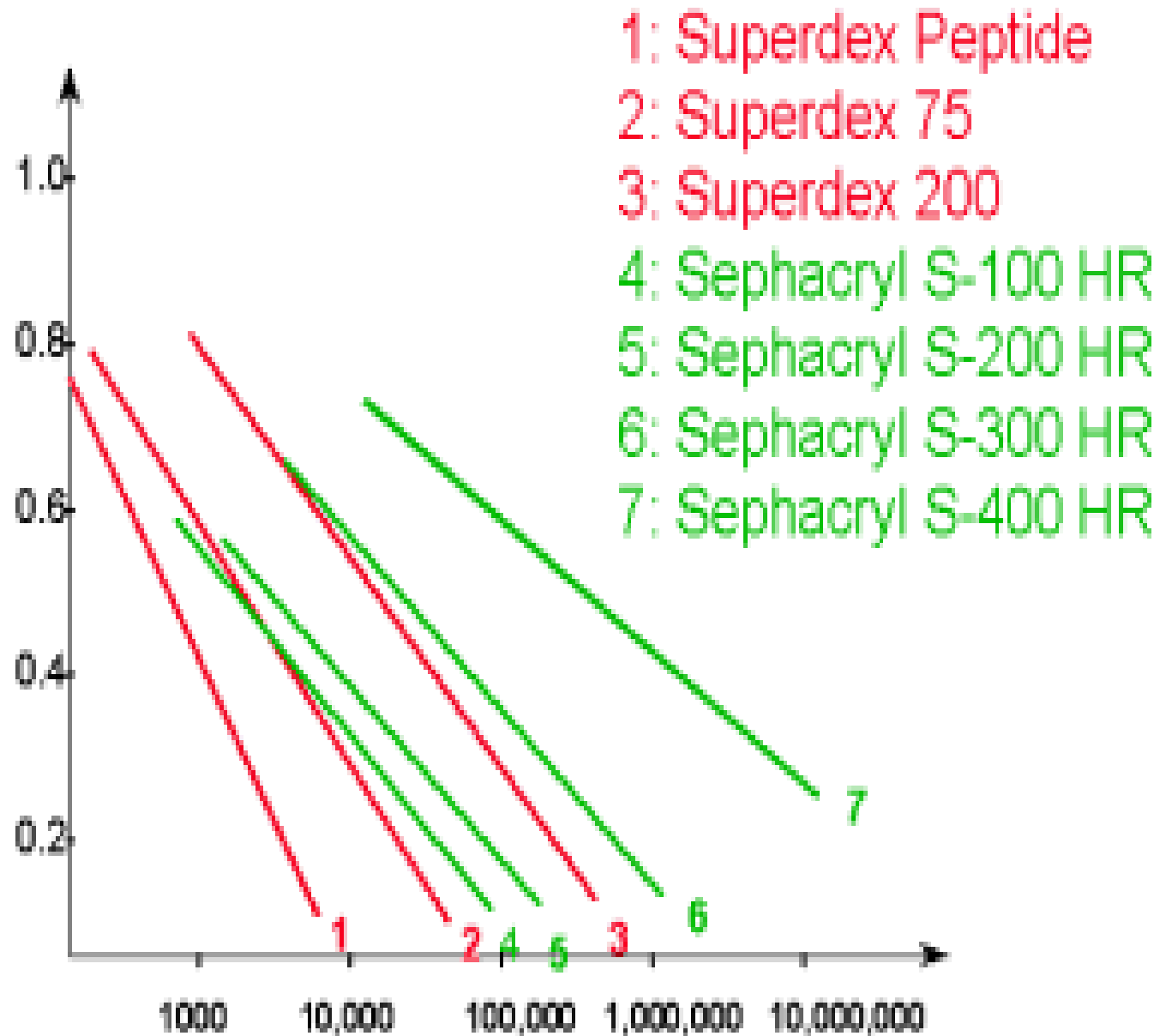


3. Сахароза, α-D-глюкопиранозил-(1↔2)-β-D-фруктопиранозид

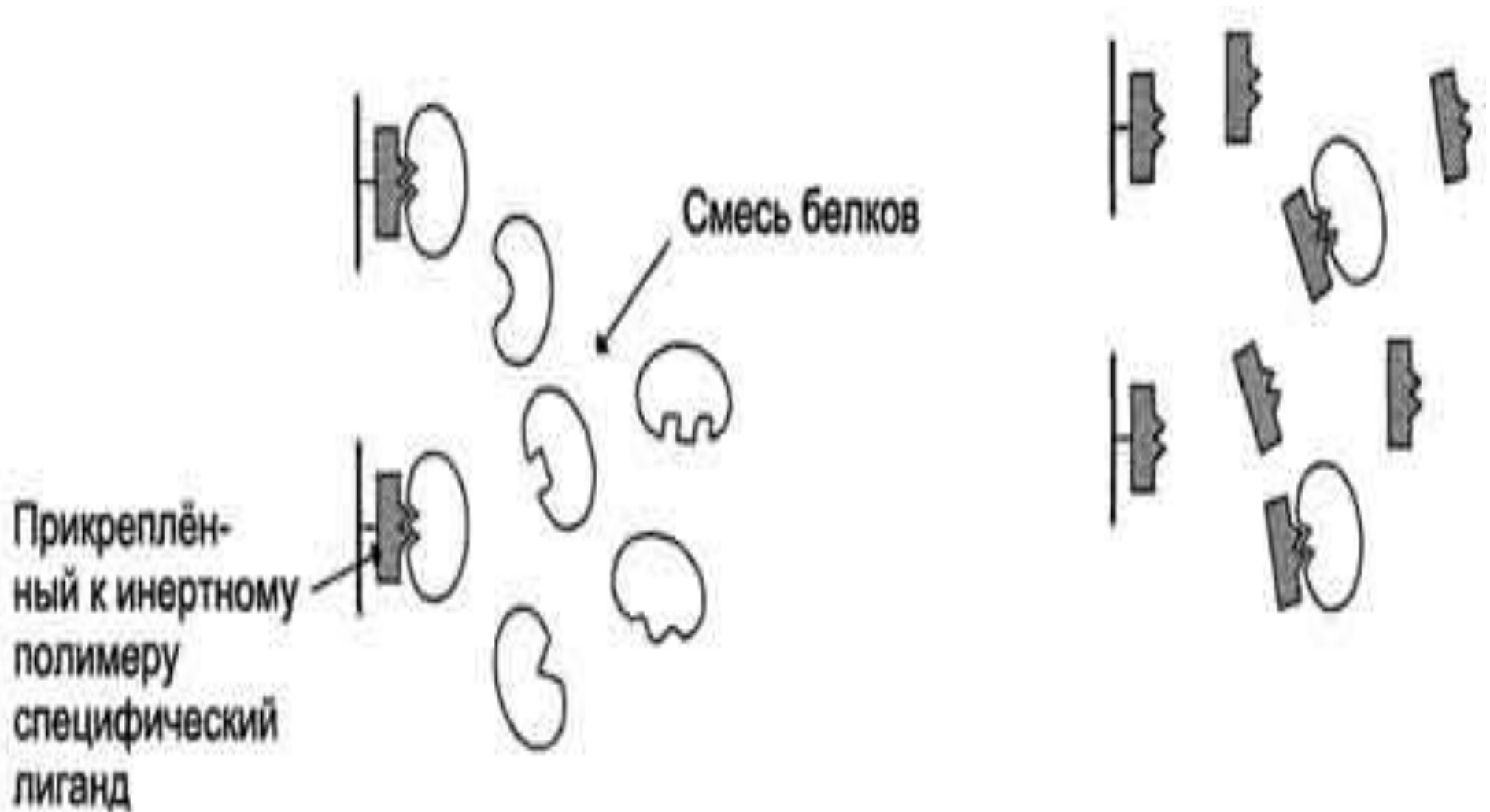
Б. Дисахариды

Определение молекулярной массы с помощью гельфильтрации.

$$K_{av} = (V_i - V_o) / (V_c - V_o)$$



Аффинная хроматография

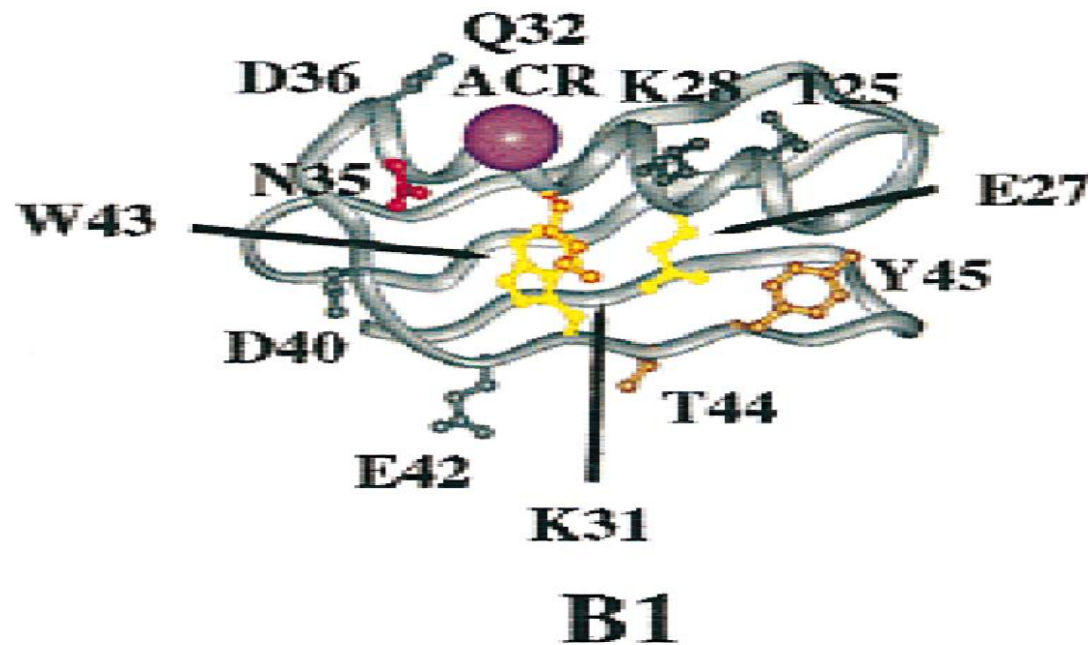


Наиболее частые варианты элюции в аффинной хроматографии

- Элюция лигандом. (Например субстратом или ингибитором)
- Элюция кислым или щелочным раствором pH приводит часто к конформационным изменениям в белках и диссоциации. Пример хроматография для иммуноглобулинов/антител.
- Элюция детергентами

Примеры афинной хроматографии

IgG связывающий участок белка G из *Streptococcus*



Sloan, D.J., Hellinga, H.W. // Protein Sci. 1999. V.8(8): P.1643–1648.

Иммуноглобулины

IgG



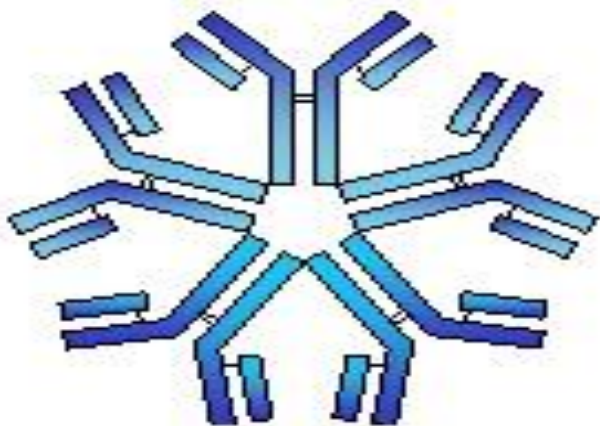
IgE



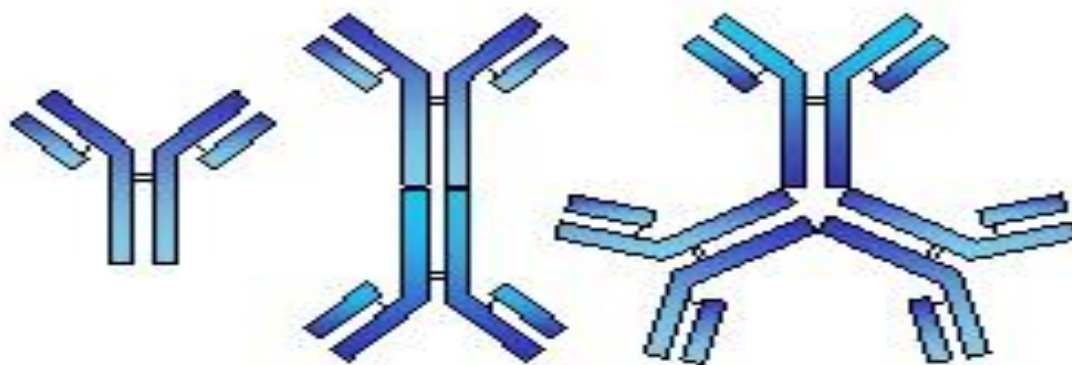
IgD



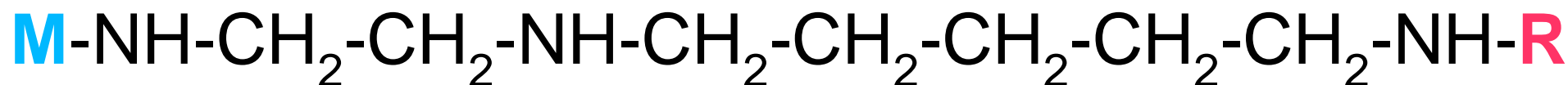
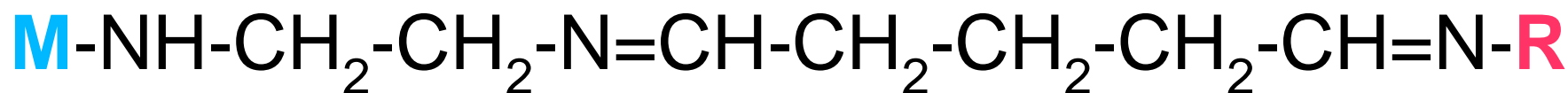
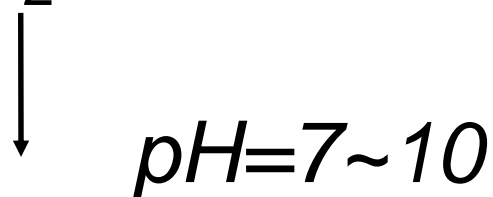
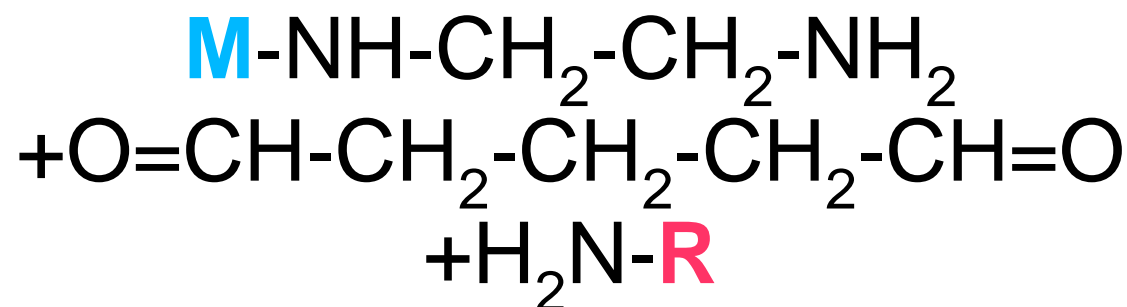
IgM



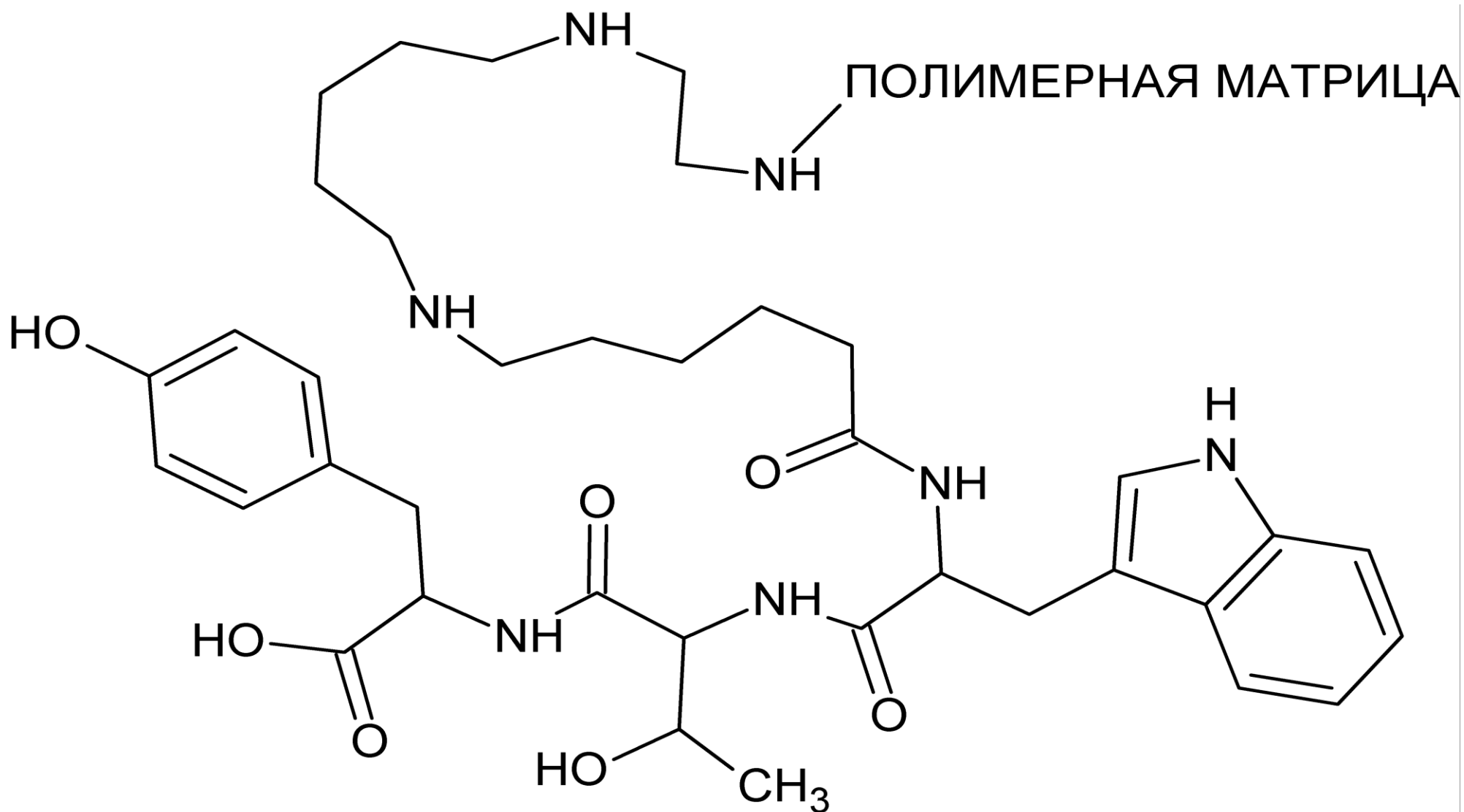
IgA



Пример схемы иммобилизации лиганда

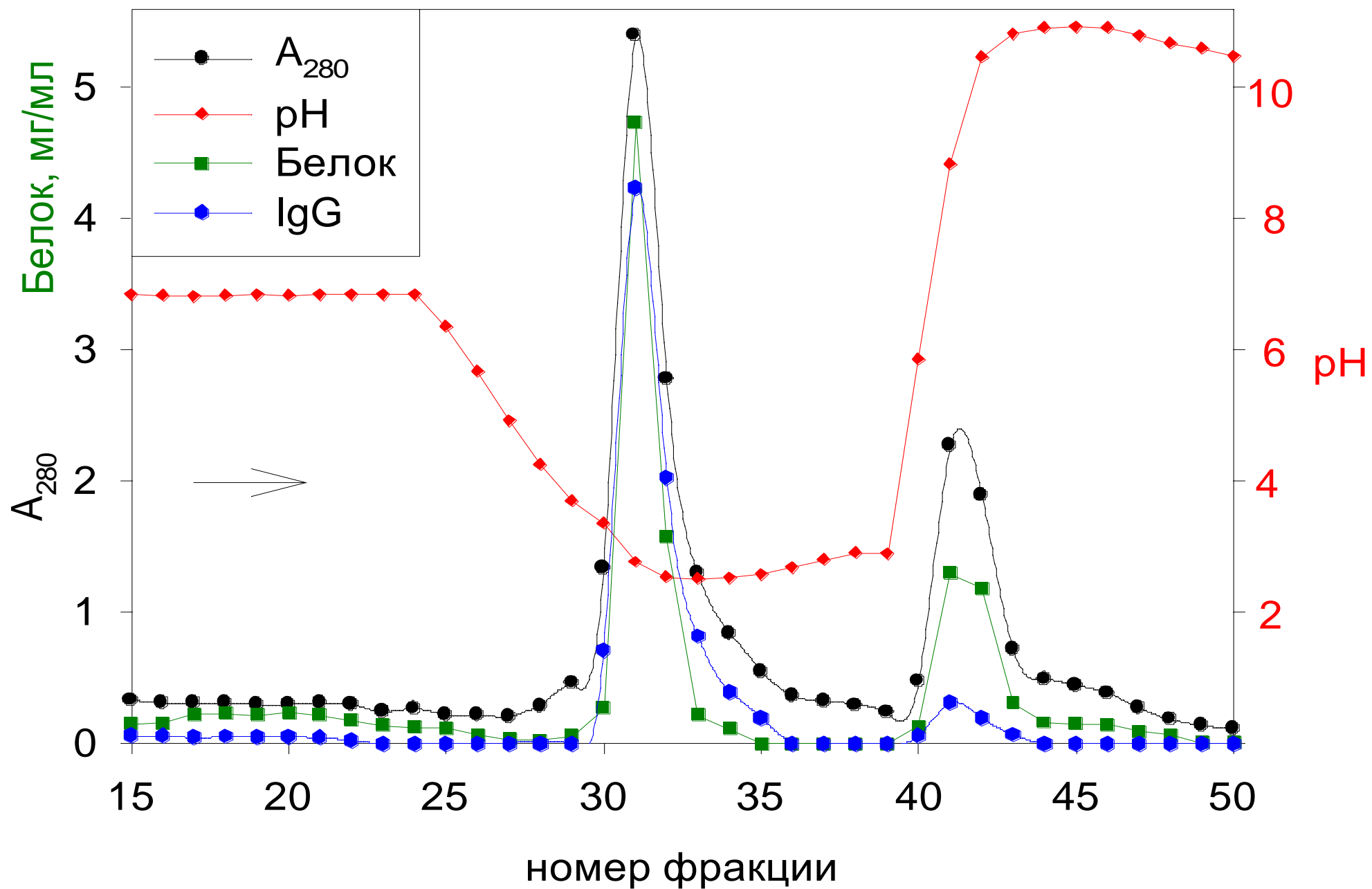


иммобилизованный триптофил-треонил-тирозин



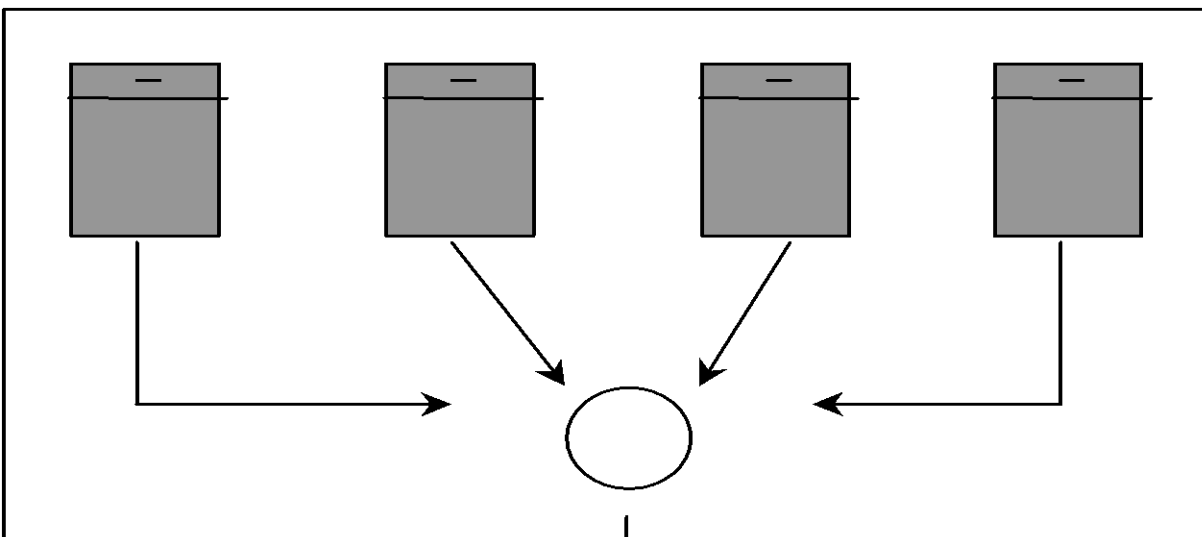
Левашов П.А., Овчинникова Е.Д., Афанасьева М.И., Фрид Д.А.,
Азьмуко А.А., Беспалова Ж.Д., Адамова И.Ю., Афанасьева О.И.,
Покровский С.Н., Биоорганическая химия, 2012, том 38, № 1, с. 58-58

Выделение IgG из плазмы человека на сорбенте

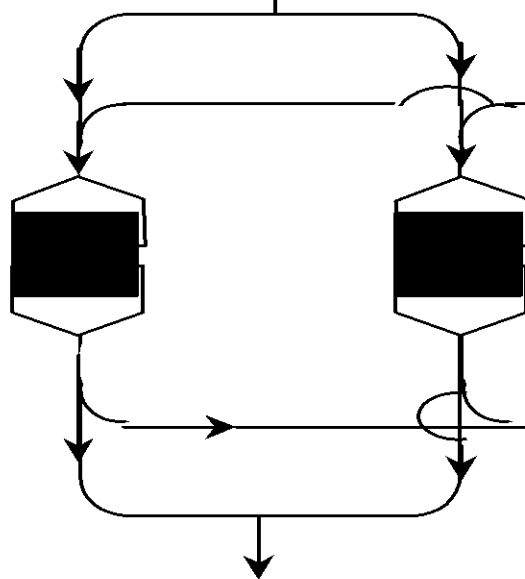


экстракорпоральная очистка крови

Устройство адсорбции-десорбции



Регенерирующие растворы



Слив

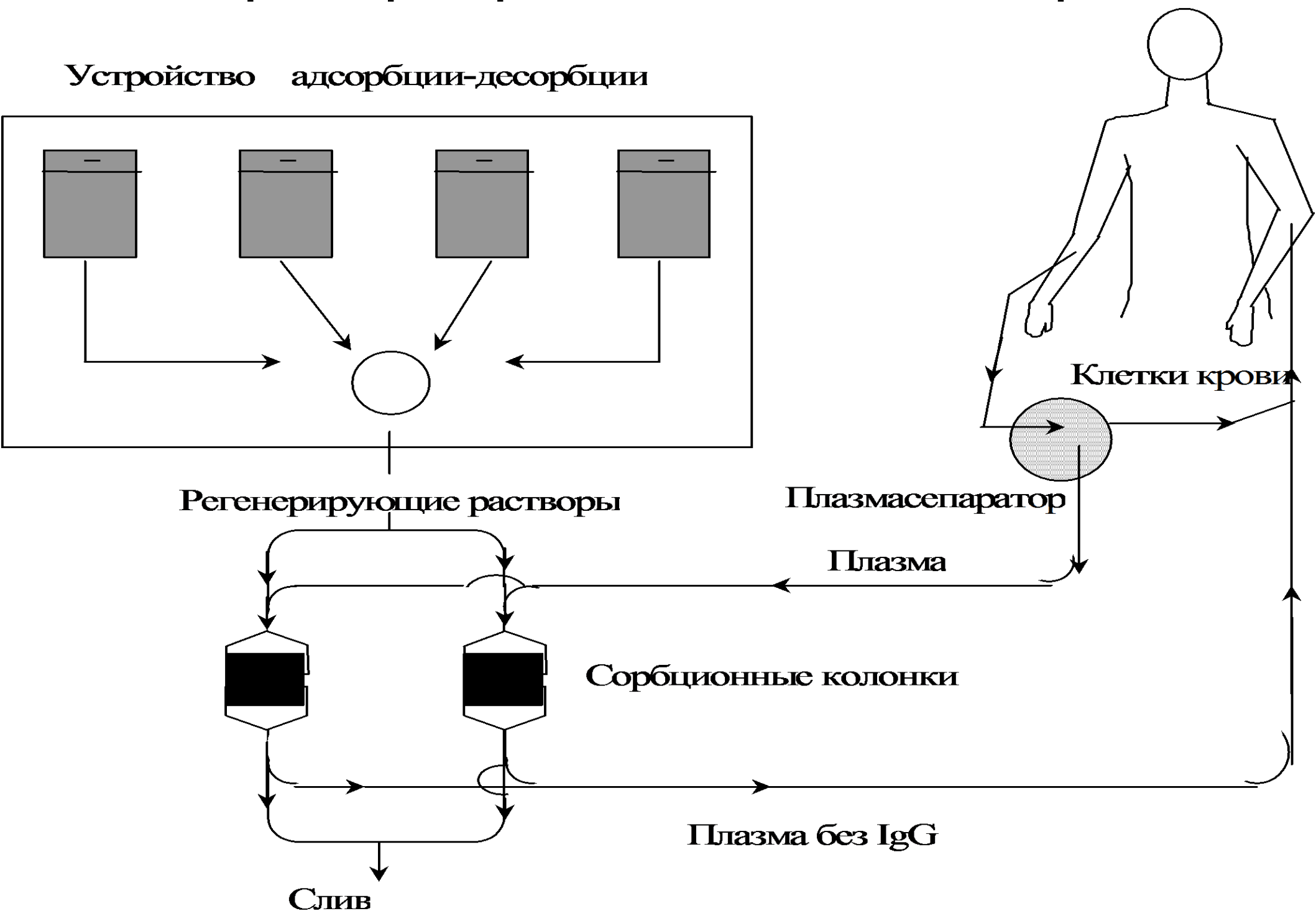
Плазмасепаратор

Плазма

Сорбционные колонки

Плазма без IgG

Клетки крови



Русскій Врачъ.

8509

ЕЖЕНЕДѢЛЬНЫЙ ЖУРНАЛЪ,

посвященный всѣмъ отраслямъ клинической медицины, общественной и частной гигиенѣ и вопросамъ врачебнаго быта.

Органъ, основанный въ память В. А. МАНАССЕЙНА.

Подъ редакціей д-ра С. В. ВЛАДИСЛАВЛЕВА.

ТОМЪ XIII.

(№№ 1—52, стр. 1—1628).

ПЕТРОГРАДЪ.
ИЗДАНИЕ О. А. РИККЕРЪ.
1914 г.

Русскій Врачъ, 1914, № 18. В. А. Юревичъ и Н. К. Розенберги. О промываніи крови внѣ организма. 637

хроматина ядромъ. Содержавшія включенія клѣтки мѣстами располагались цѣлыми группами и находились близко другъ къ другу. Въ тѣхъ участкахъ опухоли, гдѣ омертвѣвшихъ клѣтокъ не находилось, большія клѣтки были, но онѣ не содержали включеній.

Откуда происходятъ большія клѣтки? По мнѣнію, высказанному *Ribbertomъ*), онѣ происходятъ изъ эндотелія лимфатическихъ паузъ. И въ описанной опухоли встрѣчались участки, гдѣ ясно была видна связь такихъ клѣтокъ съ эндотелиемъ лимфатическихъ паузъ. Что касается включеній въ большіяхъ клѣткахъ, то это не были ни плазматическія, ни откормленные клѣтки, ни безцѣпныя кровяныя тѣльца, ни эозинофилы, ибо, какъ это было обнаружено различными окрашиваніями, такихъ клѣтокъ въ опухоли не было вовсе. Такимъ образомъ эти включенія представляли собой отмершія опухолевые клѣтки и распадъ ихъ, а захватившія ихъ большія эндотелиальныя клѣтки можно считать фагоцитами.

Какую-же роль играютъ эти фагоциты въ опухоли? Принимая во вниманіе, что въ тѣхъ участкахъ опухоли, гдѣ клѣтки ее сохраняютъ признаки живучести, фагоцитоза не наблюдается и эндотелиальныя клѣтки, повидимому, питаются доходящими до нихъ питательными соками, а фагоцитозъ виденъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ находятся омертвѣвшія клѣтки, при чемъ даже происходитъ размноженіе фагоцитовъ, можно предполагать, что фагоциты обнаруживаютъ альтруистическое отношеніе къ опухолевымъ клѣткамъ, способствуютъ росту опухоли тѣмъ, что уничтожаютъ отмершія клѣтки и ихъ распавшіяся части, давая больше простора для жизни и размноженія опухолевыхъ клѣтокъ.

Какую-же роль играютъ эти фагоциты въ опухоли? Принимая во вниманіе, что въ тѣхъ участкахъ опухоли, гдѣ клѣтки ее сохраняютъ признаки живучести, фагоцитоза не наблюдается и эндотелиальныя клѣтки, повидимому, питаются доходящими до нихъ питательными соками, а фагоцитозъ виденъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ находятся омертвѣвшія клѣтки, при чемъ даже происходитъ размноженіе фагоцитовъ, можно предполагать, что фагоциты обнаруживаютъ альтруистическое отношеніе къ опухолевымъ клѣткамъ, способствуютъ росту опухоли тѣмъ, что уничтожаютъ отмершія клѣтки и ихъ распавшіяся части, давая больше простора для жизни и размноженія опухолевыхъ клѣтокъ.

ХСН. Изъ бактериологической лаборатории при кафедрѣ заразныхъ болѣзней въ В.-Медицинской Академіи.

Въ вопросу о промываніи крови внѣ организма и о жизненной стойкости красныхъ кровяныхъ шариковъ.

Экспериментальное исследование.

Проф. В. А. Юревича и д-ра Н. К. Розенберга.

Цѣль, поставленная нами себѣ, заключалась въ осуществленіи идеи возможно болѣе энергичнаго промыванія организма въ случаяхъ тяжелыхъ отравленій различнаго происхожденія и, слѣд., въ случаяхъ необходимости быстрого освобожденія организма отъ накопившихся въ немъ въ чрезмерномъ количествѣ токсическихъ веществъ. Идея промыванія организма въ случаяхъ, напр., заразныхъ заболѣваній широко проводится въ настоящее время, но исключительно въ видѣ обильнаго питья или введенія въ организмъ тѣмъ или другимъ путемъ

физиологическаго раствора поваренной соли, въ конечномъ результатѣ на выведеніе токсическихъ веществъ естественными путями. Однако такое промываніе оказывается или недостаточнымъ, или вовсе неэффективнымъ, когда дѣятельность почекъ резко нарушена; типичнымъ примѣромъ могутъ служить случаи мочекаменной болѣзни.

Освобожденіе крови отъ части ядовитыхъ веществъ, перегружающихъ организмъ, возможно либо, какъ это дѣлается иной разъ и теперь, простымъ кровопусканіемъ, понижающимъ въ то-же время и кровяное давленіе, либо болѣе сложнымъ образомъ. Первая мысль, которая невольно напрашивается въ разрѣшеніи этого вопроса, заключается въ томъ, чтобы помочь почкамъ въ освобожденіи крови отъ ядовитыхъ веществъ, подвергнувъ кровь діализу. 2-ая возможность быстрого частичнаго освобожденія крови отъ вредныхъ продуктовъ состоитъ въ обильномъ кровопусканіи съ послѣдующимъ или одновременнымъ вливаніемъ физиологическаго раствора, въ отмываніи форменныхъ элементовъ выпущенной крови и въ обратномъ введеніи ихъ въ организмъ; форменные элементы крови могутъ быть при этомъ внѣ организма не только отмыты опредѣленными растворами, но и подвергнуты воздействию тѣхъ или другихъ агентовъ въ случаѣ, если они уже пострадали въ организмѣ (промывка кислородомъ и т. д.).

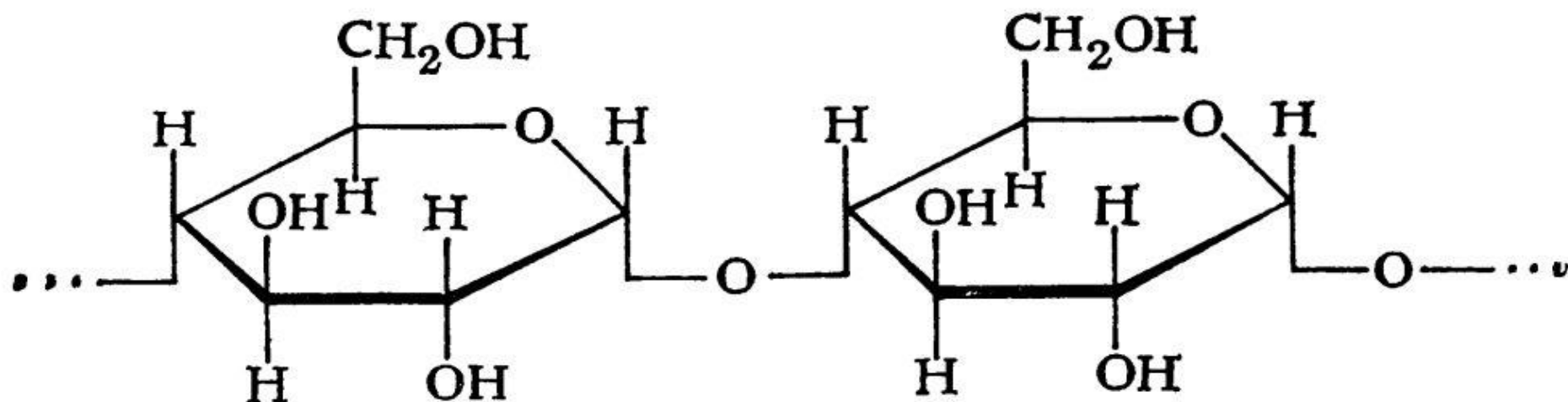
Наши изслѣдованія были направлены въ сторону промыванія крови внѣ организма и возврата отмытой крови. Первое, что предстояло при этомъ рѣшить, было то, возможно-ли вообще животному безъ особаго для него вреда вернуть въ большое количество отмытую кровь, и затѣмъ, если-бы это оказалось возможнымъ, установитъ, сохраняютъ-ли форменные элементы крови, особенно красныя шарики, послѣ грубого на нихъ воздействия различныхъ агентовъ внѣ организма, способность работать, а, слѣд., можетъ-ли быть полезно животному организму, потерявшему большое количество крови, позвать отмытыми форменными ея элементами? Постановка опытовъ была слѣдующая.

У кролика отсепаровывалась безъ наркоза одна изъ сонныхъ артерій. Черезъ стеклянную, хорошо прокалившую и смоченную растворомъ лимонно-кислаго натрія канюлю, вставленную чрезъ разрывъ въ артерію, выпускалась кровь въ минимальномъ количествѣ и собиралась въ крупную вышербловую пробирку, называемую растворомъ лимонно-кислаго натрія. Кровь затѣмъ центрифугировалась; плазма отсасывалась. Въ пробирку вливалась физиологическій растворъ поваренной соли, въ которомъ форменные элементы крови снова изобатывались. Послѣ 2-го, а иной разъ и 3-го центрифугированія обшій объемъ физиологическаго раствора поваренной соли съ форменными элементами крови доводился до нужнаго для данного опыта размѣра, и отмыта такимъ образомъ, подвергнута до 38°—40° Ц. крови чрезъ ушную вену вводилась обратно въ организмъ кролика. Слѣдуетъ упомянуть, что непосредственно послѣ кровопусканія кроликъ вводился въ кровяное русло физиологическій растворъ и, если нужно было, давался кислородъ.

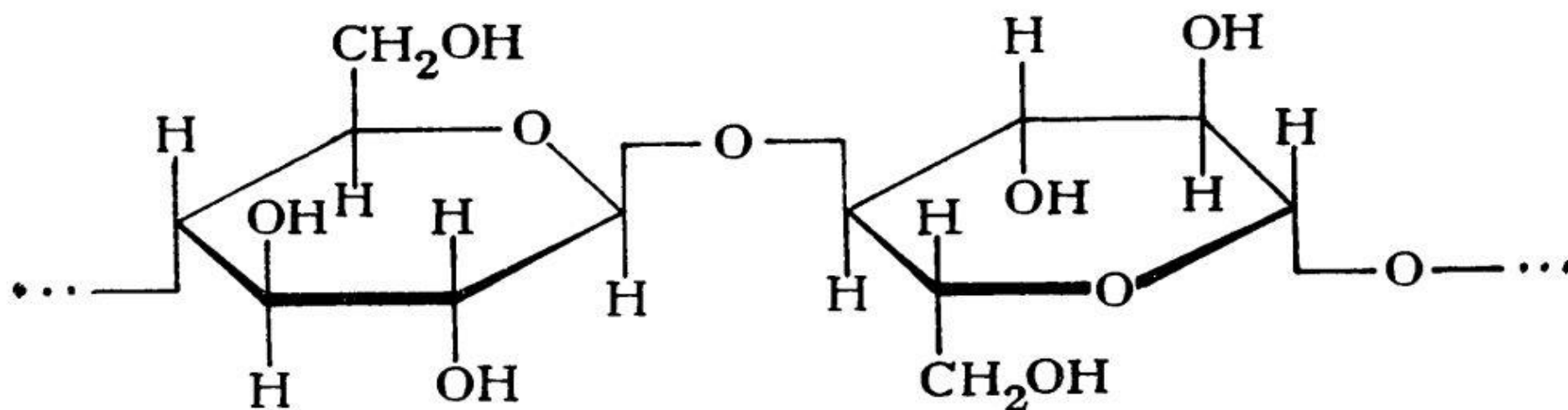
Первыя-же неудачныя опыты показали, что для того, чтобы получить и съ укрѣпленіемъ наибольшее сохраненіе крови, необходимо прибавить значительное количество раствора лимонно-кислаго натрія. Такъ какъ въ нашемъ распоряженіи была центрифуга только съ пробирками вмѣстимостью въ 45 к. см., то обычно онѣ наполнялись 25-ю к. см. раствора лимонно-кислаго натрія, кровь же набиралась до общаго объема въ 45 к. см.; при этомъ приходилось пользоваться не 1%-нымъ, а 1,5%-нымъ растворомъ лимонно-кислаго натрія. Особо сильнаго разведенія такимъ растворомъ при обильномъ кровопусканіи требуютъ послѣднія порціи выпущенной крови. Все выше описанный процессъ изслѣдованій мы вставляли въ нее канюлю всегда орошаемую тѣмъ-же растворомъ лимонно-кислаго натрія. При такихъ условіяхъ собираемая кровь не свертывалась за все время ея промыванія и возвращалась организму безъ грубыхъ комковъ, а, слѣд., и безъ особой опасности вызвать эмболию. Оставалось однако открытымъ вопросъ, насколько опасны въ этомъ послѣдствіи отношенія обшій въ небольшой кучки при центрифугированіи форменные элементы крови? Рядъ первыхъ опытовъ былъ произведенъ съ центрифугированіемъ крови до полного осѣденія всѣхъ форменныхъ ея элементовъ съ обильнымъ въ тѣхъ случаяхъ образованіемъ 2-хъ слоевъ: нижняго изъ красныхъ шариковъ и верхняго изъ безцѣпныхъ тѣлецъ и плазминокъ. Красные шарики при этомъ сбивались въ кучки мало, а изъ безцѣпныхъ тѣлецъ образуется для

U. Geschwulstlehre. Bonn, 1901 г.

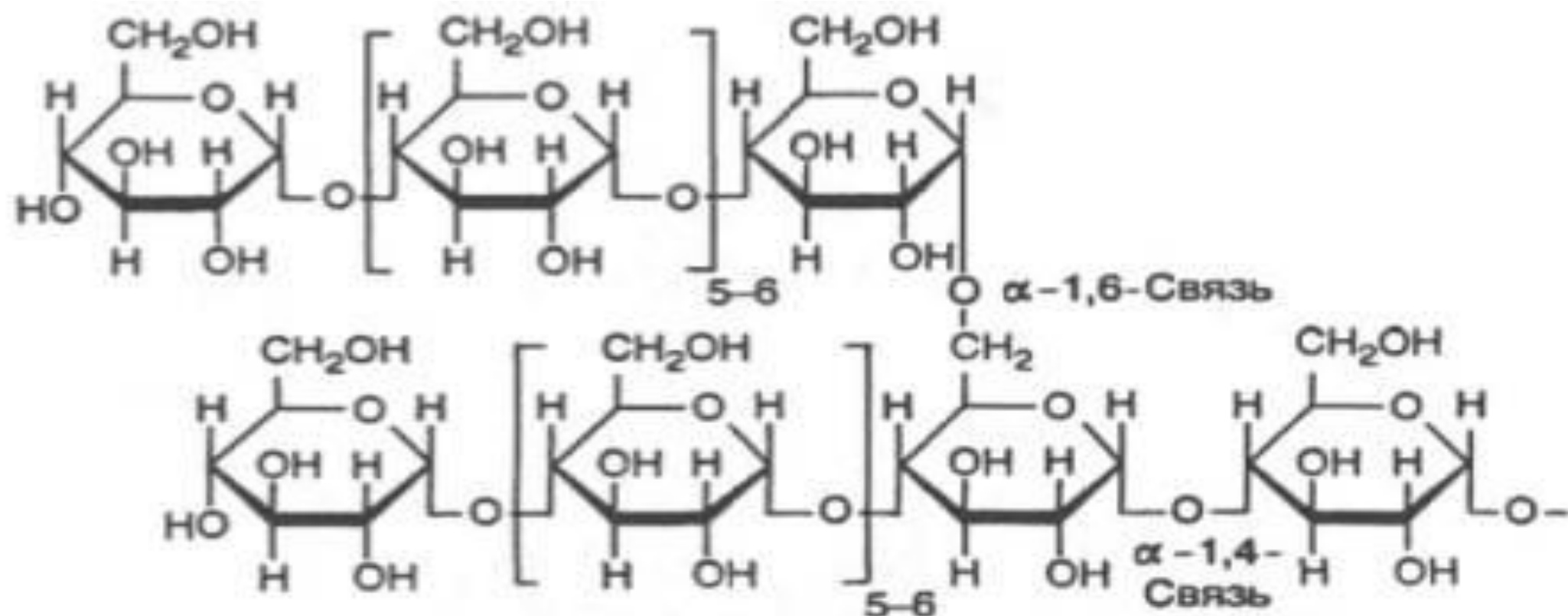
полисахариды



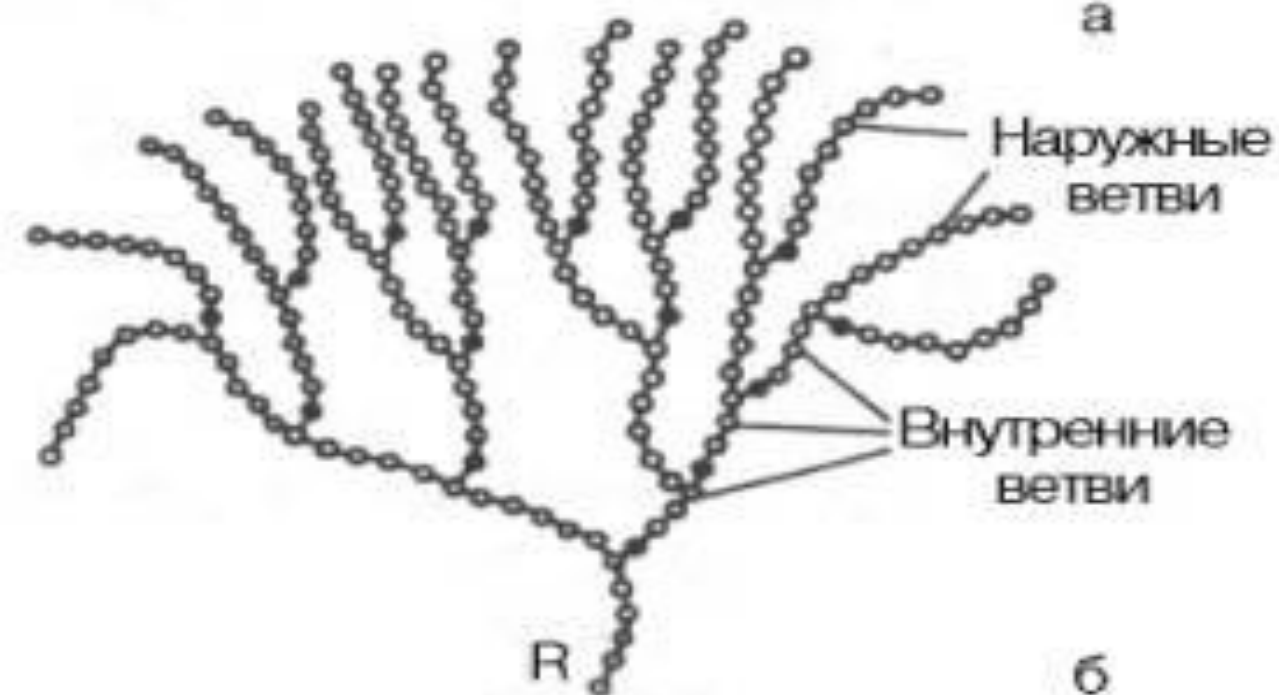
фрагмент молекулы крахмала



фрагмент молекулы целлюлозы



а



б

ЛИПИДЫ

Азотистые основания и нуклеотиды