Подводя итоги, авторы отмечают: «Переход к устойчивому обществу требует тщательно сбалансированных дальних и ближних целей и акцента на достаточности, равенстве и качестве жизни, а не на объёме производства. Он требует большего, чем продуктивность и большего, чем технологии, он требует ещё и зрелости, сострадания и мудрости… Слишком много надежд, слишком много личных амбиций, слишком большая часть современной индустриальной культуры построены на приоритете непрерывного материального роста».

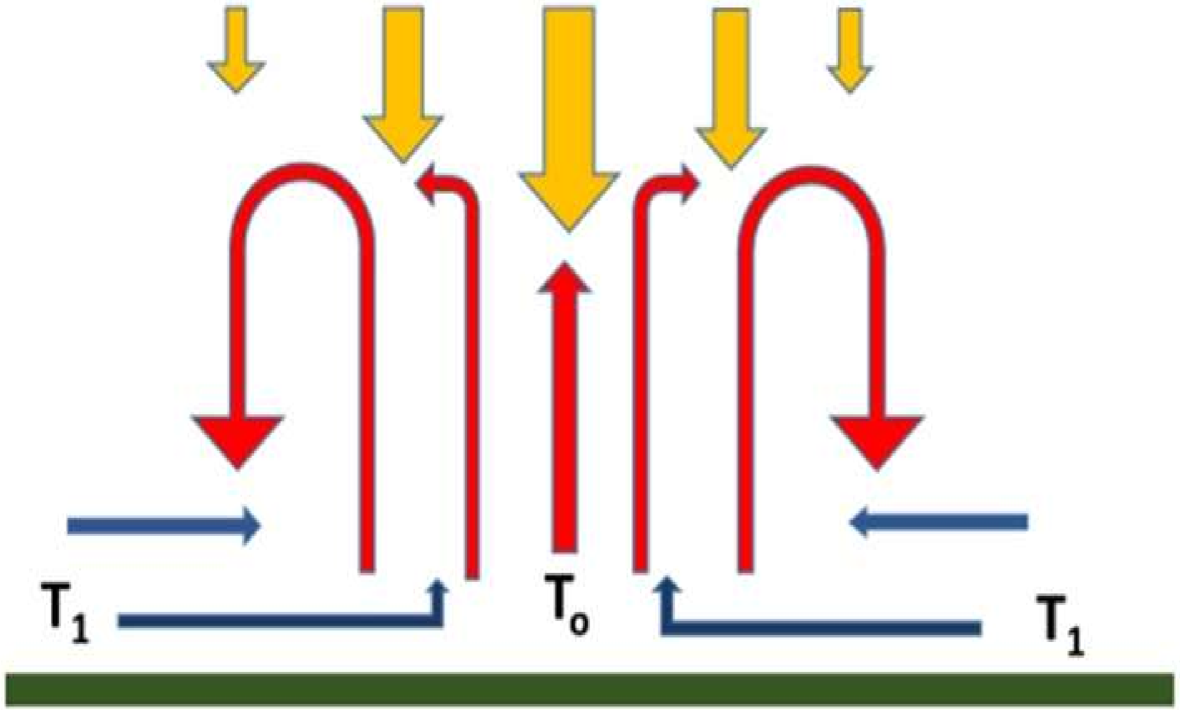


Схема формирования потоков воздуха между участками поверхности Земли с разными температурами.

T_0 больше, чем T_1

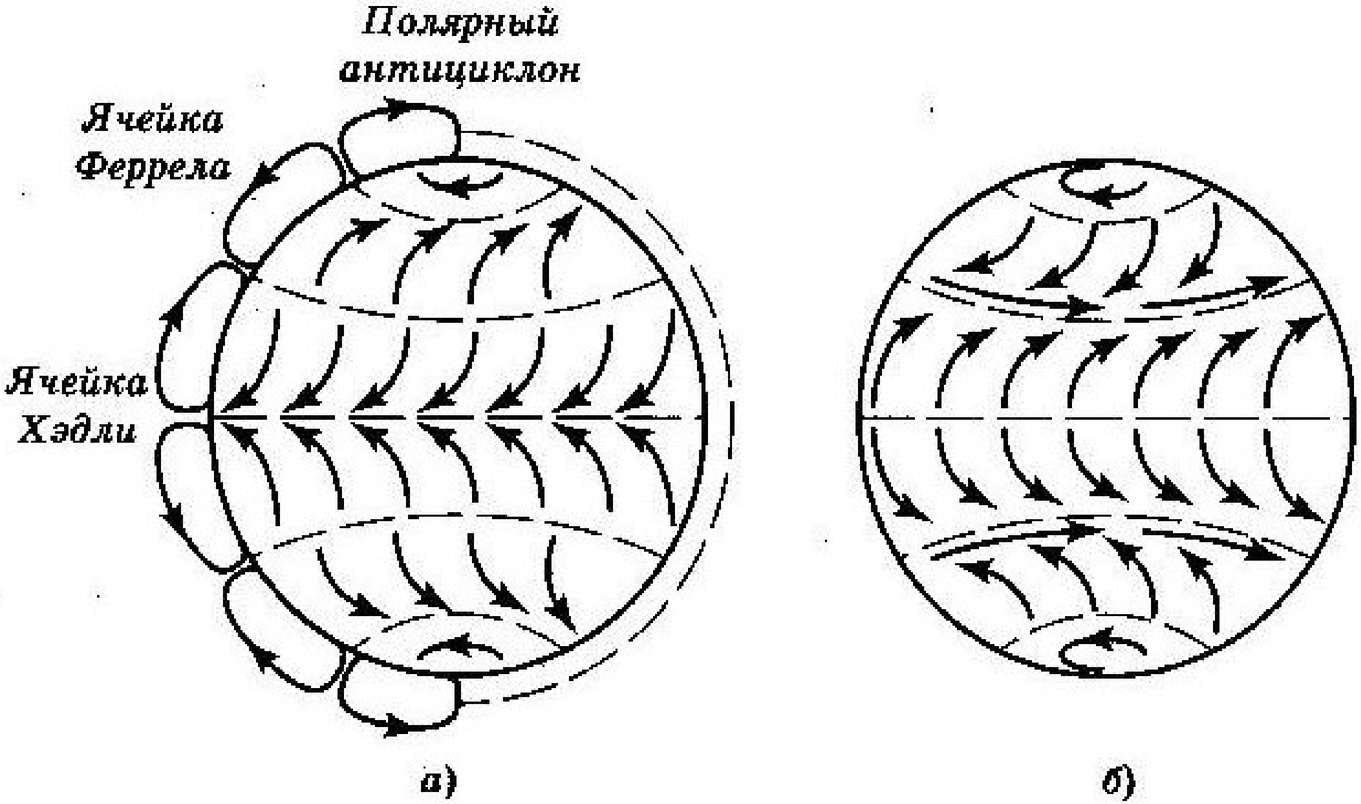
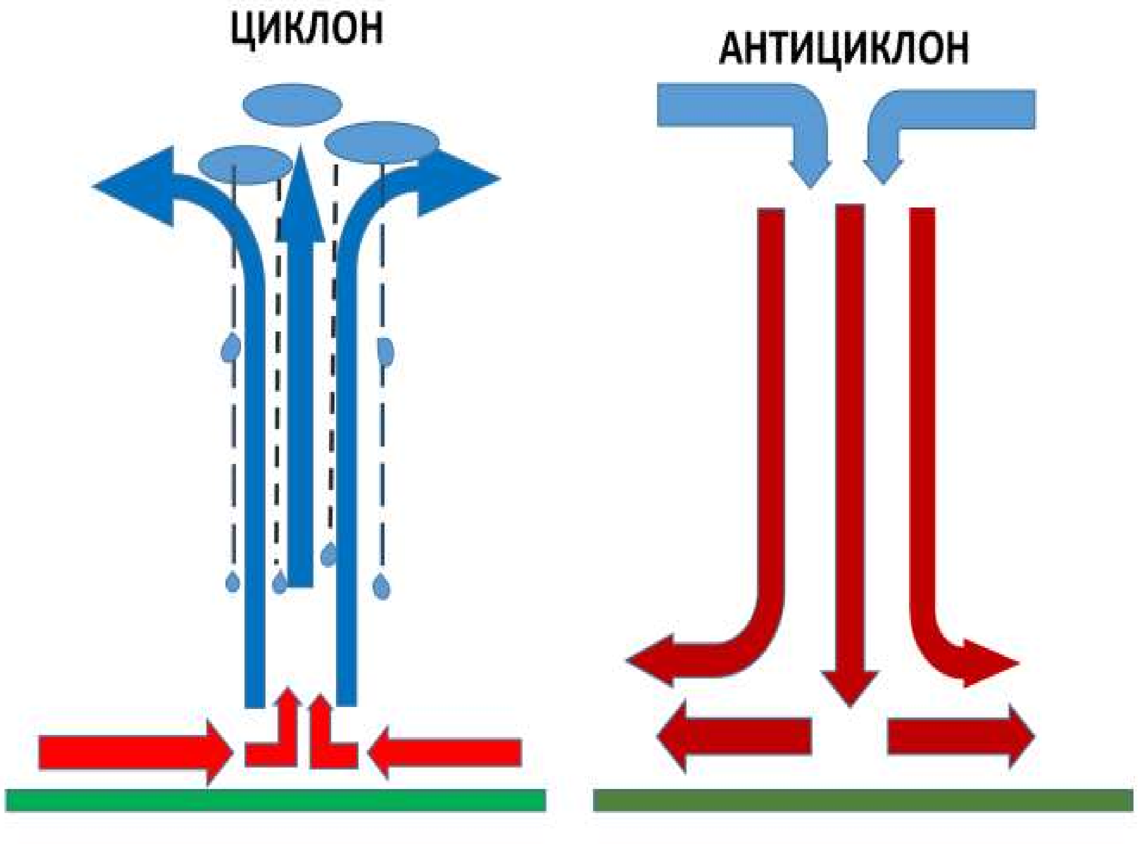


Рис. 4. Схема структуры глобальных ветров. Ячейки Хэдли, Феррела и полярные. Вид сверху:

а – приземные ветры в тропосфере и боковой разрез высотных воздушных потоков,

б – воздушные потоки в верхних слоях тропосферы



Циркуляция воздуха в циклоне и антициклоне в боковом разрезе

Типичная схема связей между продуцентами, консументами и редуцентами (деструентами) в биоценозе

Общее уравнение для скорости роста массы или численности популяции

$$dM/dt = G - D.$$

Применительно к популяции G может обозначать скорость рождения особей и скорость их иммиграций извне. D – скорость естественной смерти, гибели от хищников и охотников, а также скорость эмиграций. Величины G и D могут быть явными функциями от времени, а также от других параметров, в том числе и от M, определяя сложность модели. В простейшем случае, когда вероятность рождения и смерти особей в изолированной популяции не зависит от их плотности, G можно описать как αM, где α – средний по всей популяции коэффициент рождаемости, а скорость смерти, как βM,. Если численность популяции M достаточно велика, то можно пренебречь её целочисленностью и решать задачу в непрерывных переменных. Тогда уравнения динамики сводится к простому дифференциальному уравнению и имеет экспоненциальное решение $M = M_0 \cdot \exp(\alpha - \beta)t$, где M_0 – начальное значение. Если $\alpha > \beta$, то наблюдается экспоненциальный рост (закон *Т. Мальтуса*), если $\alpha < \beta$, то рост сменяется экспоненциальной гибелью популяции. Величина $(\alpha - \beta)$ – это *репродуктивный потенциал* популяции.

Учет торможения скорости роста популяции может быть реализован разными способами. Наиболее удачной в этом отношении является *модель Ферхюльста*, в которой снижение скорости имитируется введением в правую часть уравнения отрицательного члена, пропорционального M^2. Это можно трактовать как увеличение внутривидовой конкуренции при больших M:

$$dM/dt = (\alpha - \beta) \cdot M - \delta \cdot M^2 = r \cdot M(1 - M/k).$$

Здесь $r = (\alpha - \beta)$ – эффективный коэффициент рождаемости, *k-ёмкость среды* (адаптационный потенциал), это максимальная численность, которую может обеспечить среда обитания популяции

Уравнение Ферхюльста отражает две стратегии развития популяции. Первая («*r*-стратегия») использует высокую рождаемость особей при неблагоприятном изменении условий среды. Это – большое значение коэффициента *r*, компенсирующее плохую выживаемость потомства в неблагоприятных условиях. Вторая («*k*-стратегия») сменяет первую, когда популяция приспосабливается к условиям среды и производит немногочисленное, но полноценное хорошо приспособленное потомство.

Она увеличивает свой биопотенциал за счёт увеличения величины k-ёмкости среды.

Принципы учёта взаимодействия видов между собой в биоценозе достаточно просты и могут быть представлены наглядным способом путём обобщения уравнений для отдельных популяций.

$$dM_1/dt = a_1 \cdot M_1 - b_1 \cdot M_1^2 + b_{12} \cdot M_1 \cdot M_2,$$

$$dM_2/dt = a_2 \cdot M_2 - b_2 \cdot M_2^2 + b_{21} \cdot M_2 \cdot M_1.$$

Положительные знаки перед последними членами соответствуют *симбиозу*, когда виды поддерживают друг друга. Отрицательные знаки соответствовали бы *конкуренции*.

Несимметричная ситуация, когда в первом уравнении знак перед третьим членом положительный, а во втором уравнении – отрицательный, соответствует сообществу *хищник–жертва* (первый вид – хищник, второй – жертва). Отсутствие третьих членов означало бы *нейтрализм.* Приведенные уравнения носят названия уравнений Лотки–Вольтерры. При отсутствии внутривидовой конкуренции модель хищник – жертва приводит к колебаниям численности членов сообщества.

Задача.

Предположим, что экосистема комары–птицы на пригородном озере подчиняется уравнению Вольтерры для системы хищник–жертва: $dx/dt = r_1 \cdot x - p_1 \cdot x \cdot y$, $\cdot dy/dt = -r_2 \cdot y + p_2 \cdot x \cdot y$, где x – численность популяции комаров, $\boldsymbol{y}$ – численность птиц. Желая уничтожить комаров, жители распылили над озером инсектицид, который снизил коэффициент размножения комаров в 10 раз. Что произойдёт с численностью комаров? Как изменится результат, если учесть, что реально инсектицид действует и на птиц, увеличивая их коэффициент смертности в 2 раза?

Решение

Условие стационарности:

$$dX/dt = 0 = r_1 \cdot X - p_1 \cdot X \cdot Y; \quad dY/dt = 0 = -r_2 \cdot Y + p_2 \cdot X \cdot Y.$$

Отсюда получим для стационарных значений: $X^* = r_2/p_2$, $Y^* = r_1/p_1$. Численность комаров X^* от r_1 не зависит, т.е. от прямого действия инсектицида (r_1) не изменится, но численность птиц Y^* уменьшится в 10 раз! Если учесть побочное действие на птиц (r_2), то численность комаров вырастет в два раза! Этот поучительный результат является свойством нелинейности взаимодействий в таких системах.

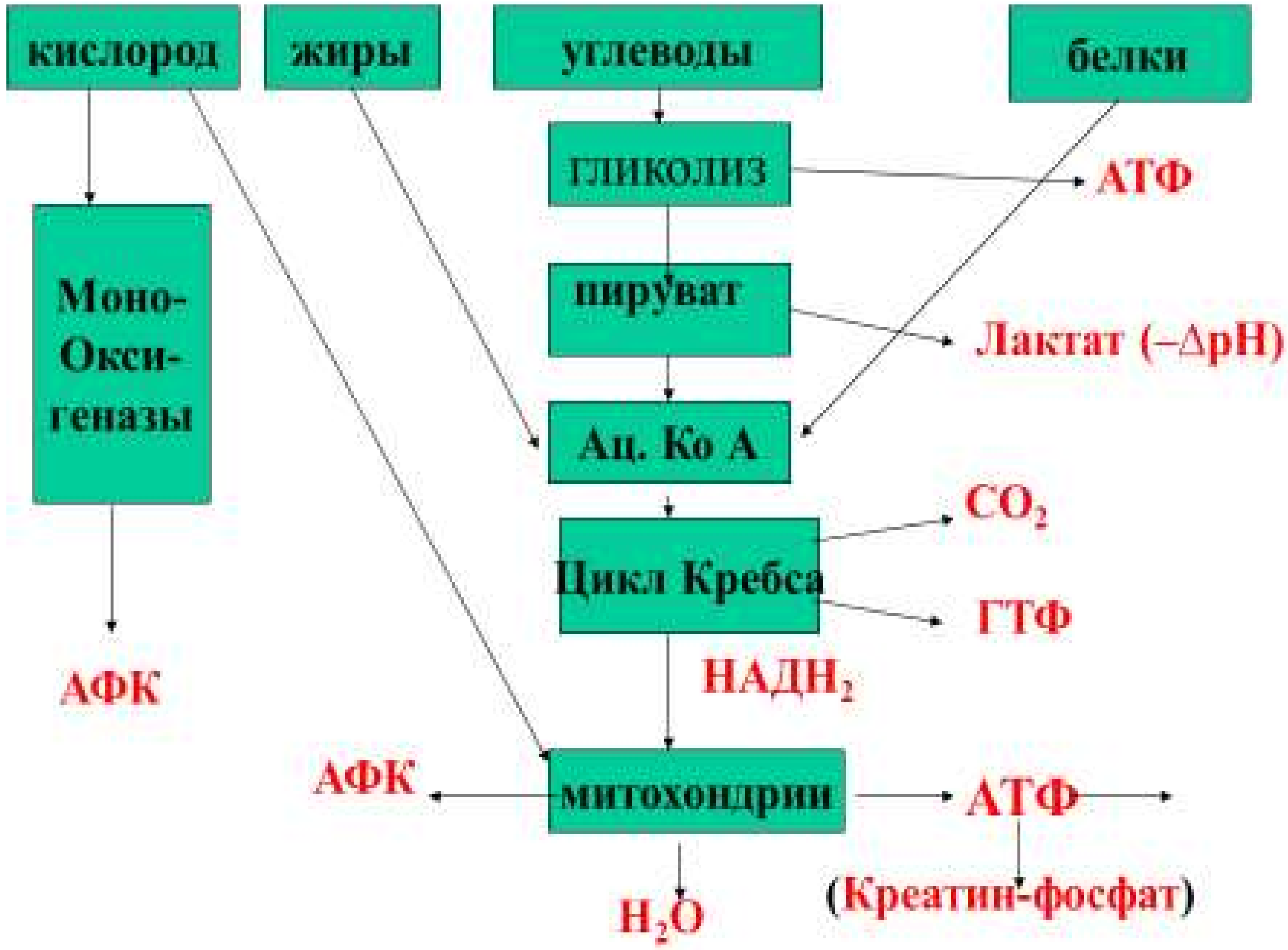


Схема энергетического метаболизма пищевых компонентов

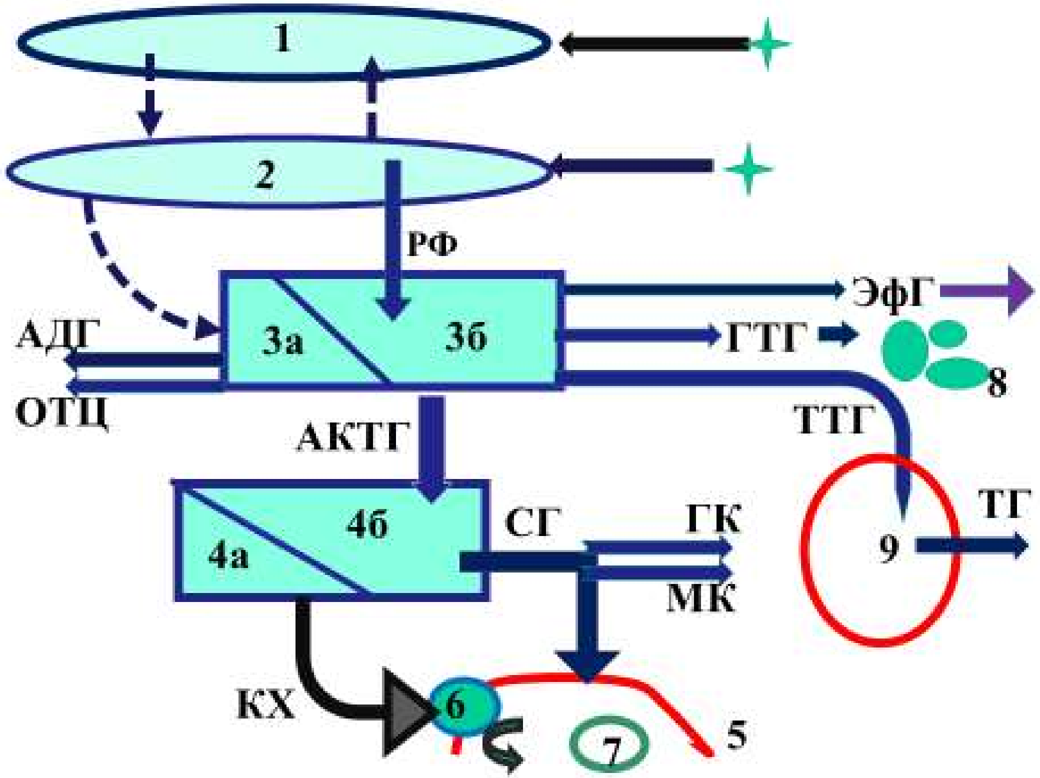
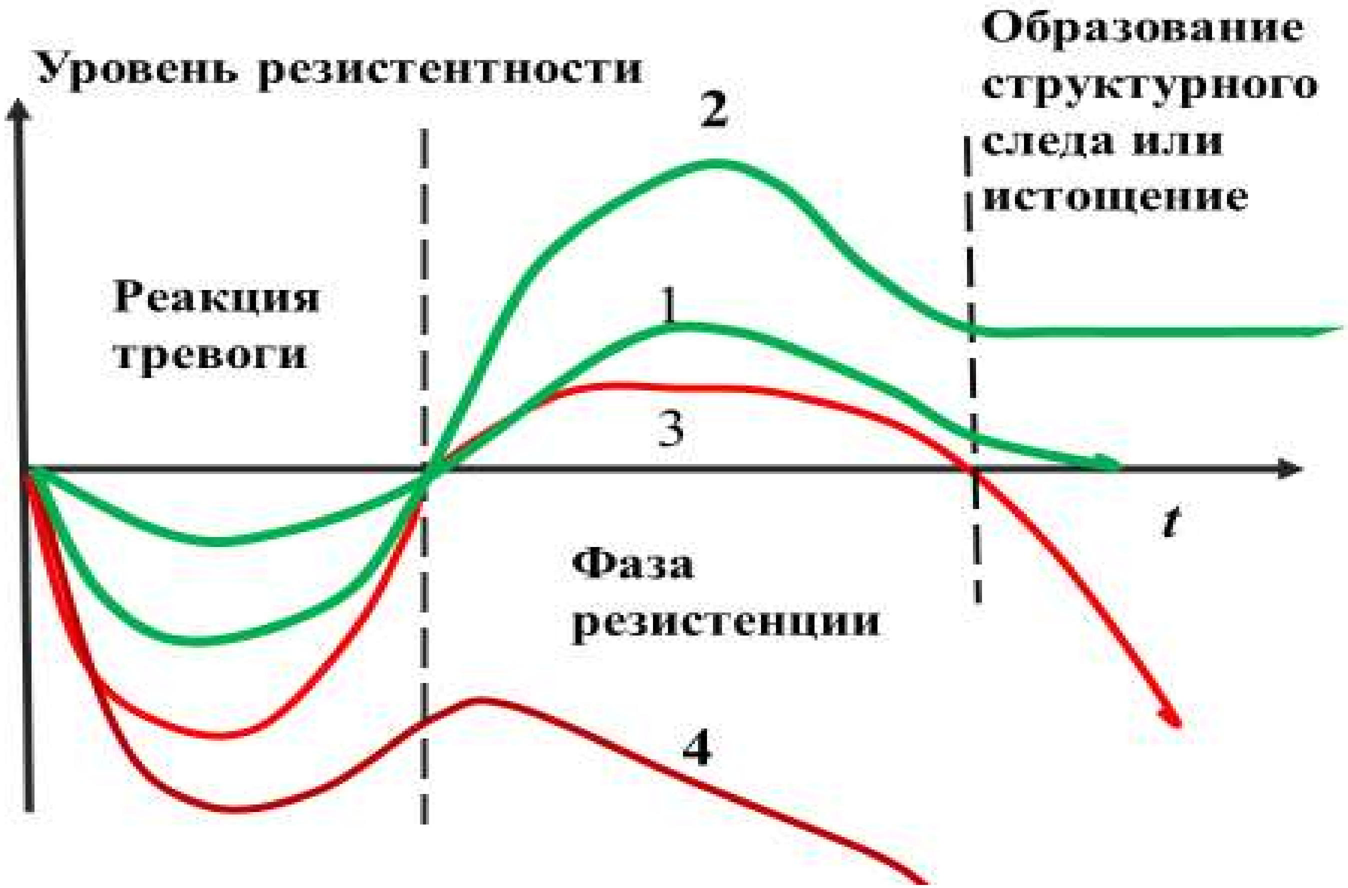


Схема гуморального ответа. 1 – кора головного мозга, 2 – гипоталамус, 3а – задний отдел гипофиза (нейрогипофиз), 3б – передний отдел гипофиза (аденогипофиз), 4а – мозговой отдел надпочечника, 4б - корковый слой надпочечника, 5 – клеточная мембрана, 6 – мембранный рецептор, 7 – ядро клетки, 8 –половые железы, 9 – щитовидная железа.

. Схема с типичной реакции на стресс. Слева после воздействия – стандартная часть реакции, справа – специфическая часть.



.

Изменение уровня резистентности от времени после начала действия стрессового фактора