

Органическое вещество почв

А. И. Попов

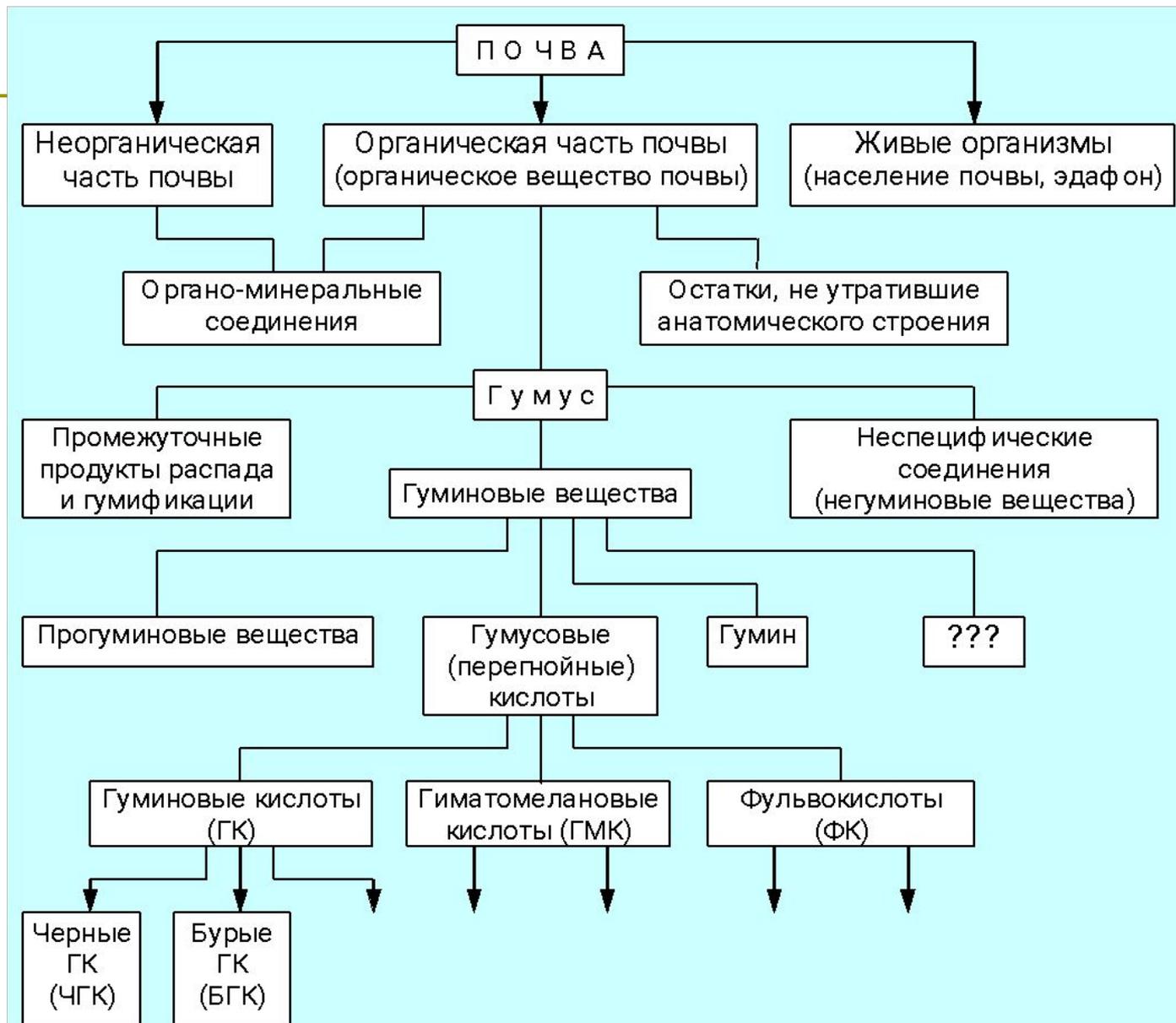


Санкт-Петербургский государственный университет

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВЫ

- совокупность всех органических веществ, находящихся в форме гумуса и остатков животных и растений (ГОСТ 27593-88 (СТ СЭВ 5298-85));
- сложный комплекс, состоящий из специфических (гуминовых) веществ и индивидуальных органических соединений, а также из продуктов их взаимодействия между собой и с минеральной частью почвы

Классификация органического вещества почв (по Д. С. Орлову и др., 1996)



Особое место в составе органического вещества почв по своей биогеоценотической важности занимают ***гуминовые вещества***.



Гуминовые вещества (ГВ) – особый класс природных высокомолекулярных гетерогенных азотсодержащих органических соединений тёмно-коричневого или тёмно-бурого цвета, характеризующиеся аморфным состоянием и отсутствием строгого постоянства химического состава.

В минеральных почвах на долю ГВ приходится до 80–90 % – суммарного содержания органической составляющей;

в сапропелях доля ГВ составляет 9-60 %,

в торфах – до 50,

в землистых бурых углях – до 60,

в выветрившихся бурых и каменных
углях – от нуля до 100,

в морской воде – до 20, а в воде рек и озер –
60-85 %

Гуминовые вещества – наиболее естественная и устойчивая форма сохранения органических веществ в биосфере

В природе ГВ образуются в результате гумификации, они – конечные продукты этого процесса – представляют собой разнообразные полимеры, имеющие тот или иной химический состав и строение.

Гуминовые вещества – такие вещества, которые состоят из набора «сходных частей», отражающих характерное поведение полимера, включая свойства, зависимые от третичной и четверичной структуры.

Сравнительный элементный состав гуминовых веществ и биологических макромолекул

(по: М. М. Кононова, 1963)

Объект	Содержание элементов, % на абсолютно сухое беззольное вещество			
	С	Н	О	N
Гуминовые вещества	40–60	3–7	30–50	1–5
Гуминовые кислоты	52–62	3,0–5,5	30–33	3,5–5,0
Фульвокислоты	44–49	3,5–5,0	44–49	2,0–4,0
Белки	50–55	6,5–7,3	19–24	15–19
Целлюлоза	44,4	6,2	49,4	Нет
Лигнин	62–69	5,0–6,5	26–33	Нет

Гуминовые вещества – полифункциональные полиамфолиты

Основные отрицательно	Основные положительно
заряженные группы: Карбоксилы (-COOH) Спиртовые и фенольные гидрокслы (-OH) Карбонилы (>C=O) Метоксилы (-O-CH₃) и прочие	заряженные группы: Амины (-NH₂ , -NH- , >N-) Амиды (-CO-NH₂) Пептидные (-CO-NH-) Имины (>C=NH) Азогруппы (-N=N-) и прочие

Совокупность функциональных групп обуславливает:

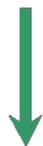
- амфотерные свойства,
- межмолекулярные и внутримолекулярные связи, причем внутримолекулярные связи определяют хелатообразующую способность ГВ,
- участие в окислительно-восстановительных реакциях

Амфотерные свойства гуминовых веществ



Катионные свойства

Подкисление



Подщелачивание



Изоэлектрическая точка

Подщелачивание



Подкисление



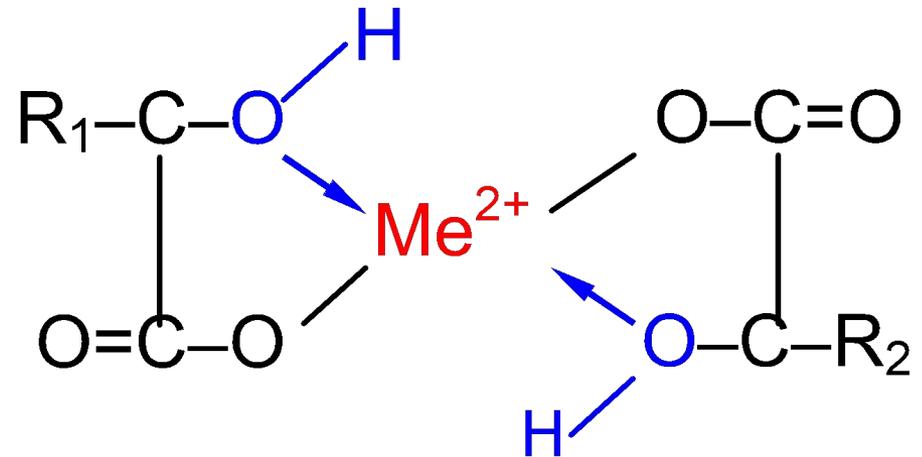
Анионные свойства

Комплексообразование гуминовых веществ

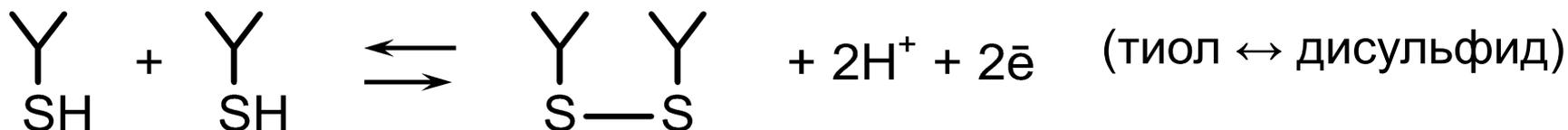
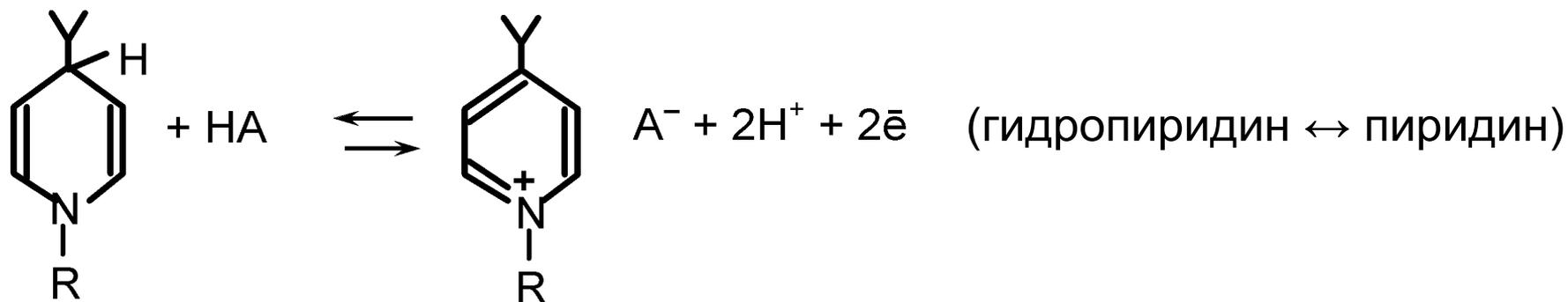
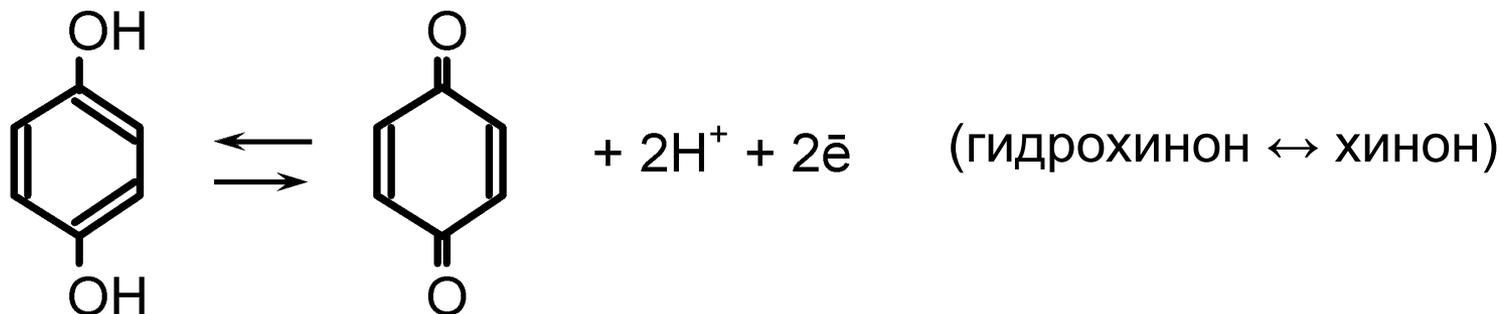
Данное явление проявляется, когда в молекулах рядом с карбоксигруппой находятся электронодонорные группы:



Хелатные соединения характеризуются замкнутыми пяти- или шестичленными циклами, включающими ион металла, донорный атом и гидроксильный кислород карбоксигруппы

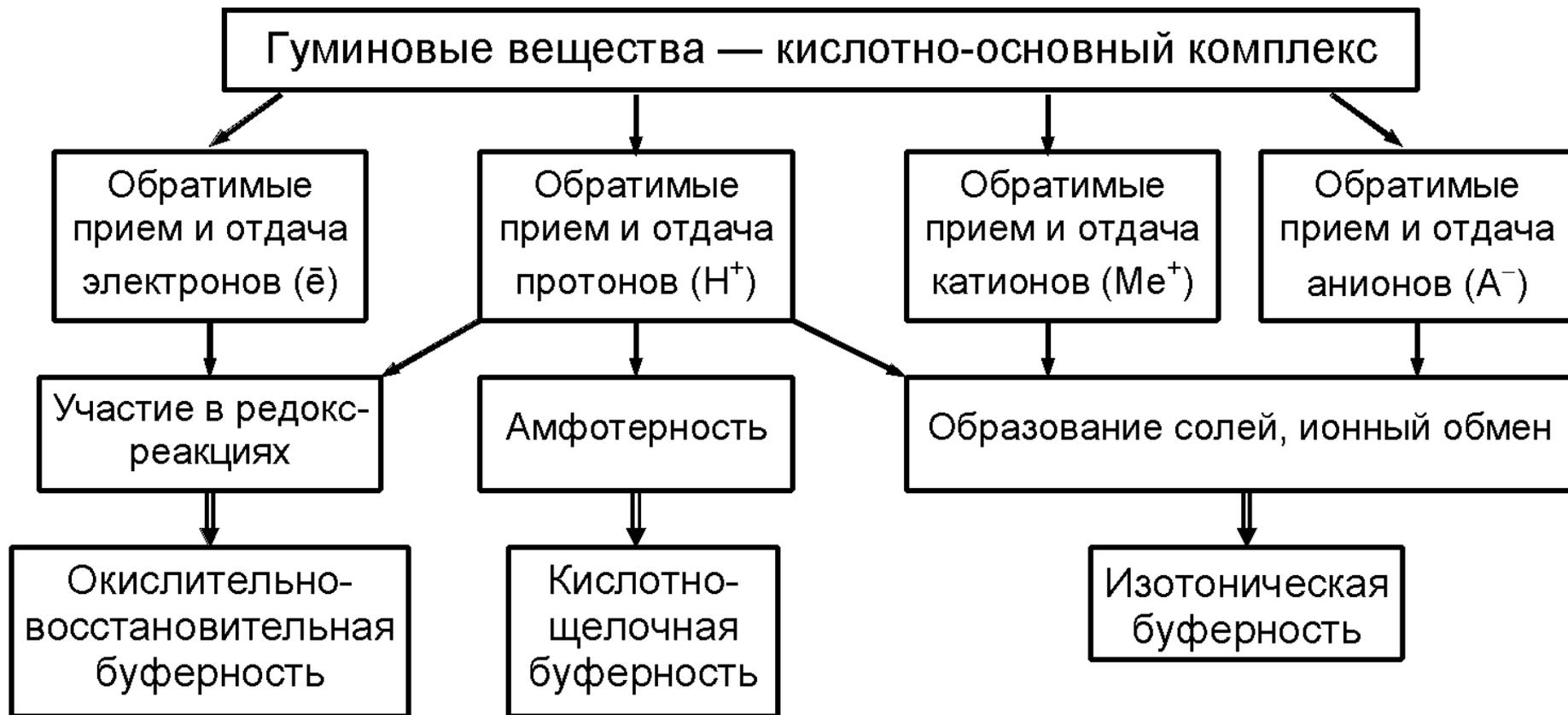


Гуминовые вещества – окислительно-восстановительные полимеры



Органические окислительно-восстановительные системы

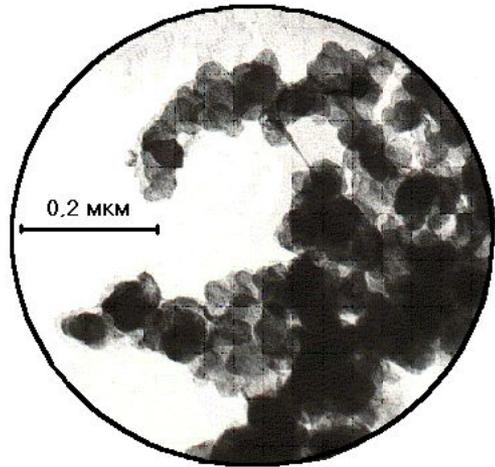
Буферные свойства гуминовых веществ



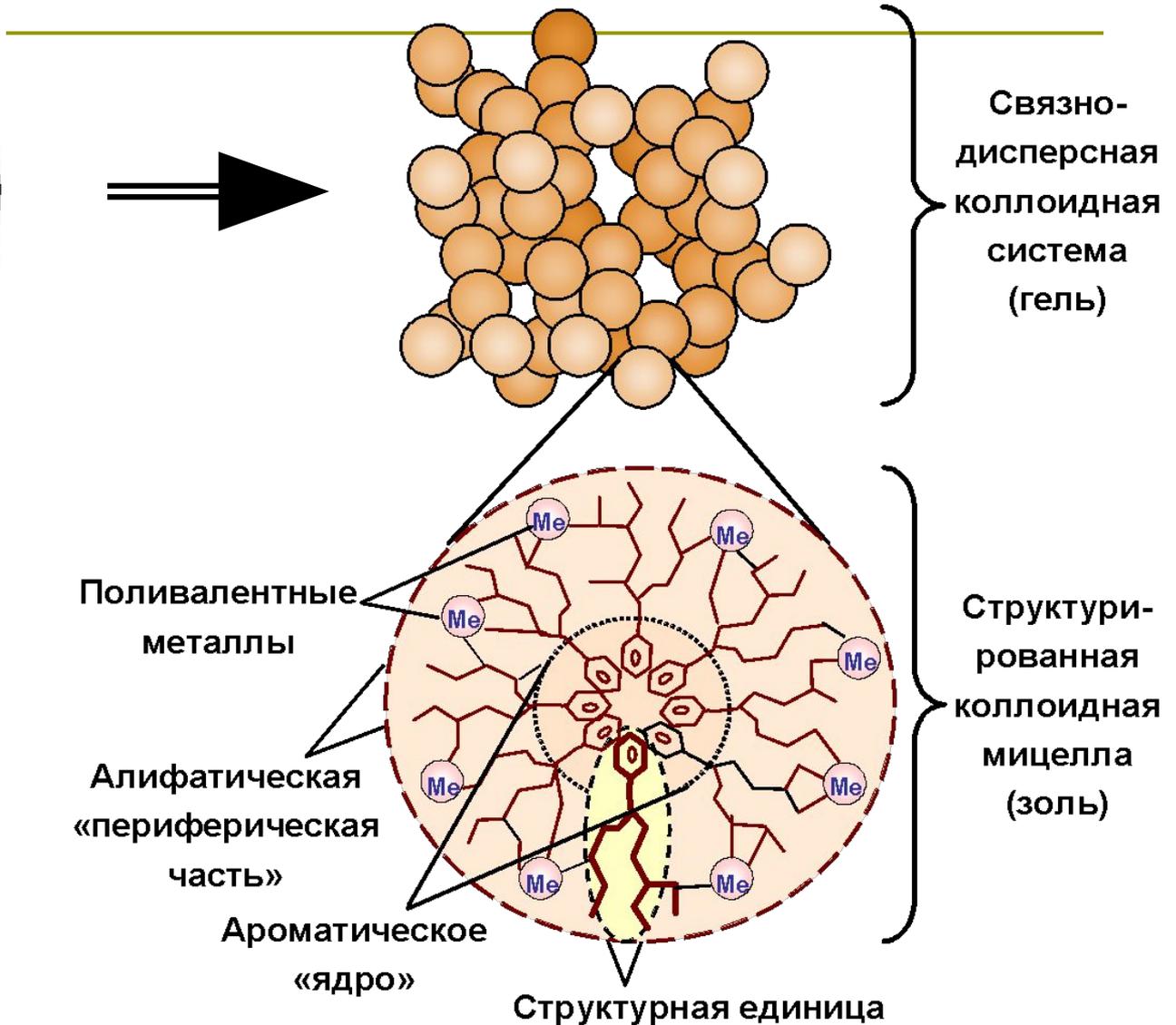
Коллоидные свойства гуминовых веществ

Диаметр диспергированных частиц ГВ находится в интервале от 10^2 до 10^3 нм, т. е. они – коллоиды. У веществ в коллоидном состоянии, **во-первых**, значительная доля всех молекул находится на поверхности раздела фаз; **во-вторых**, молекулы коллоидных дисперсий обладают избыточной свободной энергией. Поэтому ГВ как коллоидные дисперсные системы обладают **поверхностно-активными** и **электроповерхностными свойствами**.

Гуминовые вещества – поверхностно-активные коллоидные дисперсии



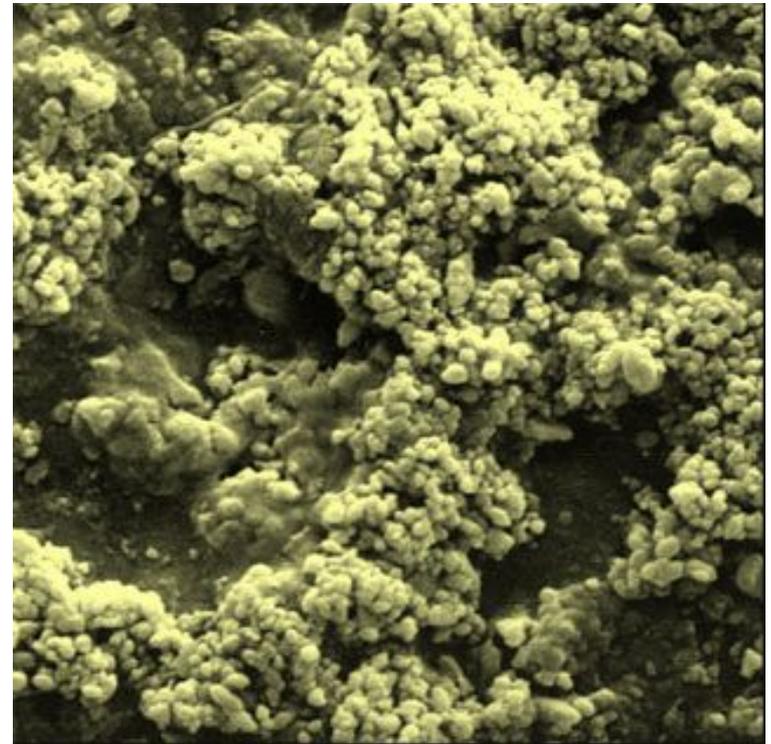
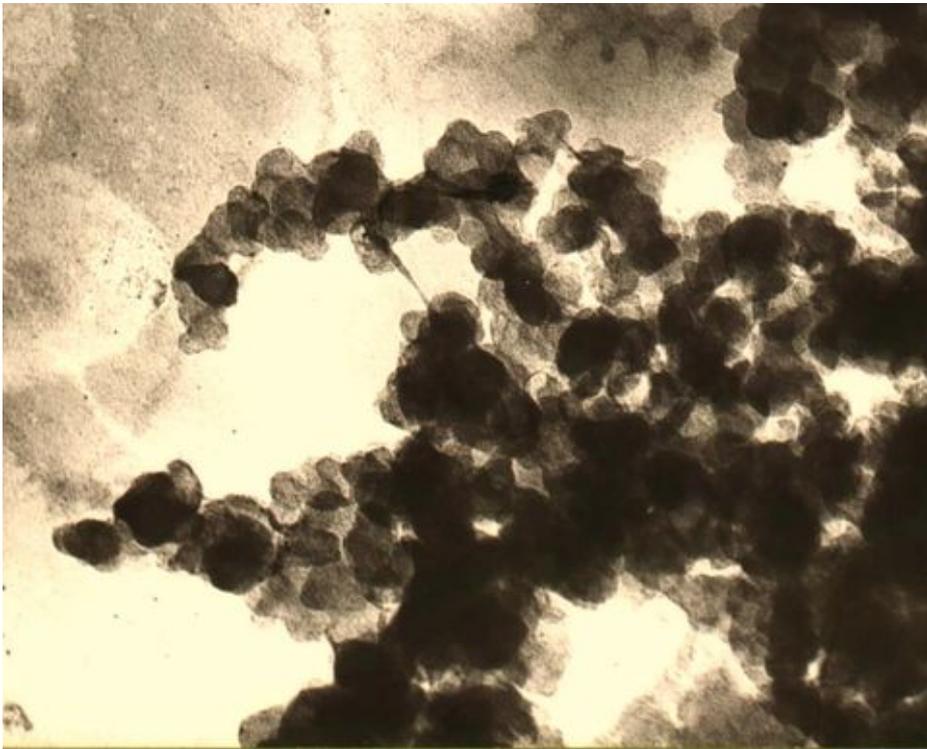
Внешний вид гуминовых
веществ сапропеля



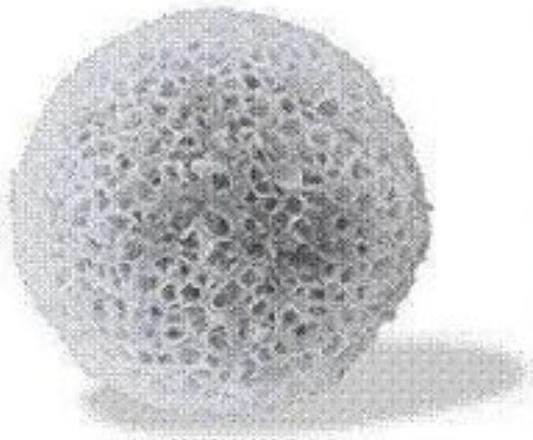
Основные свойства коллоидных поверхностно-активных веществ:

- высокая поверхностная активность
- самопроизвольное мицеллообразование
- солюбилизация – резкое увеличение растворимости веществ в растворах поверхностно-активных веществ вследствие их «внедрения» внутрь структурированной мицеллы
- стабилизация различных дисперсных систем

Поскольку **гуминовые вещества** – коллоиды, то они, как коллоидные дисперсные системы, могут образовывать не только **третичную**, но и **четвертичную** структуру

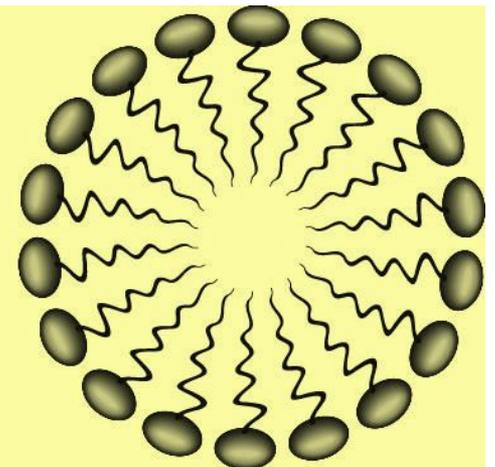


Гуминовые вещества, обладая достаточно высокой поверхностной активностью, способны к самопроизвольной ассоциации молекул с образованием таких **трёхмерных супрамолекулярных ансамблей**, как **мицеллы**, или **«псевдомицеллы»**, в которых молекулы отделены друг от друга гидратными оболочками

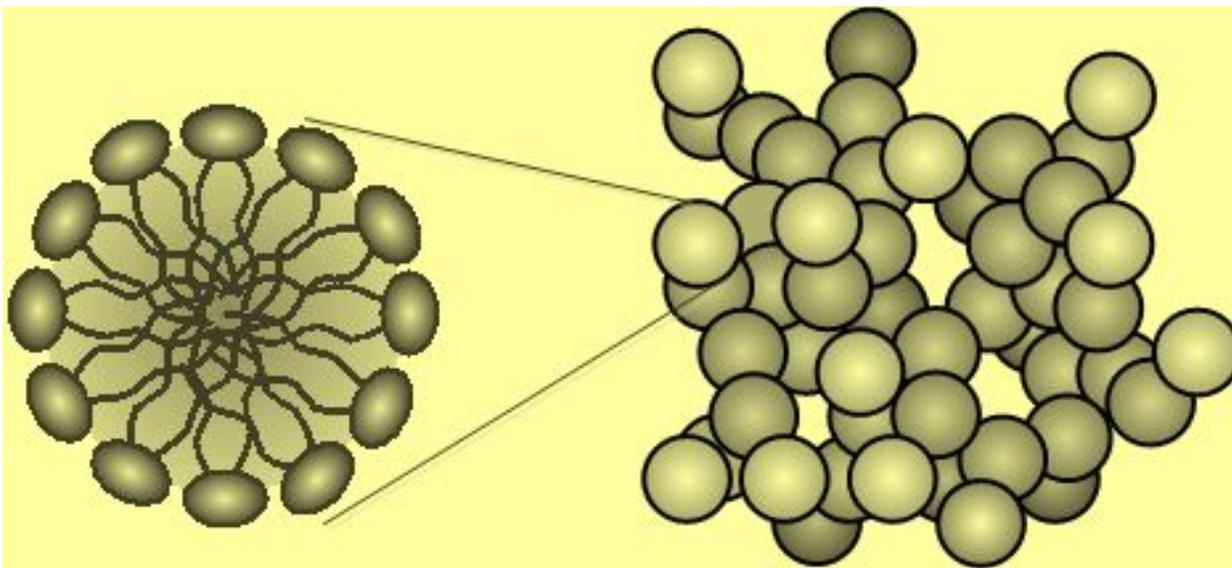


гидрофильная группа

гидрофобная группа



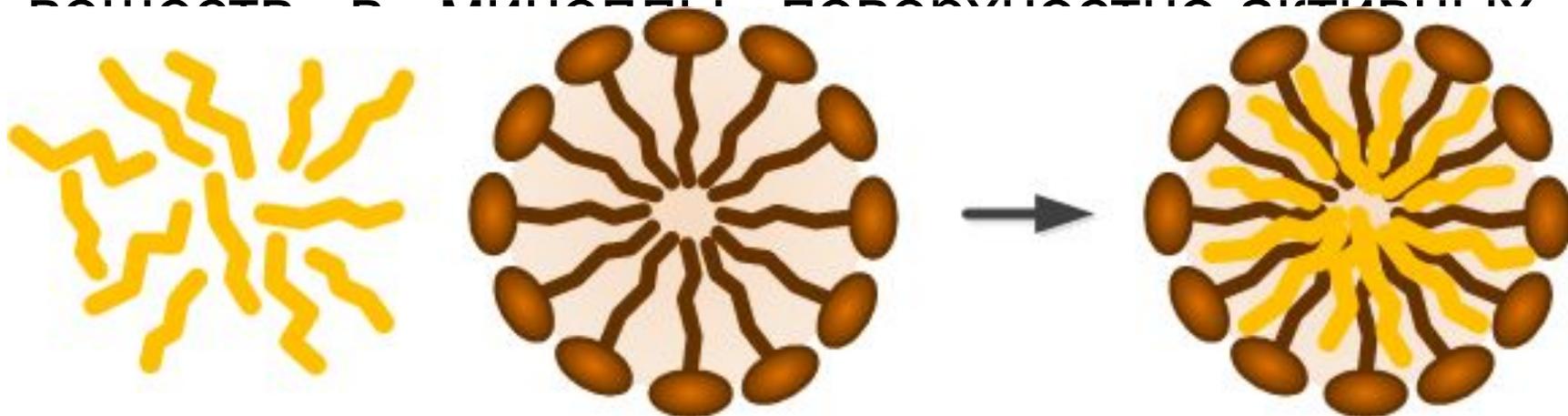
Сфероидные структуры ГВ, в свою очередь способны образовывать **четвертичные** структуры, которые, как предполагала М. М. Кононова, напоминают по форме гроздь винограда.



Пространственные молекулярные комплексы
ГВ относятся к **эластичным студням**.

Внутри ассоциатов молекул ГВ может
происходить **солюбилизация** гидрофобных
соединений.

Солюбилизация – самопроизвольный и
обратимый процесс внедрения лиофобных
веществ в мицеллы поверхностно-активных



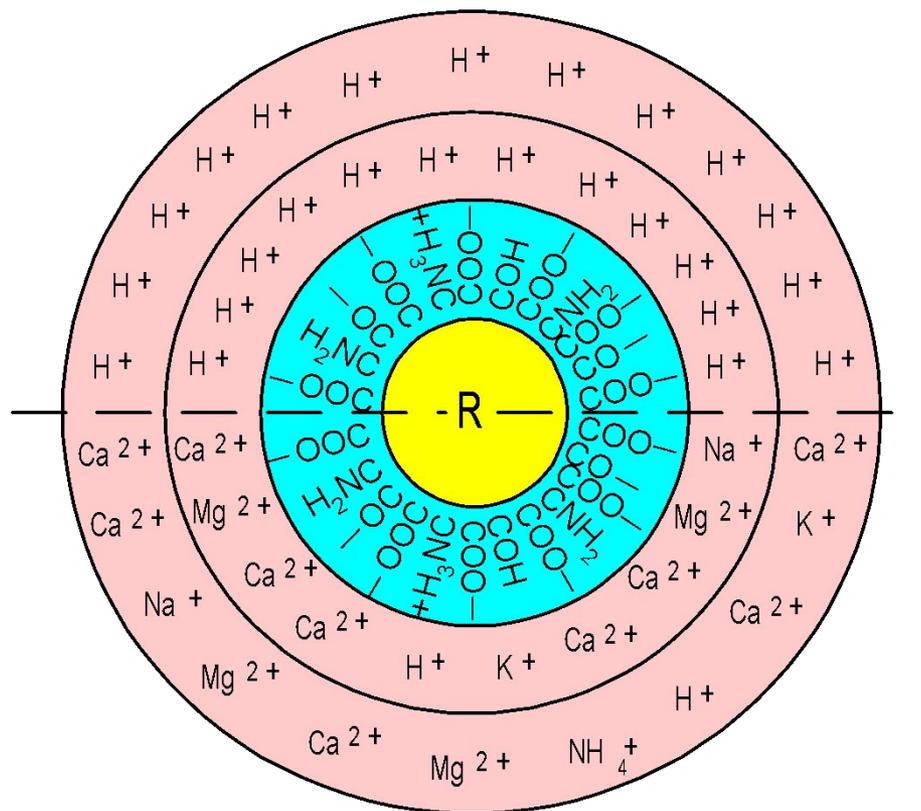
Электроповерхностные свойства гуминовых веществ

Проявляются в их сорбционной и ионообменной способностях и объясняются появлением на поверхности дисперсной фазы *двойного электрического слоя* (ДЭС).

Этот слой образуется спонтанно, и его появление обусловлено диссоциацией кислотных функциональных групп ГВ в водных средах. Электроповерхностные явления играют важную роль в конформационных изменениях и агрегации макроионов ГВ

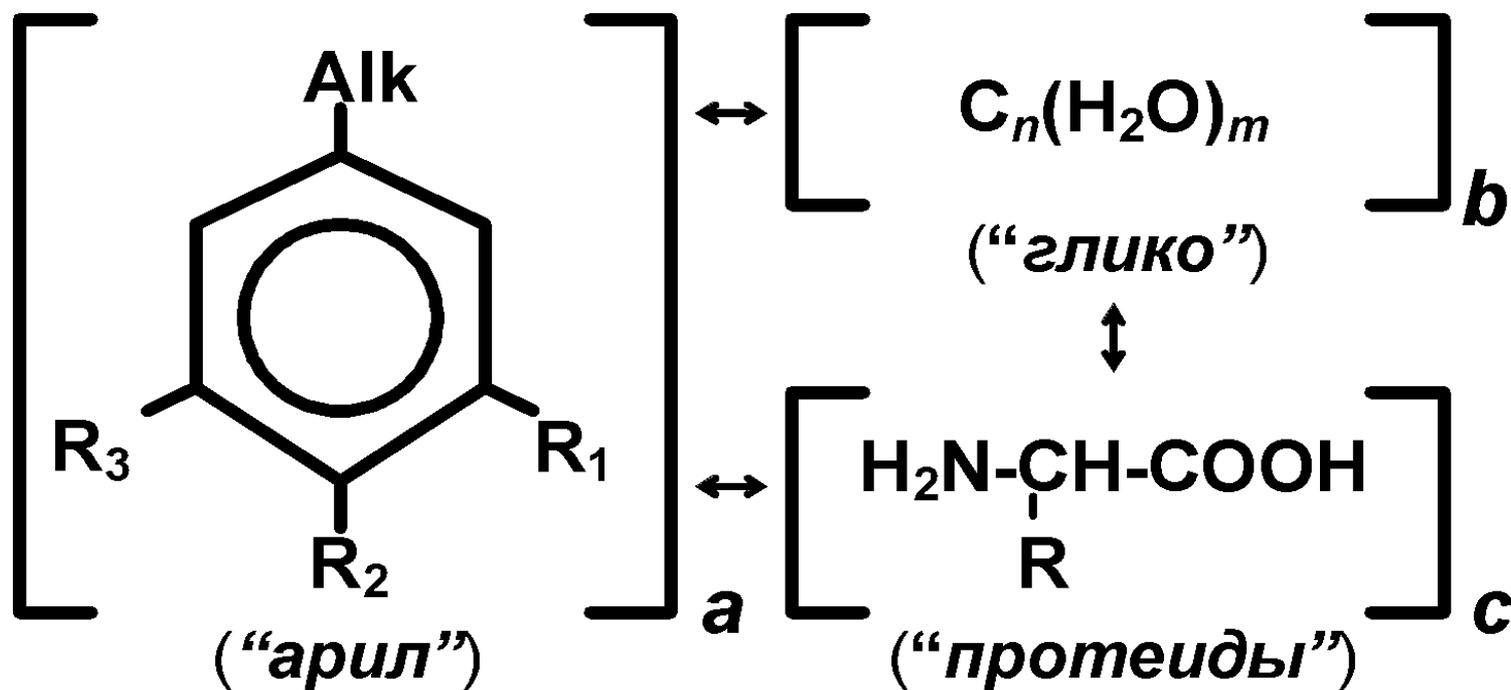
Схематическое изображение строения ДЭС-мицеллы гуминовых веществ

(по Н. И. Лактионову, 1982):



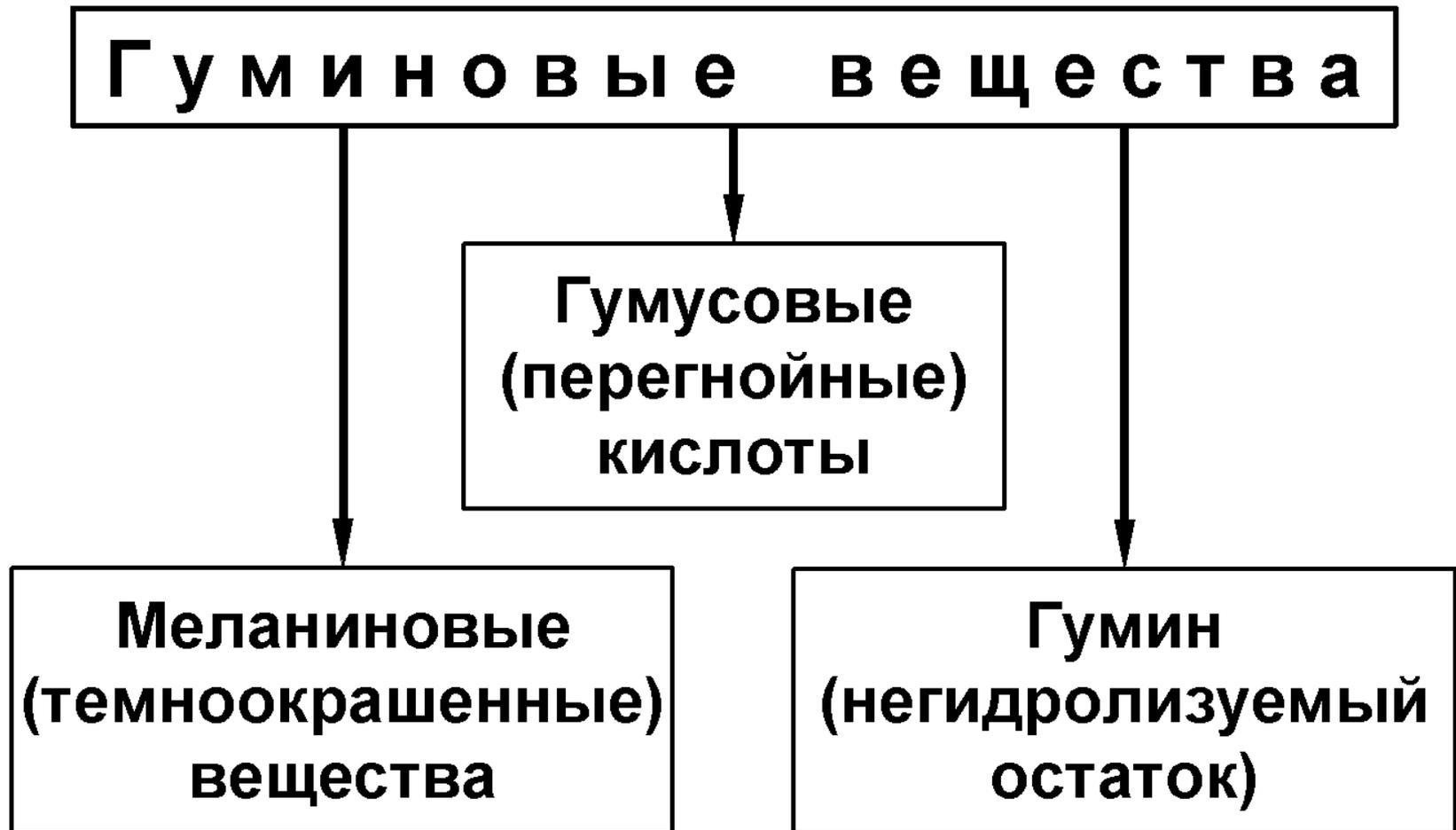
R – гидрофобный органический радикал (гидрофобная часть ГВ)

Гуминовые вещества – арилгликопротеидные гетерополимеры



Ar-Alk — бензол-алкильный структурный фрагмент, где R_1 , R_2 , R_3 — заместители;
 a , b , c — коэффициенты пропорции гетерогенных мономеров

Классификация гуминовых веществ



ГУМИН (негидролизуемый остаток) –

органическое вещество, входящее в состав почвы, не растворимое в кислотах, щелочах, органических растворителях (ГОСТ 27593-88 (СТ СЭВ 5298-85))

Гумины представляют собой высокоустойчивые агрегатные единицы, где структурная перегруппировка алифатических биогенетических макромолекул может иметь место одновременно с уплотнением пассивного макромолекулярного материала, адгезионно связанного с активированными минеральными поверхностями

Существуют два основных направления, касающихся формирования и состава гуминов. Согласно **одному** направлению гумины – то, что остается от гумусовых кислот после их извлечения щелочью, и поэтому состав гуминов зависит от процедуры извлечения, тем более что методы, которыми пользуются разные исследователи, не всегда одинаковы. В соответствии со **вторым** направлением одним из основных компонентов, входящих в состав гуминов, являются отмершие остатки растений, в этом случае состав гуминов в большей мере зависит от биохимического состава отмерших остатков

В состав **гуминов** входят две генетически разнородные группы органических соединений:

одна – наиболее устойчивая к кислотному и щелочному гидролизу – представлена неспецифическим материалом (например, лигнином, целлюлозой и проч.),

другая – наиболее прочно закрепленные минеральной частью почвы специфические (гуминовые) вещества.

Меланиновые (прогуминовые) вещества – собирательное название группы высокомолекулярных темных (как правило, коричневых, бурых или черных) пигментов биогенного происхождения, образующихся при окислительной полимеризации как фенольных, так и азотсодержащих соединений.

Меланиновые вещества (или меланины) широко распространены в природе. Это продукты жизнедеятельности чаще всего бактерий и грибов, а также наиболее часто встречающиеся зоохромы (пигменты животных), которые входят в состав хитиновых и кожных покровов, перьев, шерсти, волос, сетчатки глаз, внутренних органов и прочих тканей и органов многоклеточных организмов.

Отложение меланинового пигмента в клетках живых организмов может рассматриваться как эволюционная **морфологическая адаптация**. Считается, что меланиногенез (образование меланина) возник на начальных стадиях эволюции, когда организмы должны были иметь защитные механизмы от ионизирующего и/или ультрафиолетового излучения, и эволюционно закрепился, проявляясь в стабилизации и упрочении поверхностных структур, в частности, клеточной стенки микроорганизмов.

Гумусовые кислоты –

класс высокомолекулярных органических азотсодержащих оксикислот с бензоидным ядром, входящих в состав гумуса и образующихся в процессе гумификации (ГОСТ 27593-88 (СТ СЭВ 5298-85))

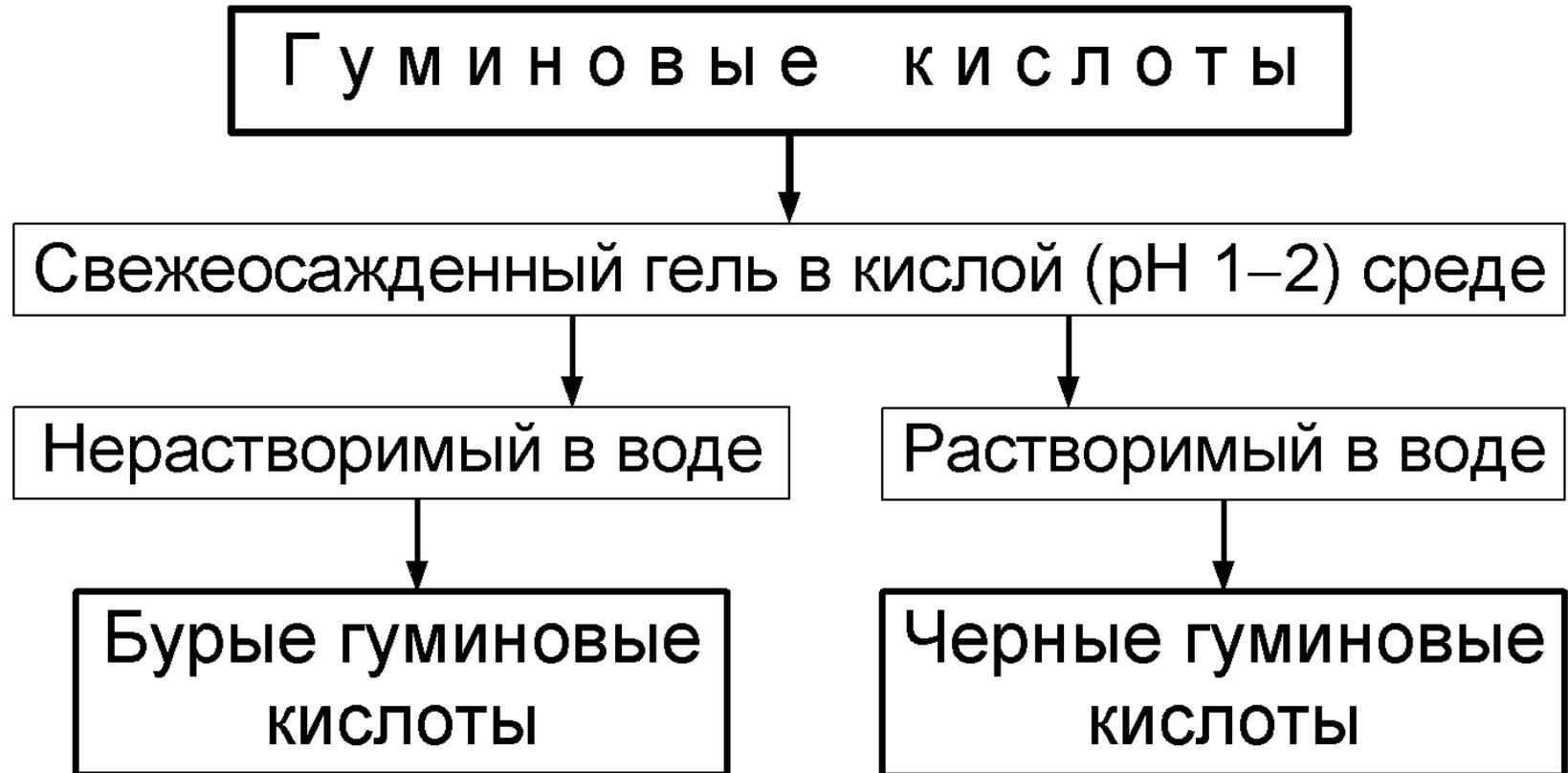
Гумусовые кислоты природных объектов



Гуминовые кислоты (ГК) –

группа тёмноокрашенных гумусовых кислот, растворимых в щелочах и не растворимых в кислотах (ГОСТ 27593-88 (СТ СЭВ 5298-85))

Принцип разделения гуминовых кислот на черную и бурую фракции



Фульвокислоты (ФК) — группа гумусовых кислот, растворимых в воде, щелочах и кислотах (ГОСТ 27593-88 (СТ СЭВ 5298-85))

Гиматомелановые кислоты (ГМК) –
группа гумусовых кислот, растворимых в
эталоне (ГОСТ 27593-88 (СТ СЭВ
5298-85))

Роль почвенного органического вещества :

- физическая, состоящая в изменении цвета, текстуры и структуры почвы, её влагоёмкости и аэрации
- химическая, выражающаяся во влиянии на растворимость некоторых почвенных минералов, в образовании с некоторыми элементами соединений, доступных для питания растений, и в повышении буферности почв

Роль почвенного органического вещества :

- биологическая, проявляющаяся в том, что органический материал служит источником энергии для развития микроорганизмов, содействует превращению почвы в питательную среду, пригодную для роста высших растений, доставляя, хотя и медленно, но постоянно питательные вещества растениям

Выделяют следующие основные направления трансформации

органического вещества почв:

1) *минерализация,*

2) *гумификация,*

3) закрепление новообразованных *гуминовых* соединений и

4) частичная миграция *гуминовых веществ* и продуктов их разложения за пределы места их образования

ГУМУСОНАКОПЛЕНИЕ —

процесс увеличения содержания или запасов гумуса в почве, происходящий как в отдельных почвенных горизонтах, так и во всём почвенном профиле

ГУМУСООБРАЗОВАНИЕ —

формирование системы гуминовых веществ почв, проходящее ряд стадий и состоящее из ряда элементарных гумусообразовательных процессов

ГУМИФИКАЦИЯ — сложный и многостадийный биологический, физико-химический динамический процесс преобразования отмерших остатков и экскретов живых организмов в кинетически устойчивые природные органические соединения – гуминовые вещества, происходящий при обязательном участии сапротрофной биоты.

Гумификация растительных, животных остатков и продуктов синтетической деятельности микроорганизмов является одним из глобальных процессов *трансформации* органических веществ на Земле, а гуминовые вещества – обязательный продукт этих процессов (Александрова, Назарова, 1981)

Использование меченного органического материала позволило А. Д. Фокину (1986) установить, что полный цикл **гумификации** от исходного органического материала до системы гуминовых веществ осуществляется на начальных стадиях формирования почвы, при этом сформированные гуминовые вещества как бы регулируют качественный состав формируемых гуминовых веществ, действуя, как своеобразная матрица.

Скорость и характер гумификации органических остатков зависит от трёх групп факторов:

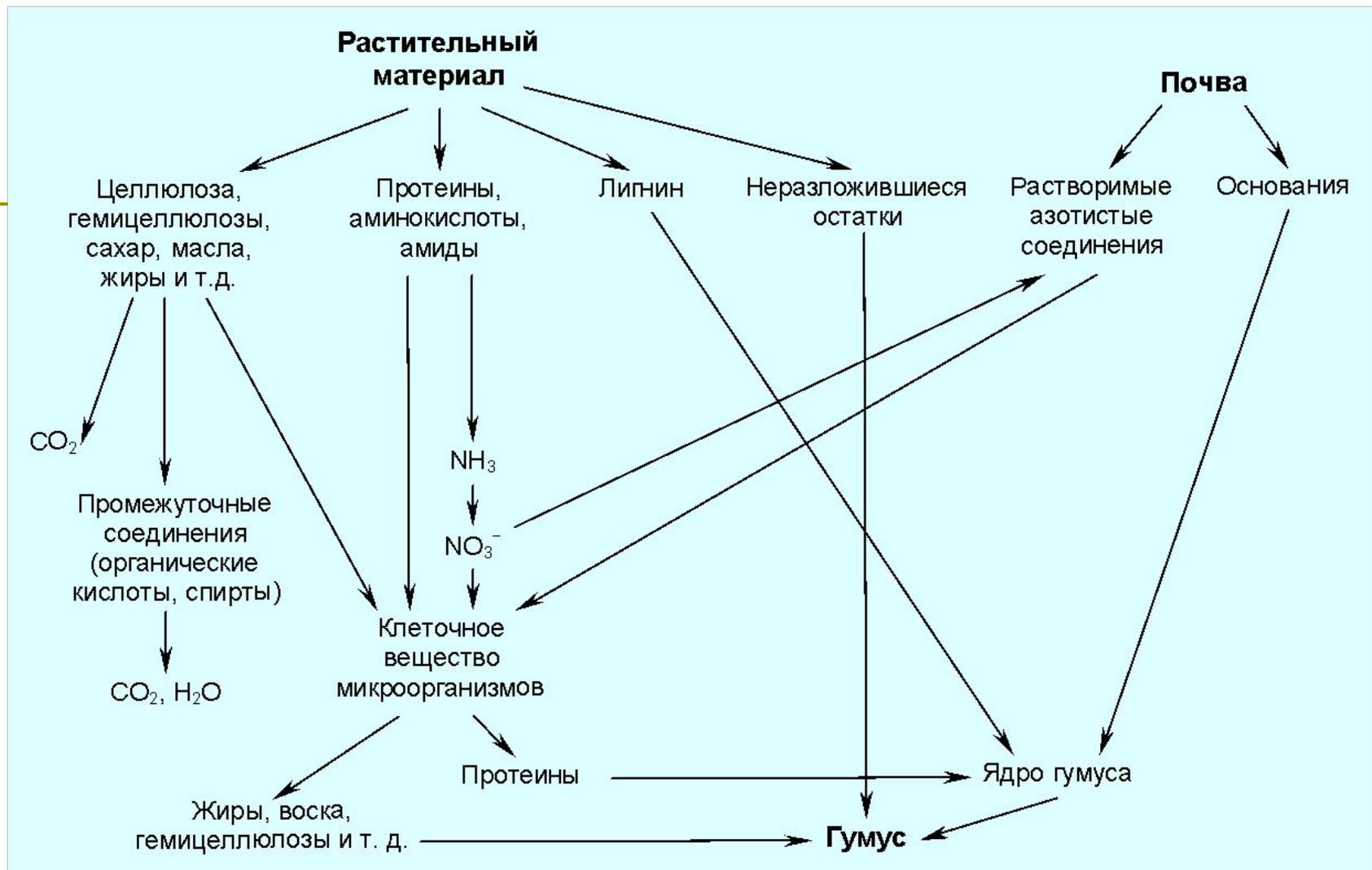
- количества и качественного состава остатков биоты (в особенности, растений)
- интенсивности деятельности и видового разнообразия сапротрофной биоты
- условий среды (режимов влажности и аэрации, кислотности и направленности окислительно-восстановительных процессов)

ГИПОТЕЗЫ ГУМИФИКАЦИИ

- гипотезы образования ГВ в результате трансформации растительного материала
- гипотезы химической полимеризации ГВ из низкомолекулярных органических соединений
- гипотезы клеточного автолиза
- гипотезы биосинтеза гуминовых веществ

В соответствии с *гипотезами образования гуминовых веществ в результате трансформации растительного материала*, допускается, что **некоторые составляющие растительных тканей, такие как лигнофицированные компоненты**, будучи относительно устойчивы к действию микроорганизмов, накапливаются в почве, **изменяясь только внешне**, и в совокупности представляют собой её органическую часть. Подчёркивается, что состав и свойства гуминовых веществ **определяется природой исходного растительного материала**.

В течение первой стадии гумификации образуются высокомолекулярные гуминовые кислоты и гумины. Затем они трансформируются в фульвокислоты и, в конечном счете, разрушаются до углекислого газа.



Схематическое изображение механизма образования гумуса при разложении в почве растительных остатков (по: С. А. Ваксман, 1937)

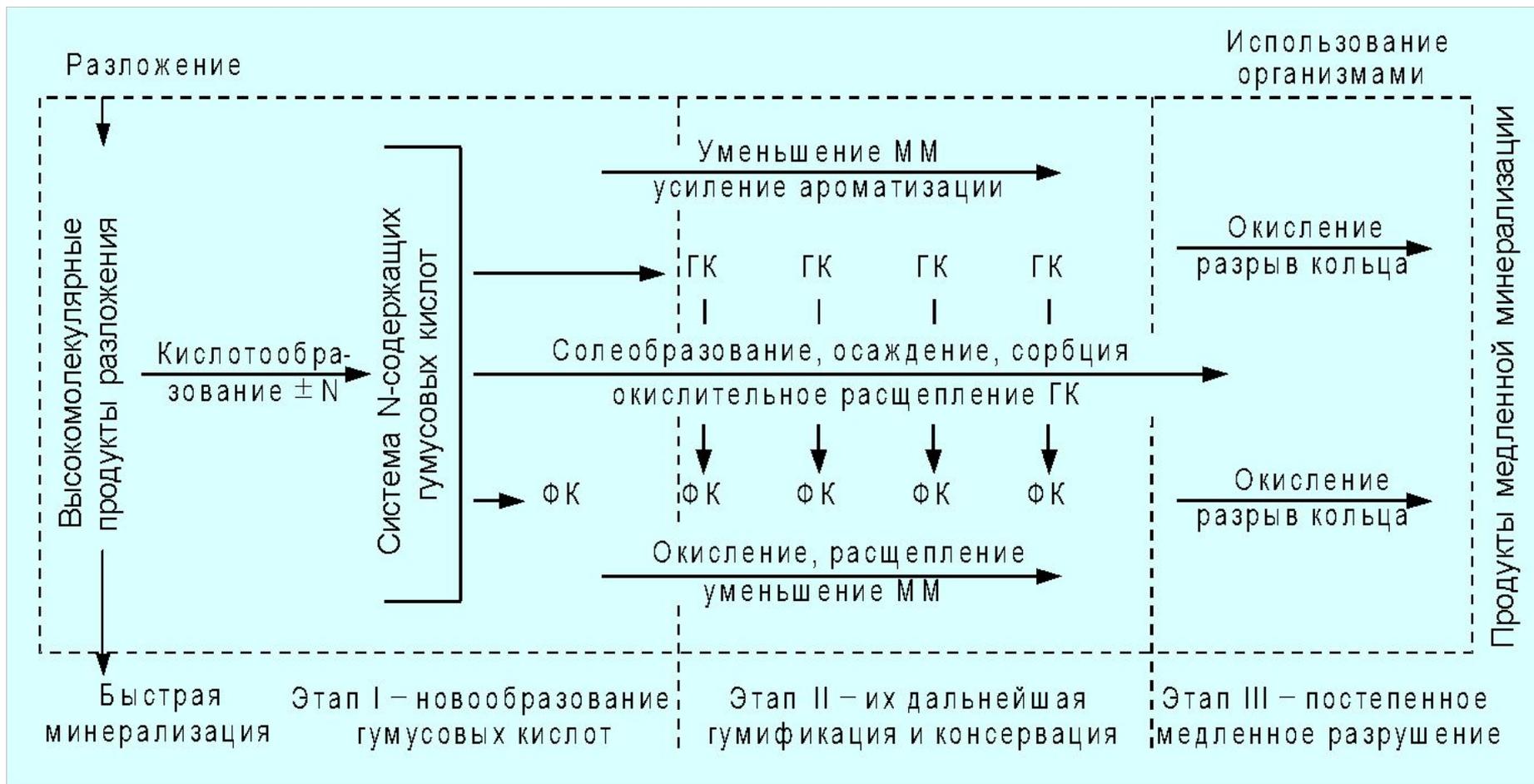
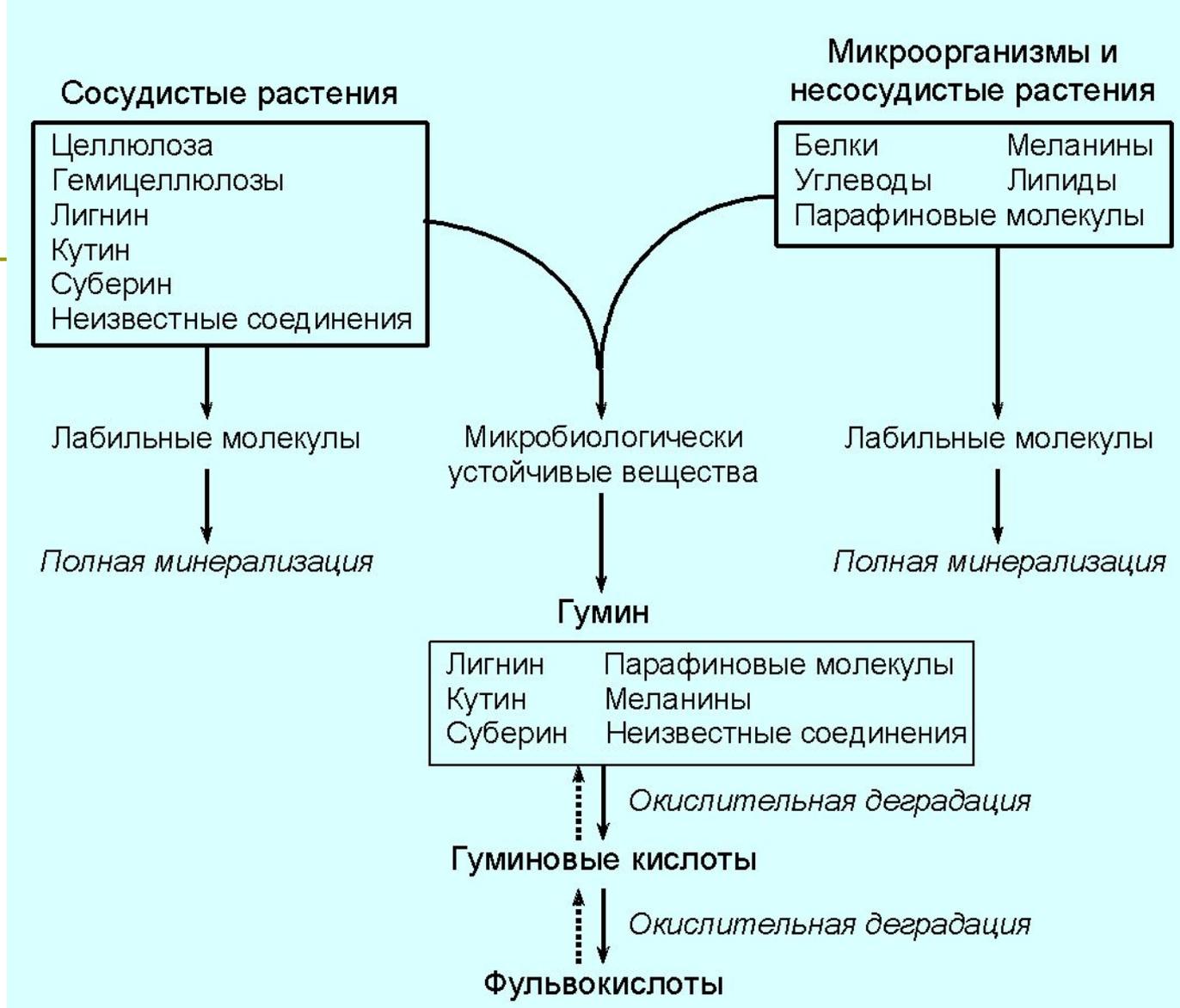


Схема гумификации и дальнейшей трансформации

гумусовых веществ в почве

(по: Л. Н. Александрова, 1980)



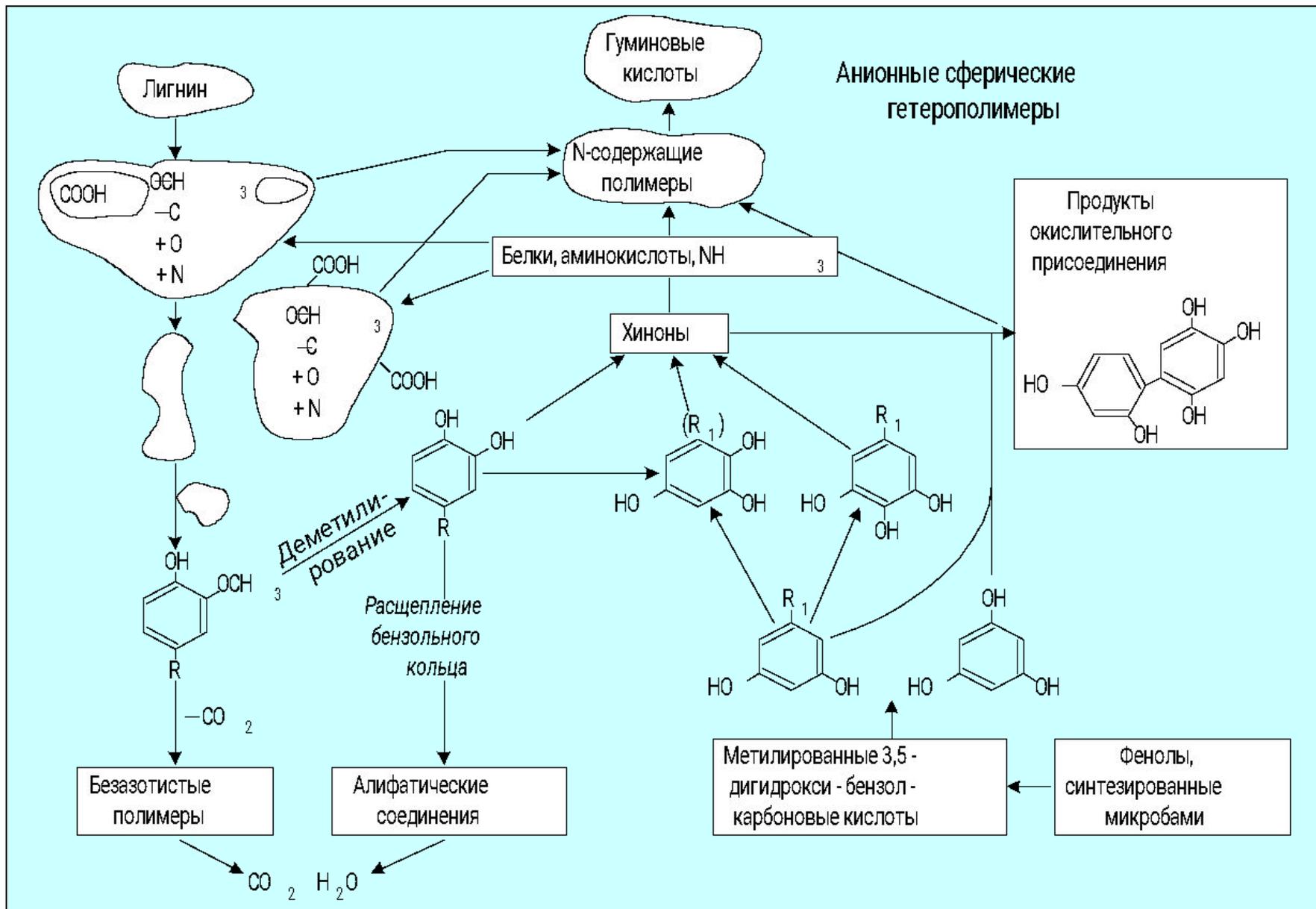
Деградиционный путь образования гуминовых веществ
 (по: P. G. Hatcher, E. C. Spiker, 1988)

Согласно *гипотезам химической полимеризации* сначала растительный материал под воздействием микроорганизмов преобразуется **в фенолы и аминокислоты**, а затем **низкомолекулярные органические соединения окисляются и полимеризуются в гуминовые вещества**.

В соответствии с этой точкой зрения состав исходного растительного материала не влияет на природу гуминовых веществ.

Эти гипотезы включают в себя и конденсационную, гипотезу самопроизвольной (абиотической) полимеризации или же конденсационно-полимеризационную.

Схема гумификации (по: W. Flaig, 1988)



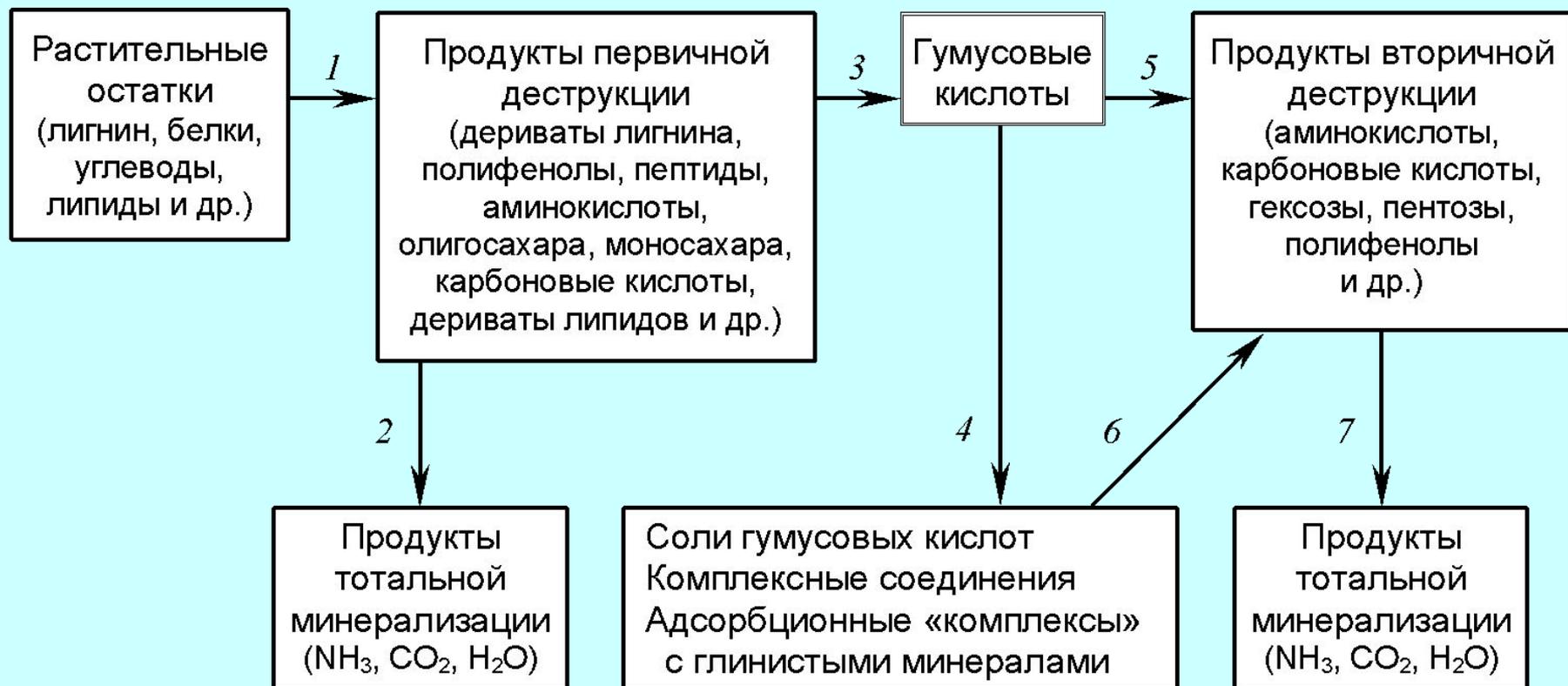


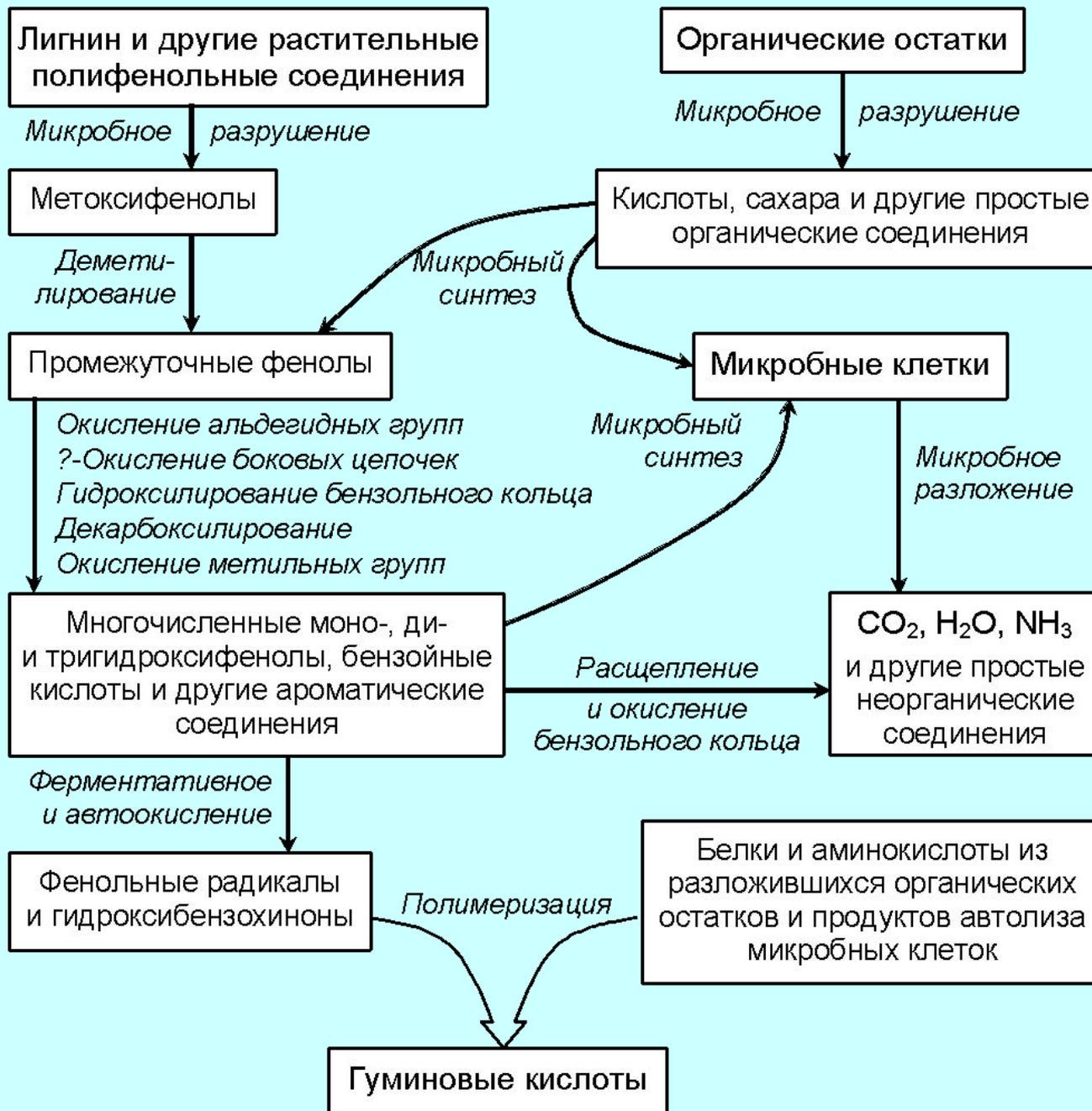
Схема трансформации органических веществ

(по: И. Д. Комиссаров, 1978):

1, 2, 5–7 — гидролиз, окисление; 3 — гумификация (конденсация, сополимеризация, молекулярное комплексообразование); 4 — солеобразование, молекулярное комплексообразование)

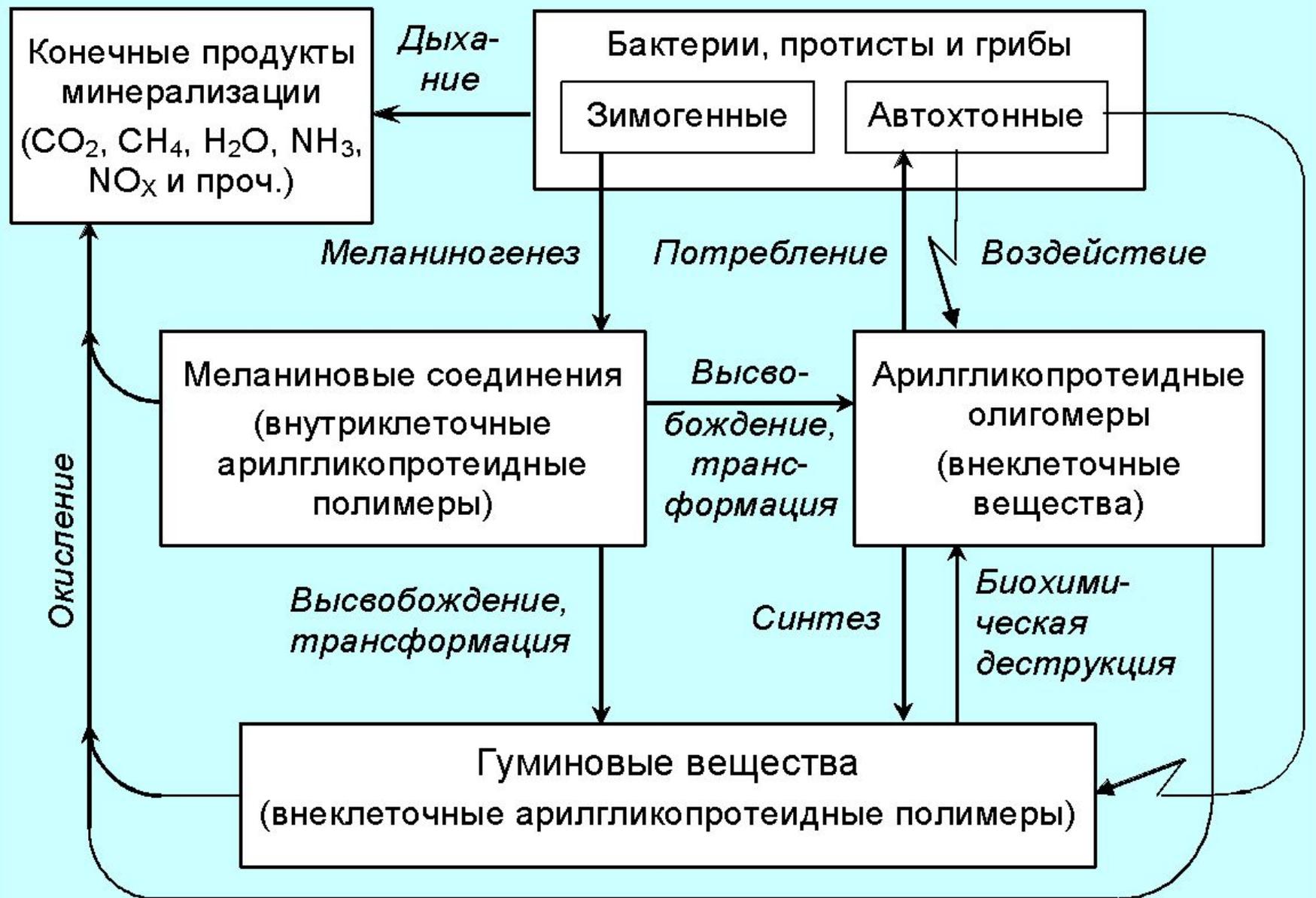
С позиций *гипотез клеточного автолиза* гуминовые вещества представляют собой продукт саморастворения растительных клеток и тел микроорганизмов после их отмирания под влиянием ферментов, содержащихся в клетках этих же организмов.

Продукты разрушения этих клеток (сахара, аминокислоты и некоторые ароматические соединения — фенолы и хиноны) конденсируются и полимеризуются посредством свободных радикалов.



Схематическое изображение синтеза гуминовых кислот в почве (по: J. P. Martin, K. Haider, 1971)

В соответствии с гипотезами биосинтеза предполагается, что в клетках микроорганизмов при использовании ими растительных тканей в качестве источников углерода и энергии синтезируется высокомолекулярный материал, подобный гуминовым веществам, — **меланин**, который после отмирания микроорганизмов поступает в биокосные тела.



Биосинтез гуминовых веществ

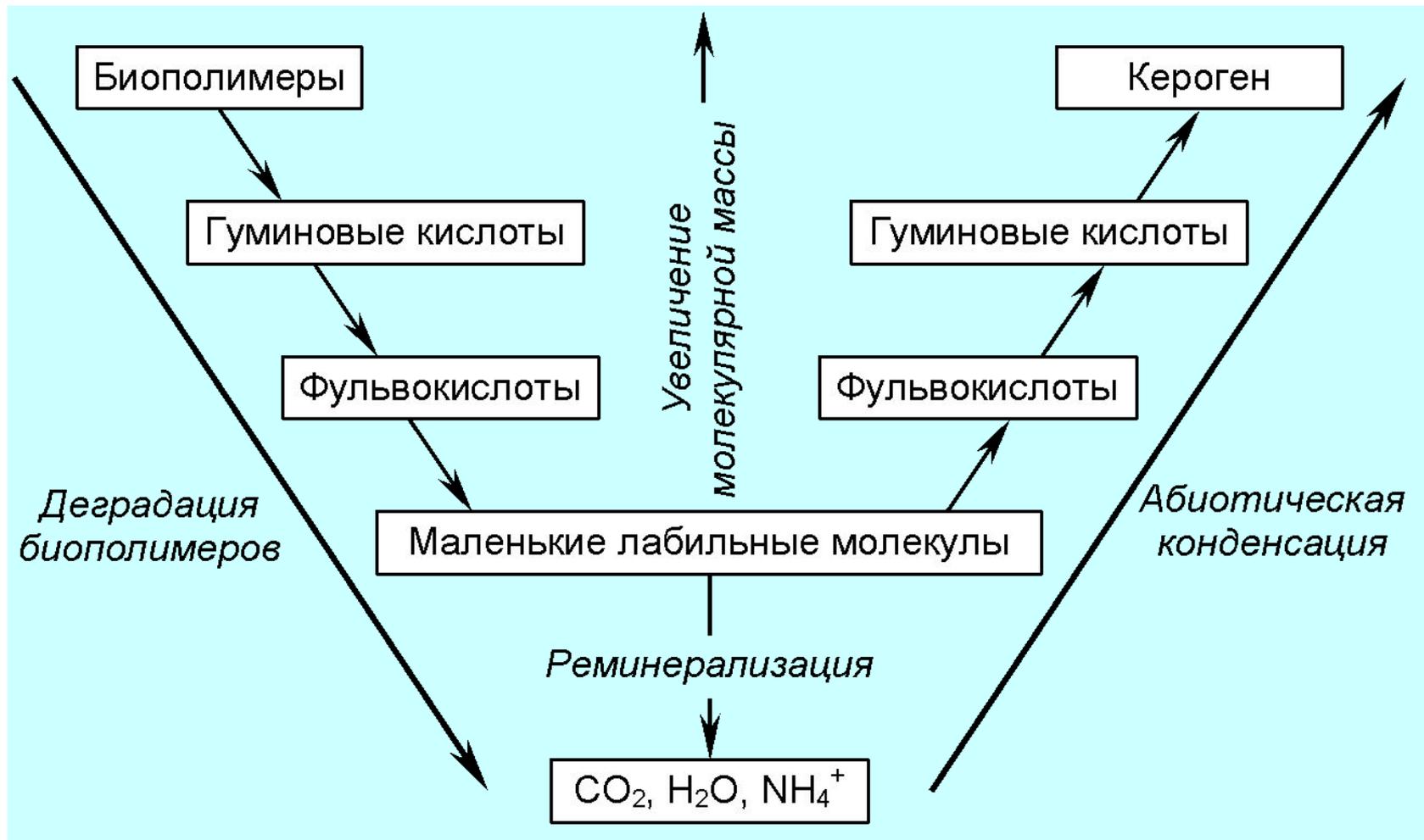
Обобщающие гипотезы гумификации

Существуют такие гипотезы гумификации, в которых для объяснения процесса используется несколько механизмов образования ГВ.

Например, Дж. И. Хедгес считает, что на **первом этапе** гумификации в результате ферментной деградации биополимеров сначала образуются ГК, а затем ФК. Полимеризация происходит в пределах клеток в результате **вторичного метаболизма**.

На **втором этапе** гумификации происходит абиотическая конденсация или «реполимеризация» реакционноспособных небольших молекул с формированием ФК, потом ГК и керогена.

При этом оба пути гумификации являются не взаимоисключающими, а взаимодополняющими.



Схематическое представление деградации биополимеров
 абиотической конденсации при образовании гуминовых
 веществ

(по: J. I. Hedges, 1988)

По мнению В. Зихмана наиболее важными реакциями при образовании ГВ являются: разложение углеводов и других природных неароматических продуктов, а также синтез ароматических веществ, подобных фенолам, и продуктов разложения лигнинов и других ароматических соединений (продуктов).

Начальная фаза гумификации — преобразование органического материала в устойчивые ГВ — определяется деятельностью почвенной биоты. После разложения органических остатков (1.1) происходит образование предшественников и истинных ГВ (1.2).

Формирование тёмно-окрашенных продуктов (3) на этой стадии процесса гумификации может также объясняться протеканием реакции Майера.

На второй стадии (2) исходным материалом являются кислоты ароматического ряда, фенолы и другие низкомолекулярные соединения.

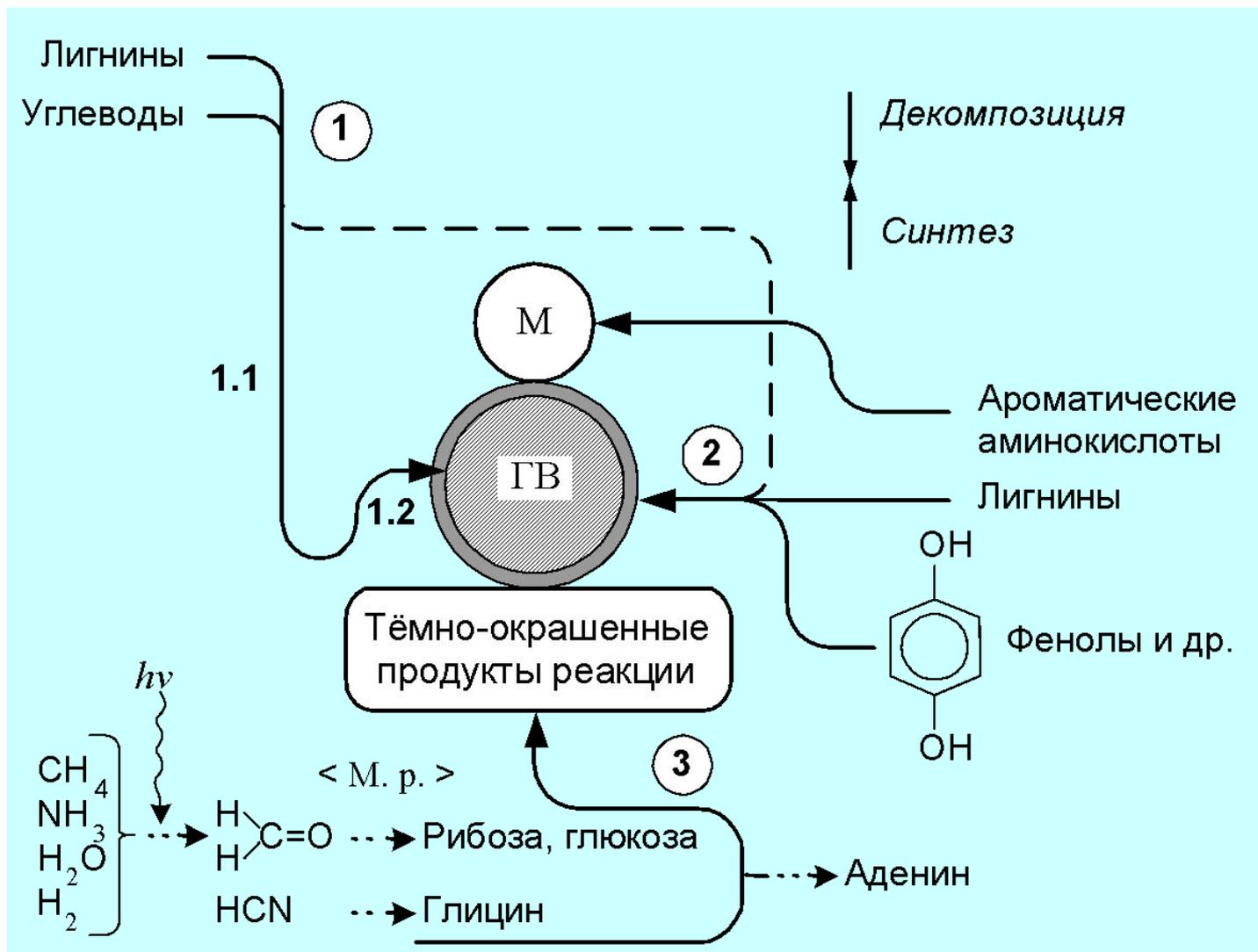


Схема образования гуминовых веществ

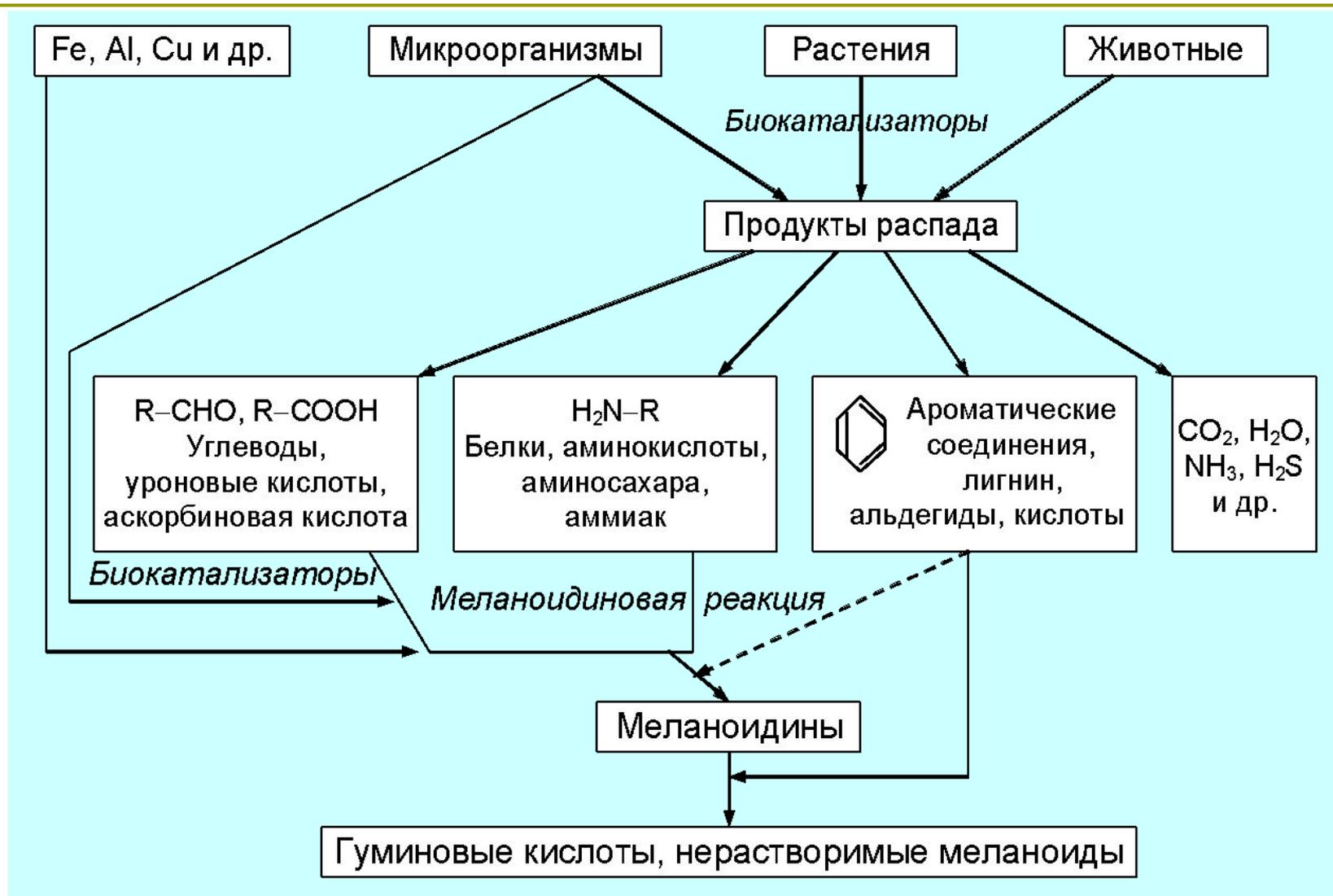
(по: W. Ziechmann, 1988): М — меланины;
 ГВ — гуминовые вещества; М. р. — реакция Майера

Как считает В. Зихман, при образовании ГВ из исходных ароматических соединений можно выделить пять стадий:

- 1) биогенез ароматических или неароматических компонентов;
- 2) микробиологическое разложение ароматических веществ;
- 3) образование свободных радикалов;
- 4) фаза конформации;
- 5) образование системы ГВ.

Один из химических способов получения гуминовоподобных веществ — так называемая реакция Майера, суть которой состоит в полимеризации сахаров и аминокислот с образованием тёмно-окрашенных органических соединений (меланоидов или меланоидинов)

Превращение органических веществ в природных процессах (по: С. М. Манская, Т. В. Дроздова, 1962)



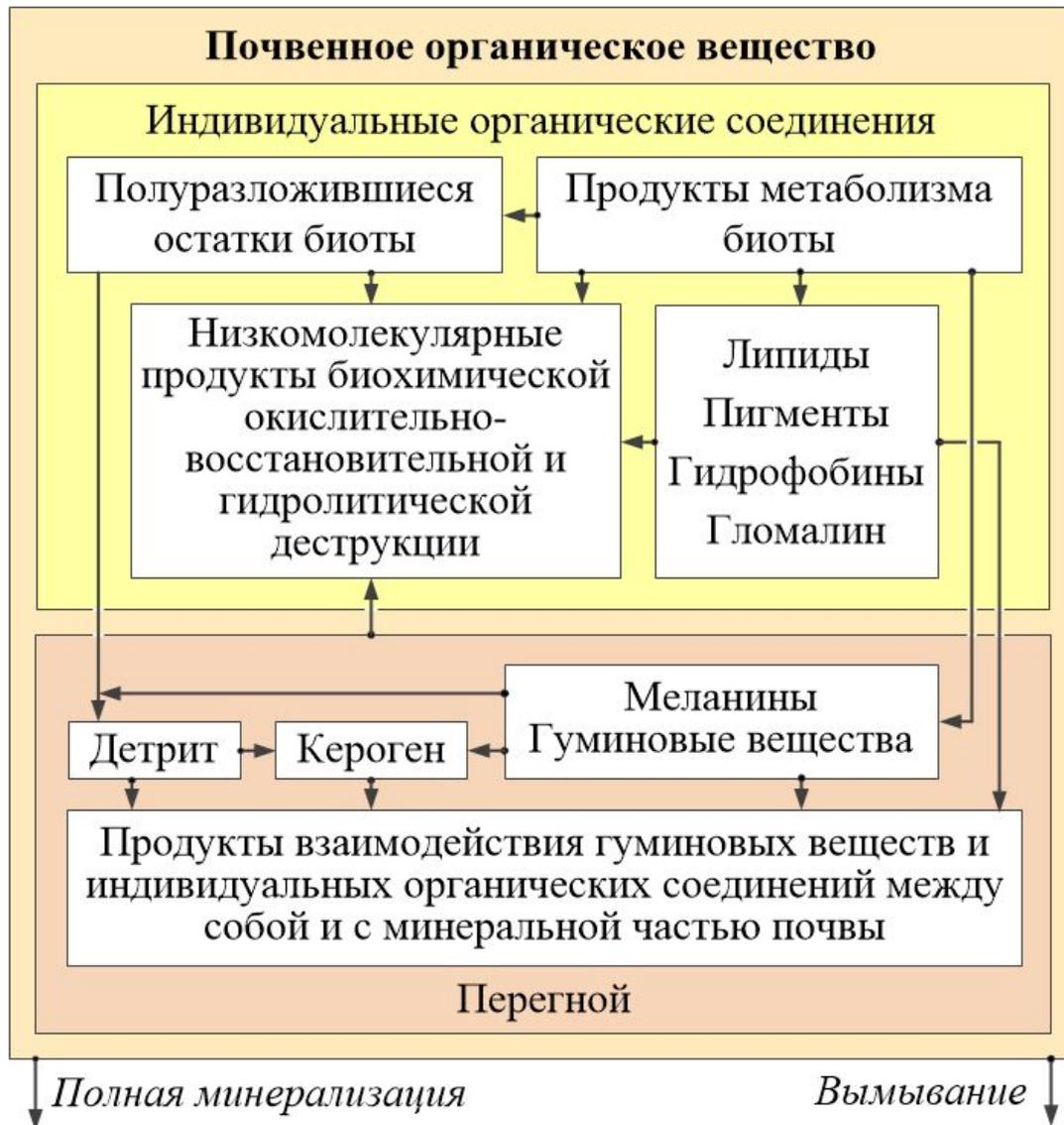
Согласно меланоидиновой гипотезе образования ГВ С. М. Манской и Т. В. Дроздовой основное звено гумификации состоит в конденсации хинонов с аминосоединениями типа меланоидов — продуктов взаимодействия хинонов с сахарами, пептидами, аминокислотами, аминами и аммиаком.

В меланоидиновой реакции могут участвовать белки и продукты их распада, уроновые кислоты, продукты распада полисахаридов — целлюлозы, гемицеллюлоз, а также хитина и др.

Другим способом получения искусственных гуминовоподобных веществ (например, так называемых лигногуминовых) является высокотемпературный (выше 100° С) гидролиз лигнинсодержащего материала в кислой или щелочной среде.

Считается, что гуминовоподобные вещества образуются из дериватов лигнина и продуктов разложения углеводов.

Почвенное органическое вещество



Почвенное органическое вещество (ПОВ) – сложный комплекс индивидуальных соединений и гуминовых веществ (ГВ), а также продуктов взаимодействия между собой и с минеральной частью почвы.

Почвенное органическое вещество

В составе ПОВ кроме **гуминовых веществ** выявлены:

- ▣ **липиды** (жиры, воски, смолы и др.);
- ▣ **пигменты** (хлорофиллоподобные соединения, каротины и др.);
- ▣ **кероген** (полимерные органические материалы, одна из форм нетрадиционной нефти);
- ▣ **гидрофобины**;
- ▣ **гломалин**.

Липиды

Липиды — органические вещества, основным компонентом которых являются остатки жирных кислот.

Физические свойства липидов: гидрофобность, способность растворяться в органических растворителях.

Функции липидов многообразны.

Липиды являются резервным веществом животных (кроме того, у животных, обитающих в пустыне, липиды являются источником воды), некоторым растениям для развития семян также необходимы липиды.

Липиды

Липиды участвуют в процессах терморегуляции за счет малой теплопроводности.

При отсутствии липидов невозможно функционирование жирорастворимых витаминов. Энергетическая функция заключается в том, что при полном расщеплении 1 г липидов образуется 38,9 кДж энергии.

Липиды

Простые липиды — вещества, состоящие из остатков жирных кислот и спиртов. К этой группе липидов относятся **жиры** и **воски**.

Сложные липиды — вещества, состоящие из остатков жирных кислот, спиртов и дополнительных компонентов (остатка фосфорной кислоты у фосфолипидов или углеводного остатка у гликолипидов).

Значение фосфолипидов и гликолипидов — участие в образовании клеточных мембран.

Липиды

Воски — соединения, образованные высшими карбоновыми кислотами и высокомолекулярными одноатомными спиртами различного строения.

В состав восков входят около 300 различных веществ, среди которых преобладают сложные эфиры, углеводороды, свободные жирные кислоты, ароматические вещества, вода, красящие, минеральные и другие вещества.

Липиды

Жиры — простые липиды, по химическому строению представляют собой сложные эфиры жирных кислот и глицерина.

Все жирные кислоты в своем составе содержат карбоксильную группу (или как ее еще называют, головку жирной кислоты) и радикал (или хвост, который является гидрофобным).

Различия между жирными кислотами связаны с различным строением их радикала.

Липиды

Насыщенные жирные кислоты — жирные кислоты, радикал которых не содержит двойных связей.

Если в составе жира большее количество насыщенных кислот, он будет иметь твердую консистенцию.

Ненасыщенные жирные кислоты

характеризуются наличием двойных связей в радикале.

Если в составе жира преобладают ненасыщенные жирные кислоты, он будет иметь

Гидрофобины

Гидрофобины – амфифильные белки, встречающиеся исключительно в мицелиальных грибах и состоящие из примерно 100 ± 25 аминокислотных остатков, в том числе из восьми остатков цистеина, образующих дисульфидные мостики, содержат типичную N-концевую последовательность сигнала секреции.

Степень гомологии аминокислотных остатков между гидрофобинами невелика.

Гидрофобины

Гидрофобины оказались совершенно новым классом белков, обладающих своеобразными физико-химическими свойствами.

Для их выделения потребовалось применение методов, нетипичных для экстракции белков.

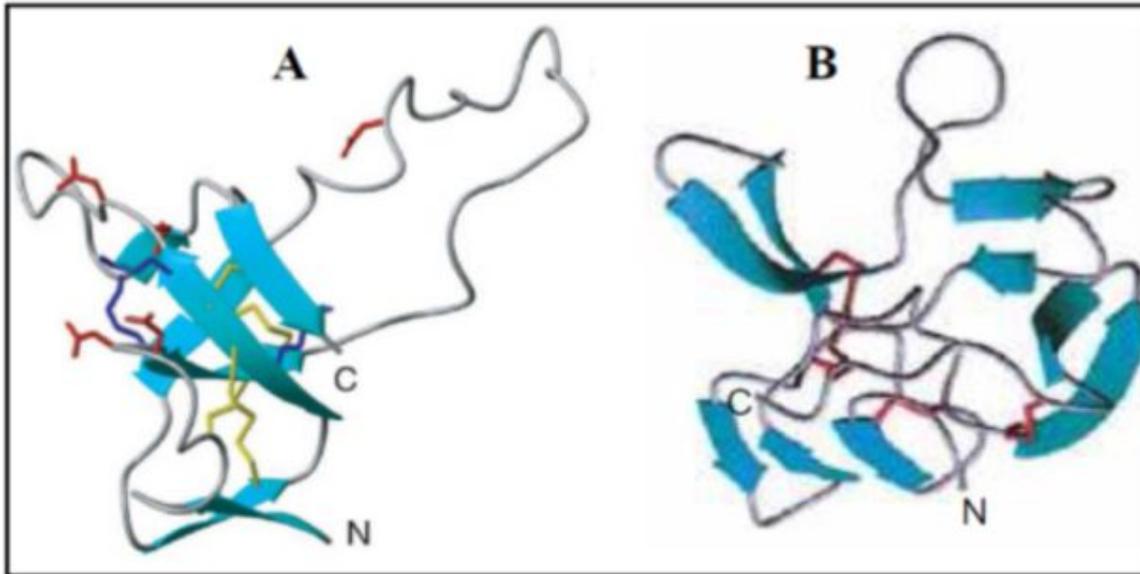
Обилие гидрофобных аминокислотных остатков и связь их с клеточной стенкой грибов и привели к мысли о названии «гидрофобины».

Гидрофобины

Гидрофобины разделяют на 2 класса: гидрофобины класса I собираются в агрегаты, которые стабильны к действию детергентов и этанола, а гидрофобины класса II могут диссоциировать до мономеров под действием этих реагентов.

Однако следует оговориться, что это разделение отнюдь не окончательное, так как многие гидрофобины все ещё не выделены и их физико-химические свойства не

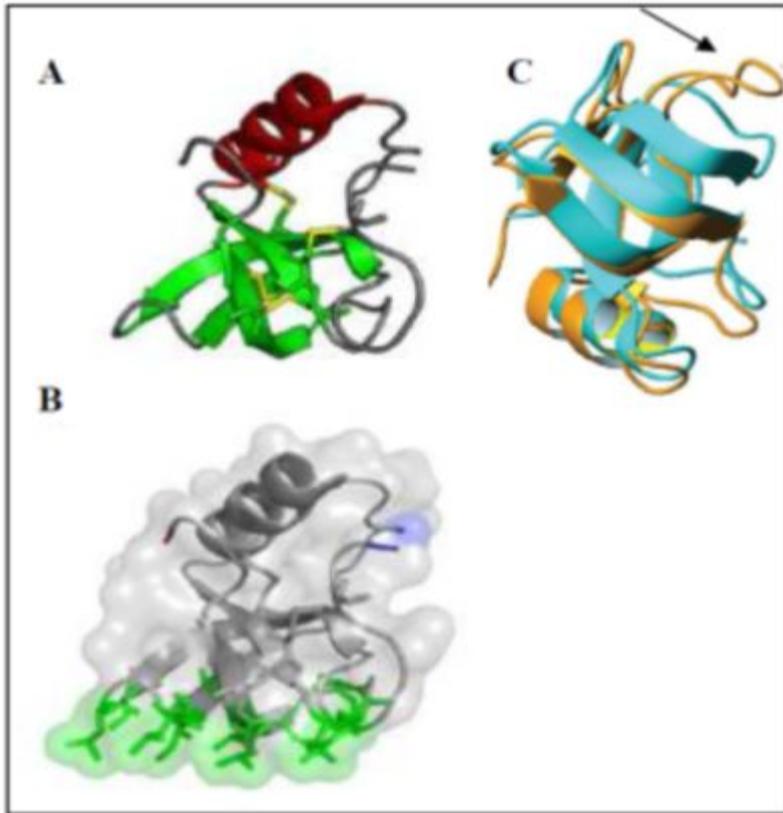
Гидрофобины



Структура гидрофобинов I класса

А - Ленточная схема растворенной структуры EAS. Цистеиновые боковые цепи показаны как желтые палочки. Положительно и отрицательно заряженные остатки показаны в виде синих и красных палочек, соответственно, Б - характерная конформация модели SC3, дисульфидный мостик показан красным цветом.

Гидрофобины



Структура
гидрофобина II
класса

А - Изображение основной структуры белка показывает в-цилиндр, образованный двумя в-шпильками (зеленый) и связывающейся б-спиралью (красный). Дисульфидные связи цистеиновых остатков показаны желтым цветом.

В - Поверхностное представление HFVII, в котором боковые цепи сохраненного гидрофобного патча показаны и окрашены зеленым цветом. N-и C-концы окрашены в синий и красный, соответственно.

С -- Две конформации наблюдались в рентгеновской кристаллической структуре HFVI. Наложение двух различных молекул HFVI (показано оранжевым и голубым) в асимметричный блок с гибкой петлей,

Кероген

Кероген (от греч. *keros* — воск + *-genes* — рождающий, рождённый) — часть рассеянного органического вещества осадочных пород (низких стадий преобразования), нерастворимая в органических растворителях.

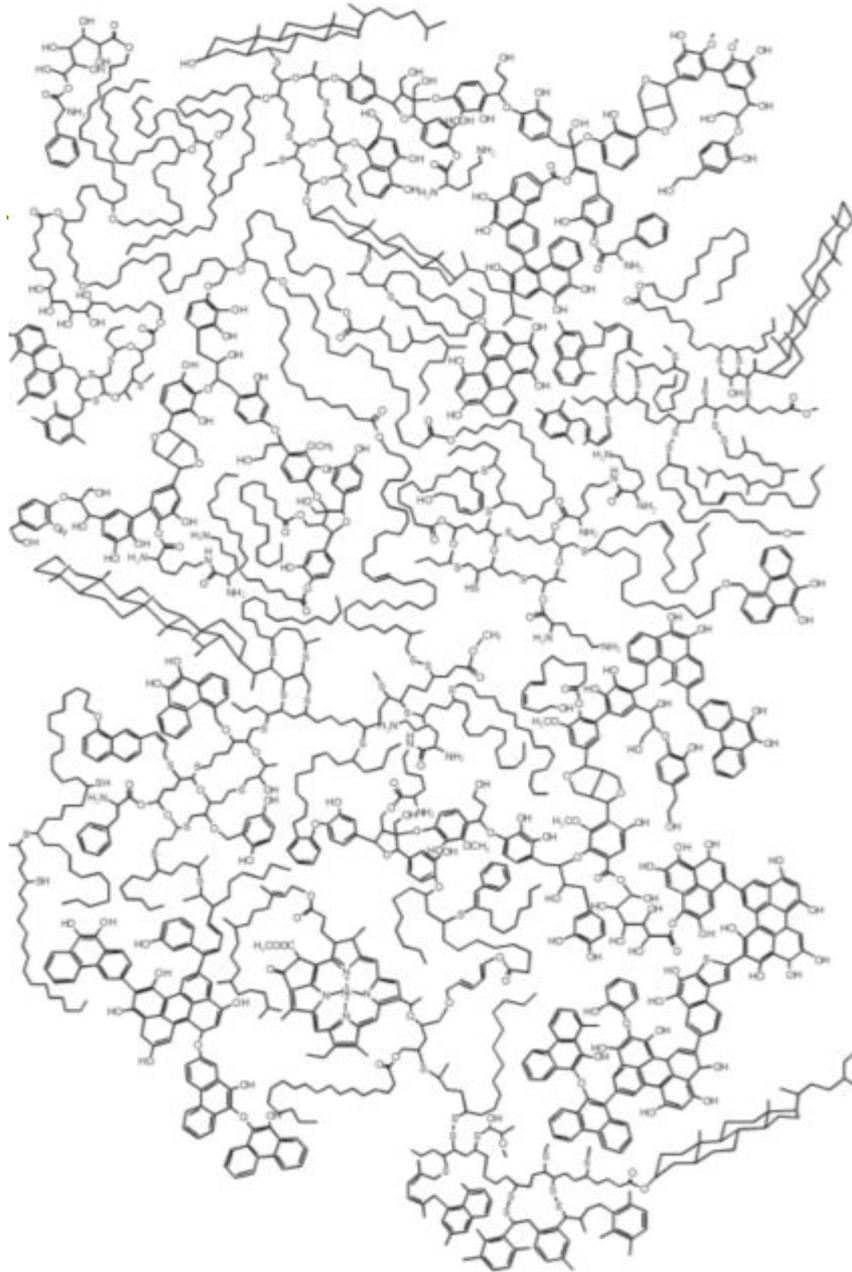
Кероген — ассоциация разнородных детритных и тонкодисперсных органических остатков, преобразованных большей частью в анаэробных условиях.

Кероген

Элементный состав керогена в зоне катагенеза (%): сапропелевого типа — С 64–93; Н 6–10; О 0–25; N 0,1–4,0; S 0,1–8,0; гумусово-сапропелевого типа — С 64–96; Н 1–5; О 3–25; N 0,1–2,0; S 0,1–3,0.

При метаморфизме увеличивается доля С и падает доля Н и гетероэлементов.

Кероген



Структуру керогена представляют в виде макромолекулы, составленной конденсированными карбоциклическими ядрами, соединёнными гетероатомными связями или алифатическими цепочками.

Кероген

Кероген в первоначальном значении — нерастворимое органическое вещество горючих сланцев, из которого при деструктивной перегонке образуются нефтеподобные продукты (сланцевое масло, дёготь, смола).

Термин предложен в 1912 году шотландским учёным Александером Крам Брауном в применении к шотландским горючим сланцам.

Кероген

Современная трактовка этого термина не однозначна.

Некоторые исследователи относят к керогену всё сингенетичное вмещающим породам рассеянное органическое вещество любого генетического типа; другие — лишь нерастворимую в органических растворителях часть.

Гломалин



Впервые открыла и назвала **гломалин** американская почвовед Сара Райт в 1996 году, а необходимость выделения из почв этих соединений была обоснована микробиологом Кристиной Анной Николс.

Гломалин

Гломалин – продукт жизнедеятельности арбускулярных микоризных грибов (АМГ), поэтому это вещество и было названо «**гломалин**» в честь порядка АМГ – *Glomales*



Вещество, покрывающее микроскопический гриб, растущий на корне кукурузы, – гломалин.

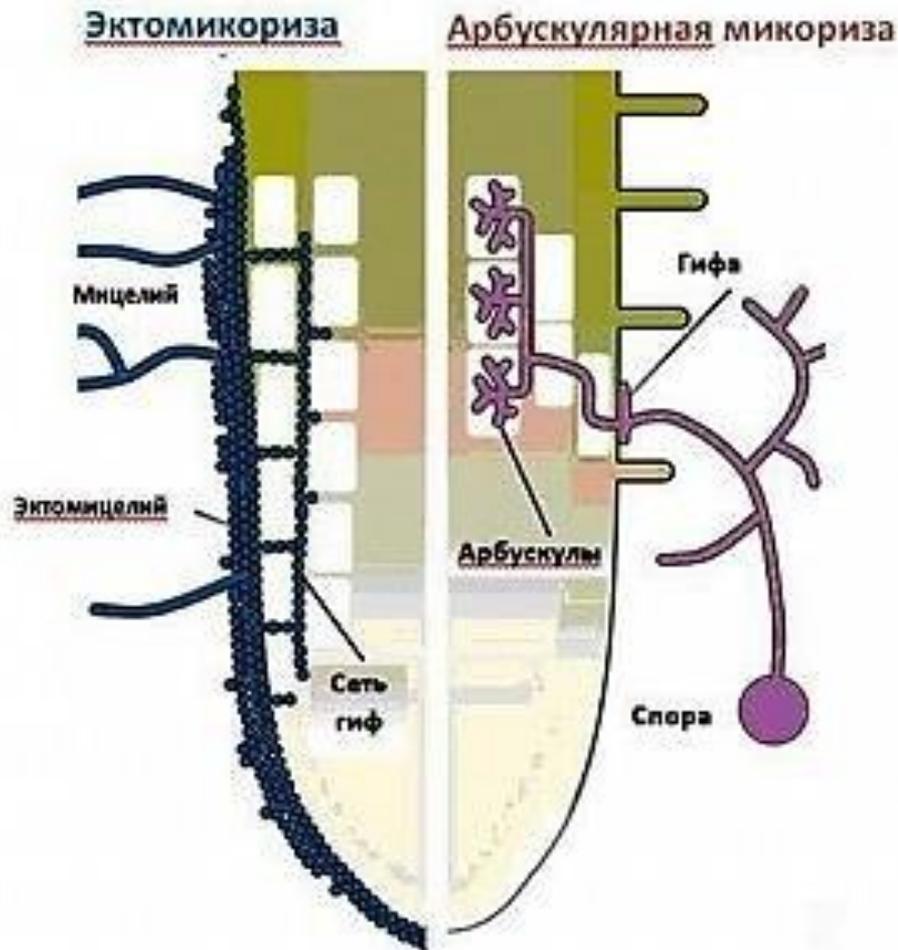
Фото *Dr. Sara Wright.*

Распространенность микориз среди растений

(по Wang, Qiu, 2006)

Группа растений	Количество изученных видов	Облигатно-микоризные	Факультативно-микоризные	Немикоризные
		Доля, %		
Мхи	143	42	4	54
Споровые	426	43	9	47
Голосеменные	84	99	1	0
Цветковые	2964	72	3	14
ВСЕГО	3617	68	12	20

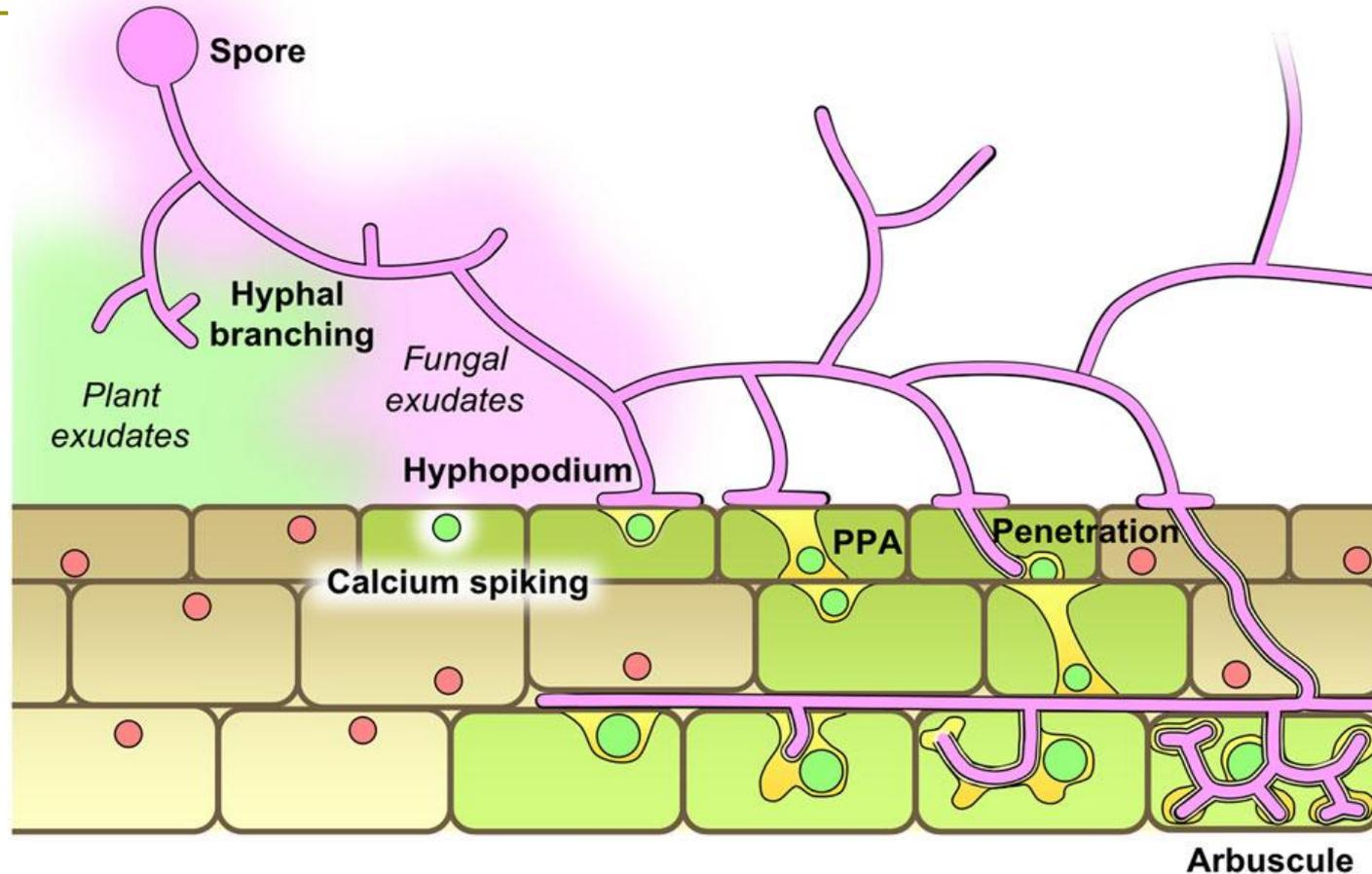
Эктомикориза и арбускулярная эндомикориза



Сравнение
эктомикоризы
(наружной) и
арбускулярной
эндомикоризы.

Эндомикориза
образует арбускулы
внутри корней
растений, в которых и
происходит обмен
углеводов на

Арбускулярная эндомикориза



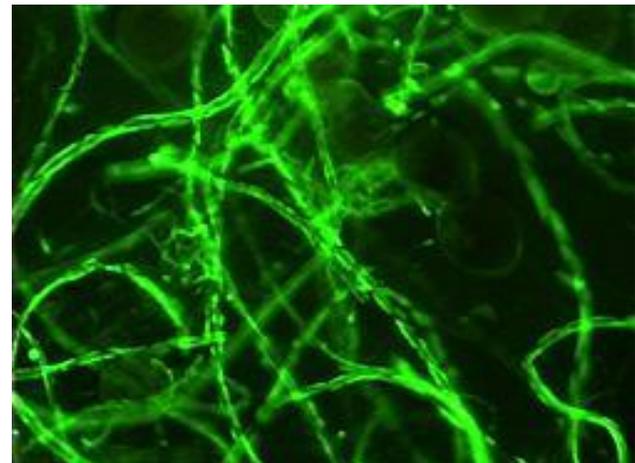
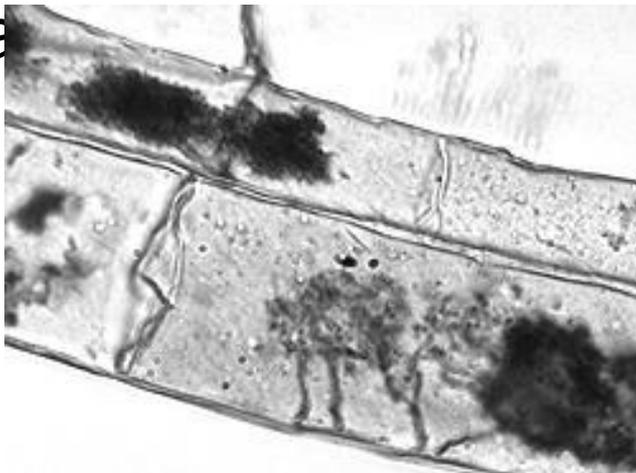
Арбускулы **эндомикоризы** внутри корня растения.

Гломалин

Гломалин – *гликопротеин*, представляющий собой сложное органическое гидрофобное соединение красного цвета, которое способно связывать железо.

Гломалин имеет много общих черт с другими биомолекулами, такими как гидрофобины и ГВ.

Гломалин характеризуется иммунореакционными свойствами



Гломалин

С позиции биохимии, **гликопротеины**, или более корректно, **гликоконъюгаты – белки**, содержащие углеводный компонент (**гликан**), ковалентно связанный с полипептидной основой.

Углеводы, как правило, присоединены к белку либо *N*-гликозидной связью к амидному азоту аспарагина, либо *O*-гликозидной связью к гидроксигруппе остатка серина, треонина, гидроксизина.

Доля углеводов в них варьирует от 15 до 20 % по массе, не содержат урсонных кислот, углеводные цепи содержат не более 15 звеньев, при этом углеводы имеют нерегулярное строение.

Свойства гломалина

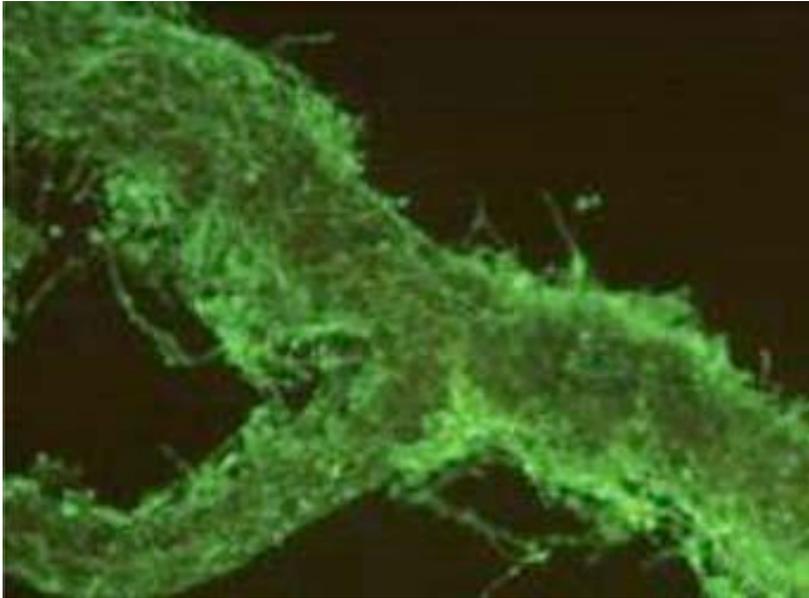
Гломалин, образующий макромолекулы, входят в состав ПОВ и важен для оструктурирования почв.



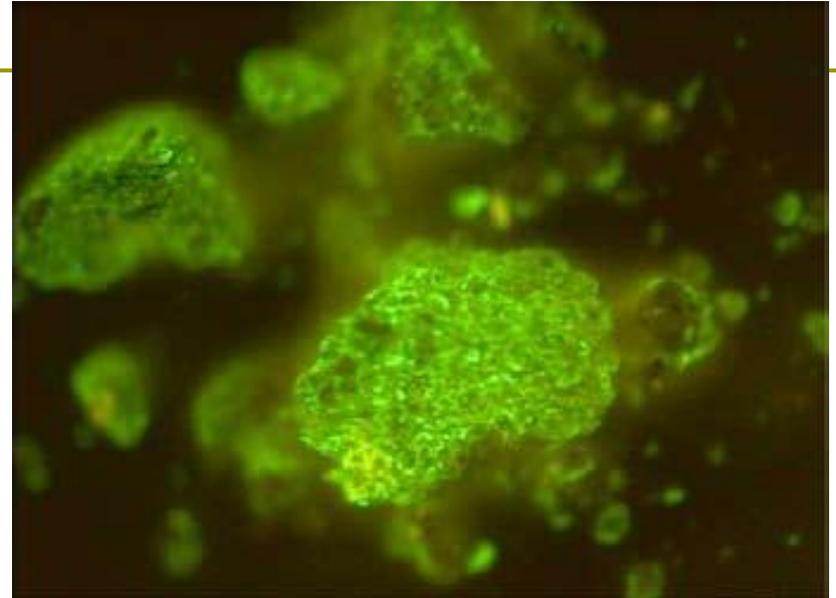
Корни, гифы грибов и полисахариды стабилизируют макроагрегаты и оструктуривают почвы.

Foto Dr. João de Moraes Sá.

Свойства гломалина



Корень растения, сильно
инфицированный
микоризными грибами,
выделившими гломалин.



Макроагрегаты почвы,
склеенные гломалином.

Фото Dr. Sara Wright.

Свойства гломалина

- оказывает благоприятное влияние на большинство сельскохозяйственных культур,
- обнаружен во всех почвах,
- образуется в больших количествах (от 2-15 до 60 мг/г почвы и больше),
- нерастворим в воде,
- устойчив к разложению (скорость деструкции от 7 до 42 и даже 100 лет).

Функции гломалина

- сохраняет углерод и/или азот в почве,
- удерживает влагу вблизи корней,
- улучшает круговорот питательных веществ,
- увеличивает просачивание влаги в почве,
- улучшает проникновение корней за счёт снижения сопротивления пенитрации,
- защищает гифы от потери питательных веществ,
- склеивает и стабилизирует агрегаты почвы,
- снижает воздействие эрозии и дефляции на почвы.

Гломалин

Следует заметить, что анализ **гломалина** обычно выполняется только на образцах, извлеченных при высокой температуре (121° С) буферным раствором (как правило, содержащим хелатор – чаще всего цитрат-ион).

При таких условиях **гломалин**, весьма вероятно, изменяется химически, т. к. возможны гидролиз и реакции окисления.

Кроме того, при извлечении **гломалина** могут выделяться другие вещества.

Гломалин

В настоящее время не доказано, что весь материал, который упоминается как **гломалин**, на самом деле таковым является.

К тому же между синтезом эндогликопротеинов и меланинов была выявлена общая закономерность: с увеличением в мицелии пигмента растёт и количество эндогликопротеинов.

Гломалин

Таким образом, существует ряд проблем, связанных с изучением **гломалина**.

Во-первых, современными методами пока не получен «чистый» **гломалин**.

Во-вторых, точный химический состав и наличие функциональных групп этих соединений ещё не выяснен.

В-третьих, иммунореакционные свойства **гломалина**, проявляются не всегда.

Гломалин

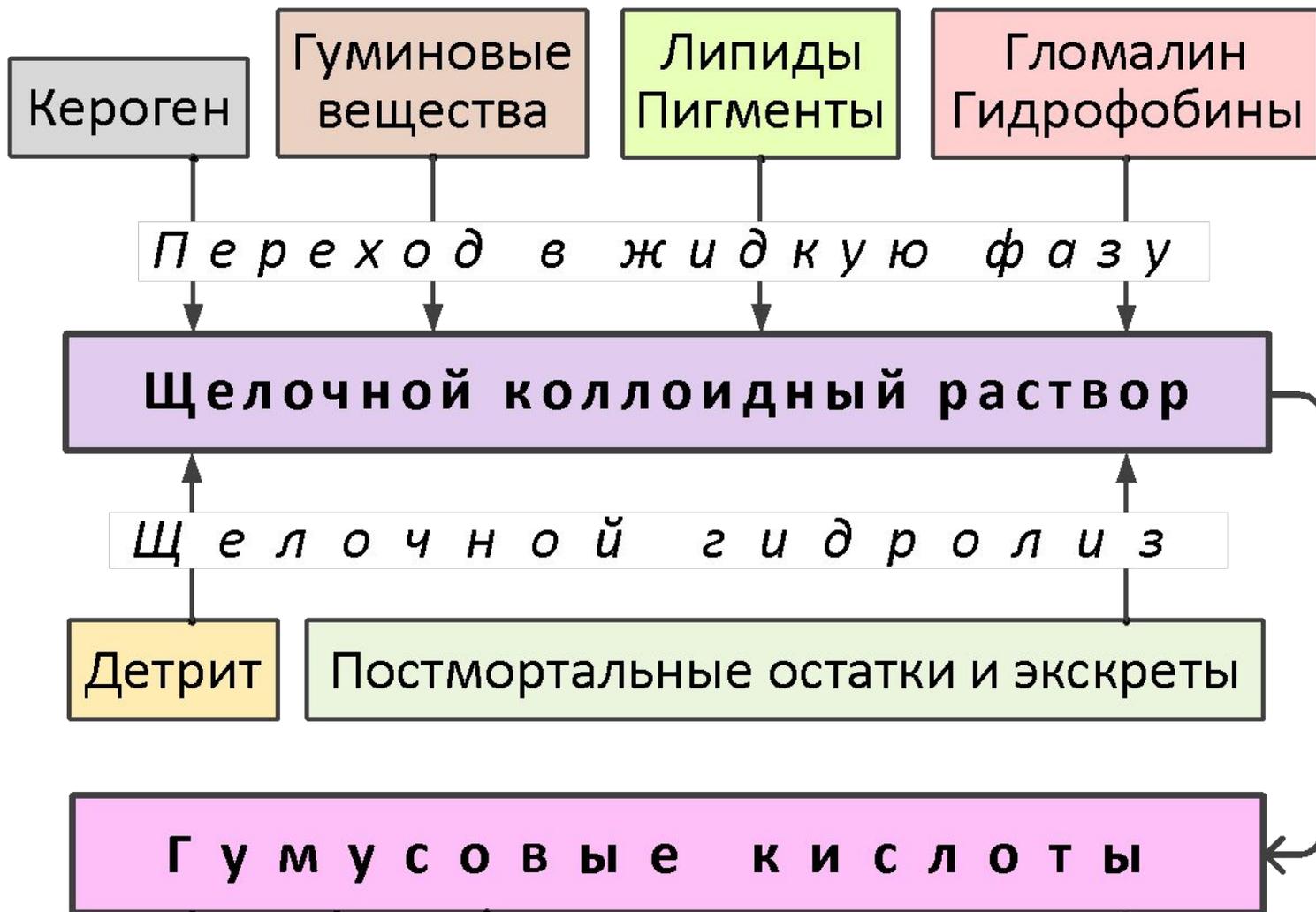
По нашему мнению, единственным решением изучения почвенных гликополимеров, является относительно простое и адекватное их извлечение.

Кроме того, необходим метод позволяющий отделить гуминовые вещества и меланины от гломалина и гидрофобинов.

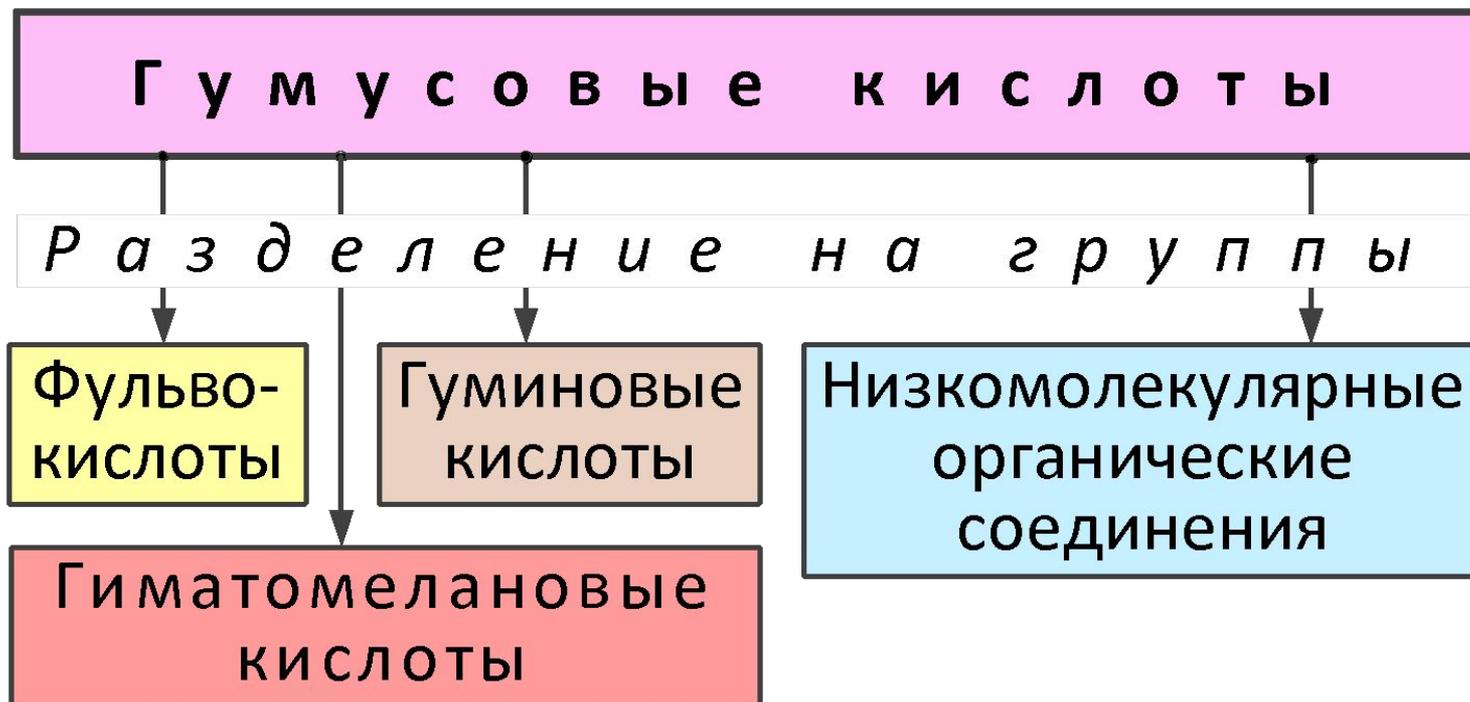
Таковым, очевидно, будет являться способ, основанный на сродстве компонентов ПОВ к тем или иным органическим растворителям.

И самое главное, надо пересмотреть методологию извлечения ГВ и других компонентов ПОВ.

Щелочное извлечение гумусовых кислот



Щелочное извлечение гумусовых кислот



**Благодарю
за внимание!**