

**ПРОБЛЕМЫ ОПИСАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ РАЗЛОЖЕНИЯ
ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ В МОДЕЛЯХ
КРУГОВОРОТА УГЛЕРОДА**

И.М.Рыжова

Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова

Почвы служат одним из основных резервуаров углерода в биосфере. Запас почвенного углерода в 2 раза больше чем в атмосфере и в 3 раза превышает его запас в растительном покрове. Даже небольшие изменения запасов почвенного углерода могут существенно повлиять на концентрацию атмосферного CO_2 .

Уровень накопления углерода в почве определяется его поступлением, с растительными остатками и потерями в результате разложения органического вещества. Таким образом, отклик почвы на потепление климата будет зависеть от температурной чувствительности чистой первичной продуктивности и разложения органического вещества.

По современным оценкам глобальная эмиссия CO_2 из почвы составляет 98 ± 12 Пг в год, с ежегодным увеличением на 0.1 Пг, связанным, как предполагают, с ростом температуры (Subke, Bahn, 2010).

Прогнозы изменений климата в XXI веке, полученные на основе моделей, описывающих взаимодействия углеродного цикла и климата, характеризуются высокой неопределенностью (Friedlingstein et al., 2006; Smith et al., 2008).

Наряду с другими источниками, существенный вклад в неопределенность климатических прогнозов вносит дискуссионность вопроса о температурной чувствительности органического вещества почв.

Настоящий доклад посвящен обсуждению современного состояния проблемы оценки температурной чувствительности органического вещества почв и неопределенности прогнозов, связанных с различным описанием температурной чувствительности органического вещества почв в моделях круговорота углерода.

Современное состояние дискуссии о температурной чувствительности органического вещества почв

Данные о температурной чувствительности разных фракций органического вещества почв противоречивы. На основе анализа результатов многочисленных исследований можно **четыре взаимоисключающих гипотезы:**

1. Разложение лабильного и устойчивого органического вещества одинаково чувствительно изменению температуры;
2. Разложение устойчивого органического вещества более чувствительно к изменению температуры, чем лабильного;
3. Разложение лабильного органического вещества более чувствительно к изменению температуры, чем устойчивого;
4. Разложение устойчивого органического вещества не чувствительно к температуре в области 5-35° С.

Возможные причины противоречивости результатов, в первую очередь, объясняются сложностью проблемы. Они обсуждаются в обзорах (Smith et al., 2008; von Lützow, Kogel-Knabner, 2009; Conant et al., 2011).

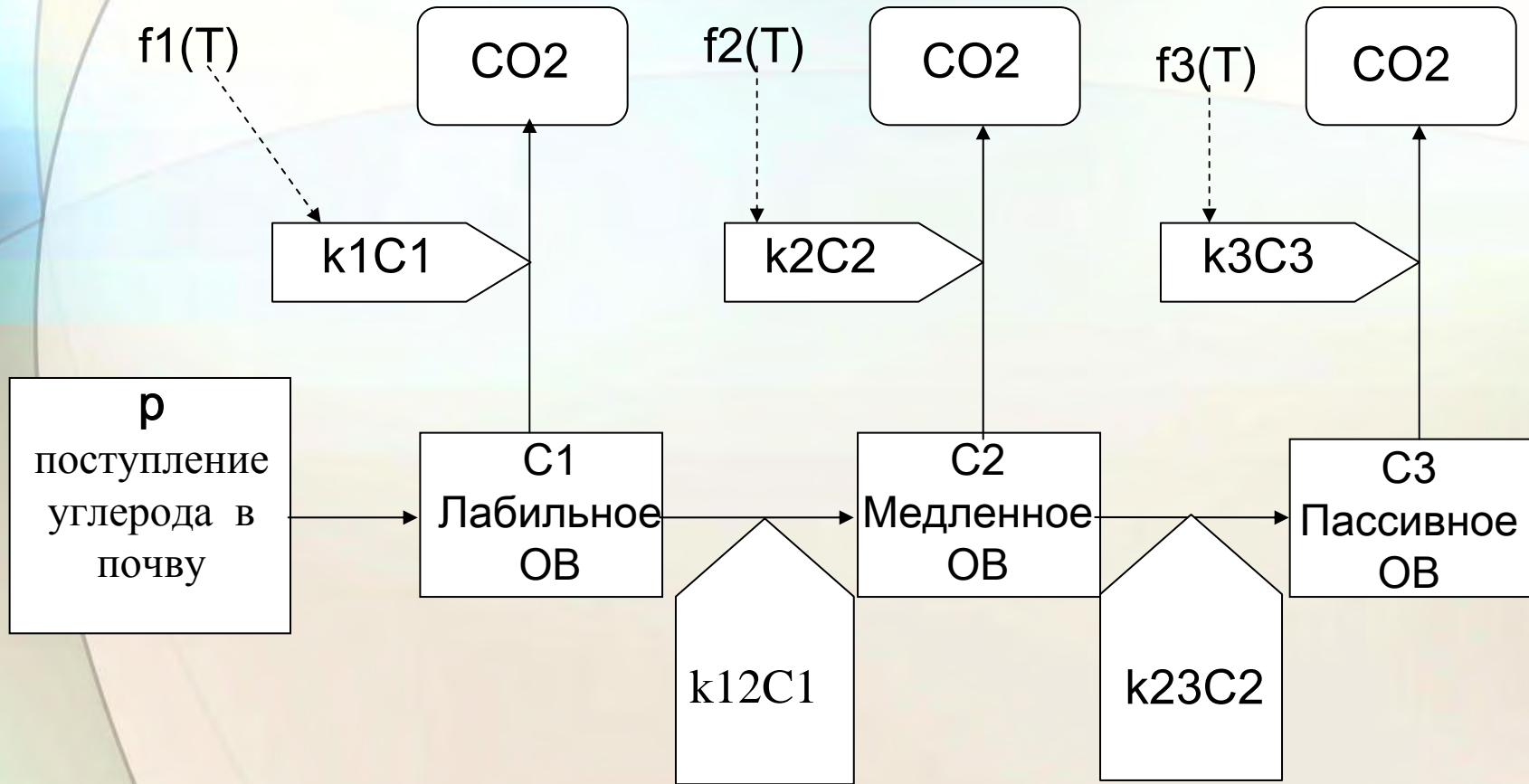
В соответствии с кинетической теорией температурная чувствительность увеличивается с ростом устойчивости субстрата. Но в почве «наблюдаемая» температурная чувствительность может отличаться от теоретической из-за воздействия комплекса факторов окружающей среды (Davidsons, Janssens, 2006).

Выбор гипотезы при описании температурной чувствительности разложения органического вещества почв имеет большое значение при моделировании углеродного цикла, так как от этого зависит степень проявления обратной связи между климатическими изменениями и почвой.

Для того чтобы оценить неопределенность модельных прогнозов в зависимости от выбора гипотезы о температурной чувствительности органического вещества почв, мы сравнили варианты расчетов с разными гипотезами. Они были выполнены на основе трехкомпонентной модели **TEMP**, в которой органическое вещество почвы представлено лабильным, медленным и пассивным пулами.

Для инициализации модели использованы результаты гранулоденсиметрического фракционирования органического вещества черноземов Приволжской лесостепи и дерново-подзолистых почв ельников южной тайги (Московская и Костромская обл.), позволяющие оценить соотношение запасов углерода пулов с разными скоростями оборота. Для проверки модели использованы данные о запасах углерода в черноземах луговых степей и ельников южной тайги Европейской территории России (Рыжова, Подвезенная, 2003).

Качественная структура модели TEMП



Трехкомпонентная модель динамики органического вещества почв TEMP

$$\frac{dC_1}{dt} = p - k_{12}C_1 - k_1C_1f_1(T)$$

$$\frac{dC_2}{dt} = k_{12}C_1 - k_{23}C_2 - k_2C_2f_2(T)$$

$$\frac{dC_3}{dt} = k_{23}C_2 - k_3C_3f_3(T)$$

Функции температурного отклика

$$f(T) = Q_{10}^{\frac{T-T^*}{10}}$$

Где $f(T)$ - температурный фактор; T^* температура, при которой он равен единице Q_{10} - коэффициент Вант-Гоффа.

$$f_1(T) = Q_{10}^{\frac{T-T^*}{10}}$$

$$f_2(T) = Q_{10}^{\frac{T-T^*}{10}}$$

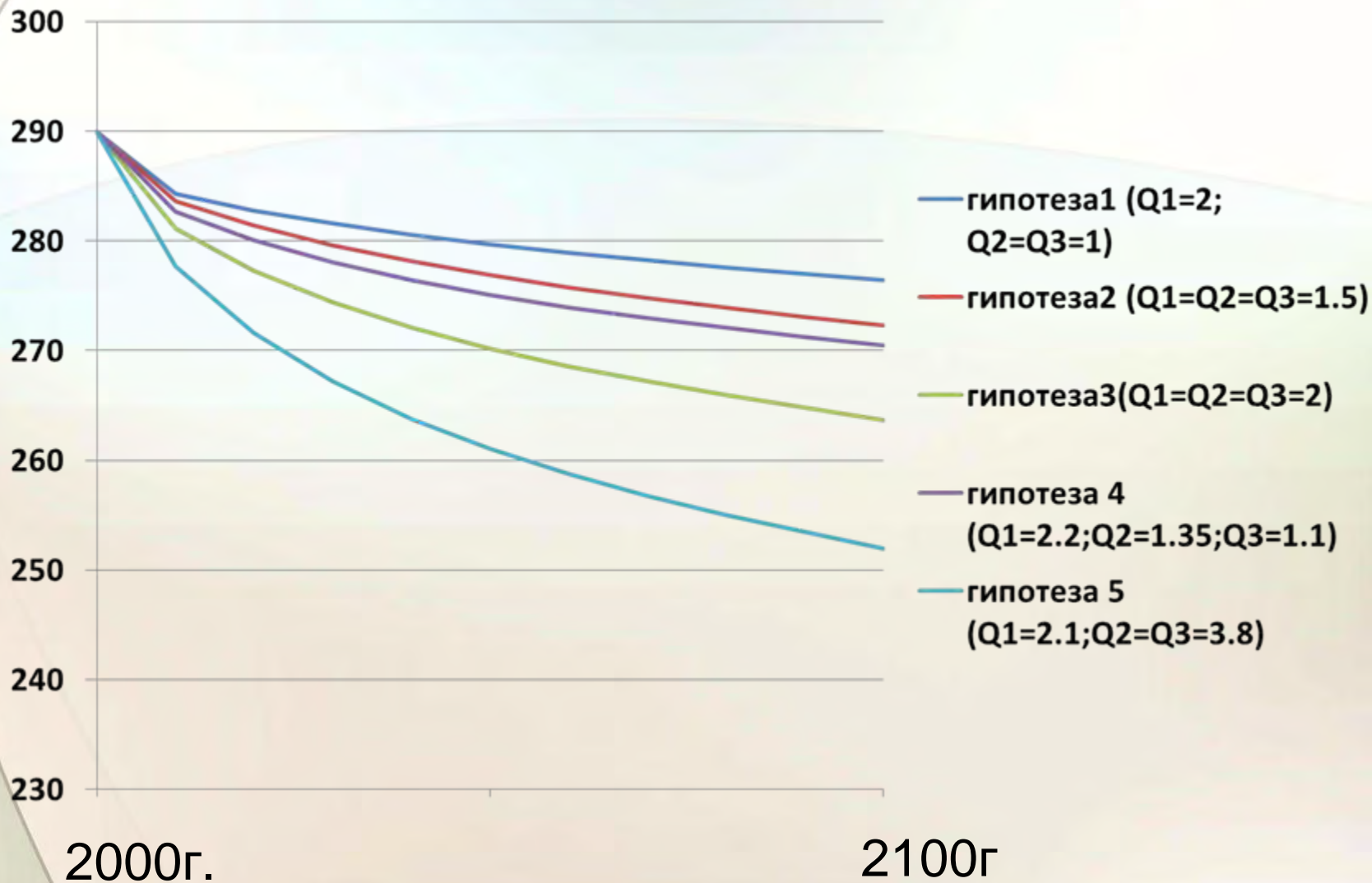
$$f_3(T) = Q_{10}^{\frac{T-T^*}{10}}$$

Сравниваемые гипотезы о температурной чувствительности различных фракций органического вещества почв

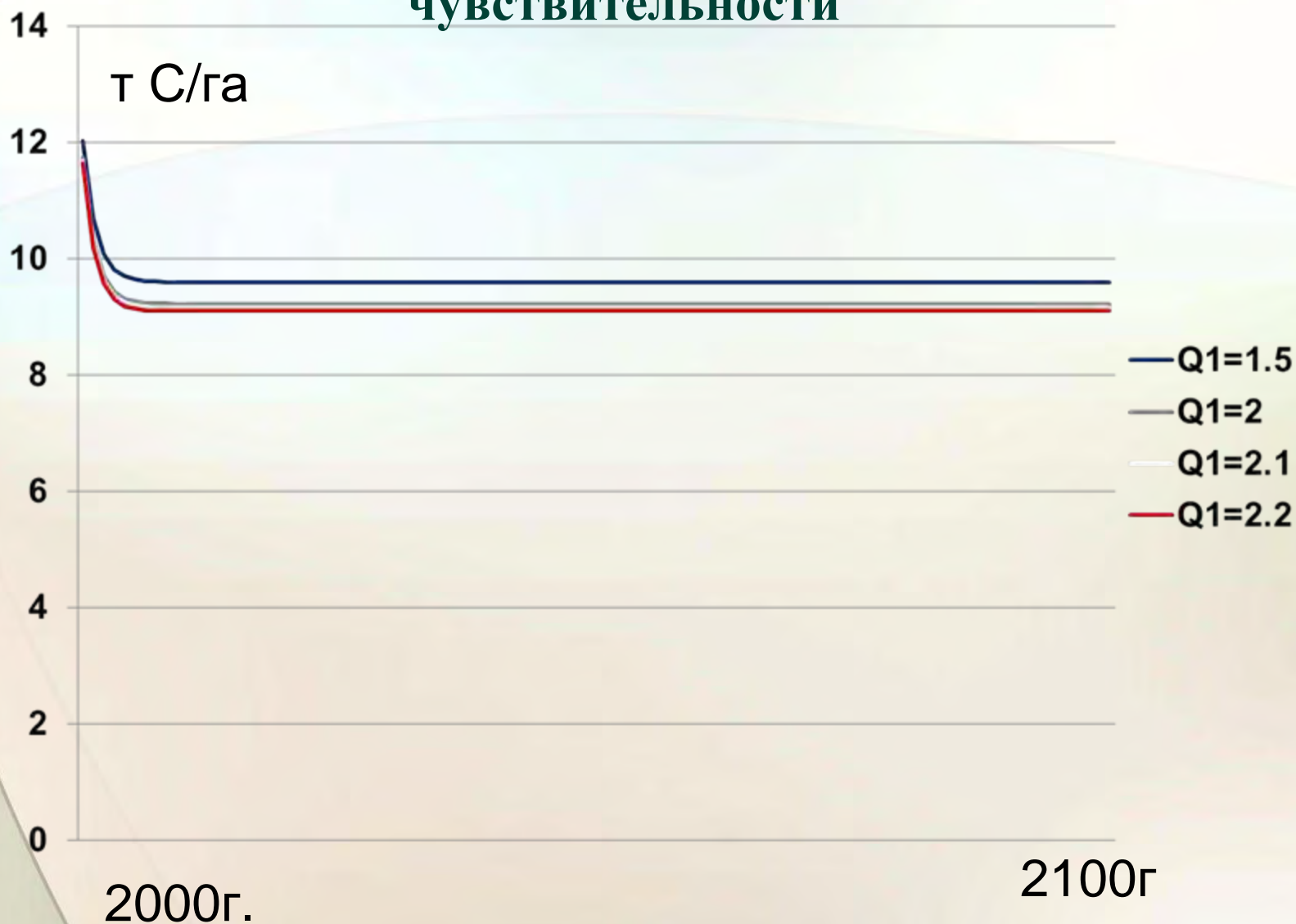
1. Только лабильное органическое вещество чувствительно изменению температуры ($Q_1=2$; $Q_2=Q_3=1$);
2. Все фракции органического вещества одинаково чувствительны изменению температуры ($Q_1= Q_2=Q_3=1.5$);
3. Все фракции органического вещества одинаково чувствительны изменению температуры ($Q_1= Q_2=Q_3=2$);
4. Разложение лабильного органического вещества более чувствительно к изменению температуры, чем устойчивого ($Q_1=2.2$; $Q_2=1.35$; $Q_3=1.1$);
5. Разложение устойчивого органического вещества более чувствительно к изменению температуры, чем лабильного ($Q_1=2.1$; $Q_2= Q_3= 3.8$).

Прогноз изменений запасов углерода в черноземах луговых степей при увеличении температуры на 2°С в зависимости от выбора гипотезы о температурной чувствительности

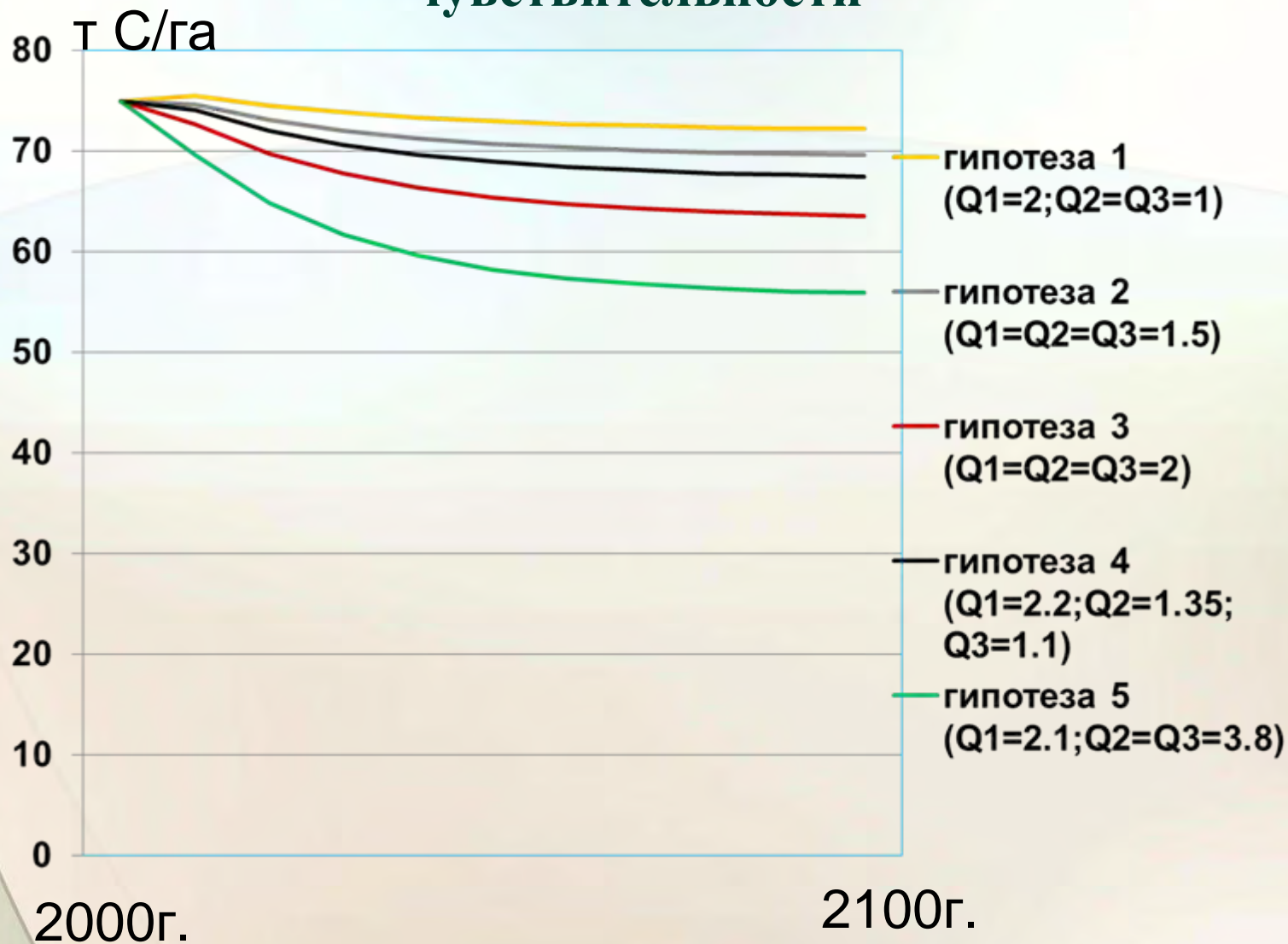
т С/га



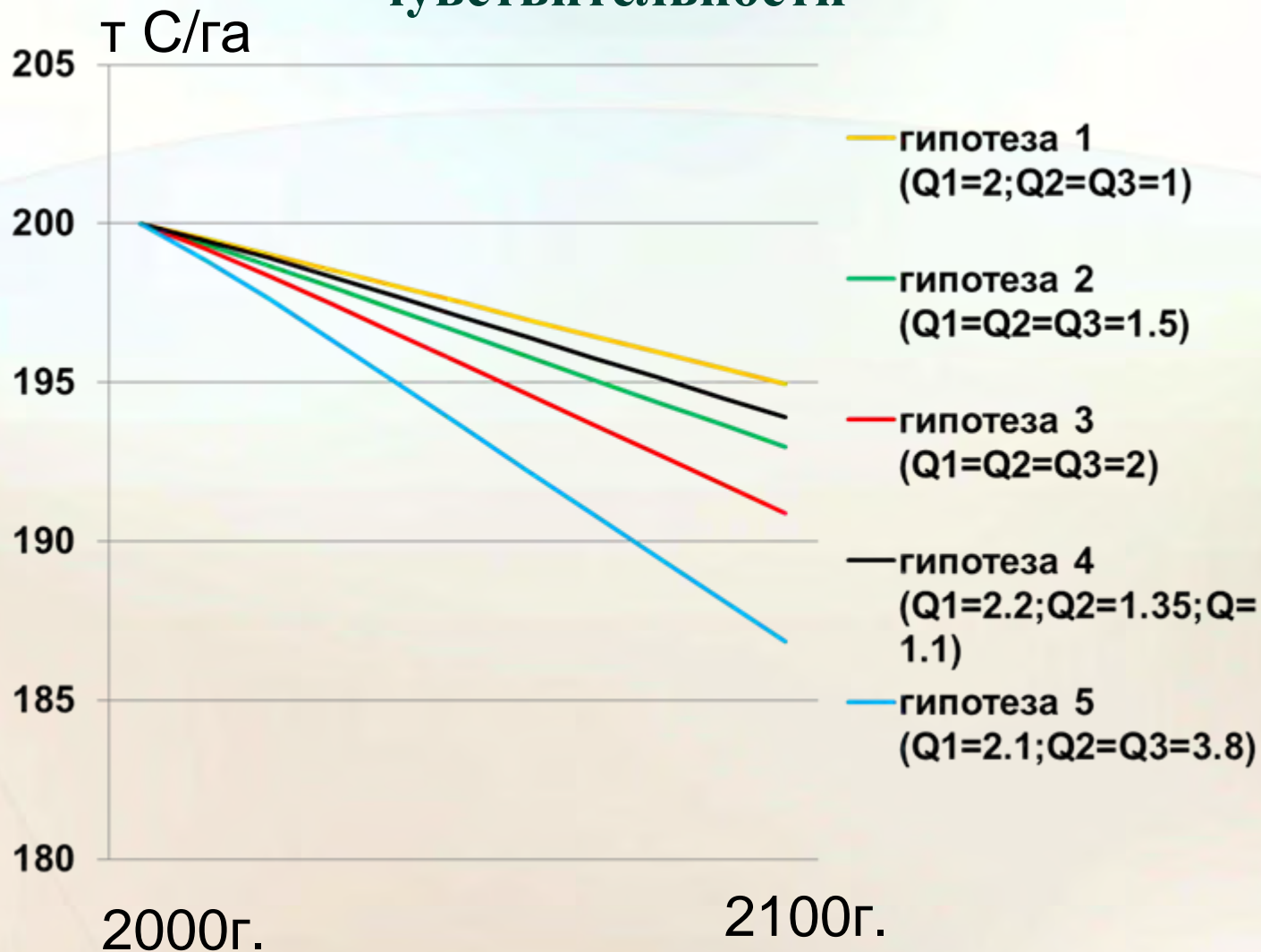
Прогноз изменений запасов лабильного углерода в черноземах луговых степей при увеличении температуры на 2°C в зависимости от выбора гипотезы о температурной чувствительности



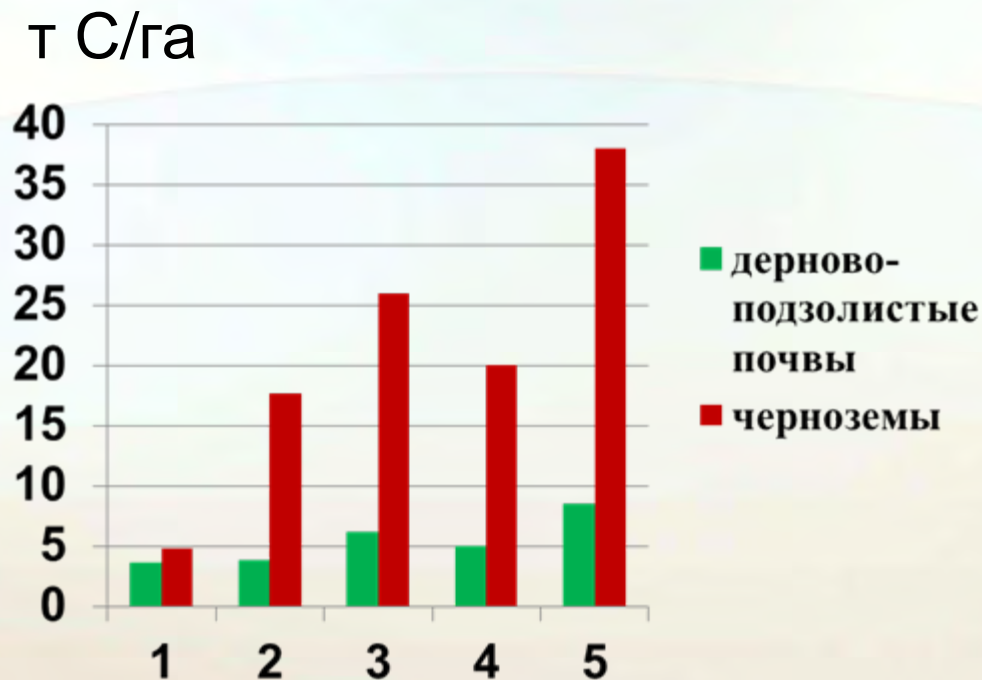
Прогноз изменений запасов «медленного» углерода в черноземах луговых степей при увеличении температуры на 2°C в зависимости от выбора гипотезы о температурной чувствительности



Прогноз изменений запасов пассивного углерода в черноземах луговых степей при увеличении температуры на 2°C в зависимости от выбора гипотезы о температурной чувствительности



Прогноз потерь С черноземами луговых степей и дерново-подзолистыми почвами ельников южной тайги за 100 лет при увеличении температуры на 2°С в зависимости от выбора гипотезы о температурной чувствительности

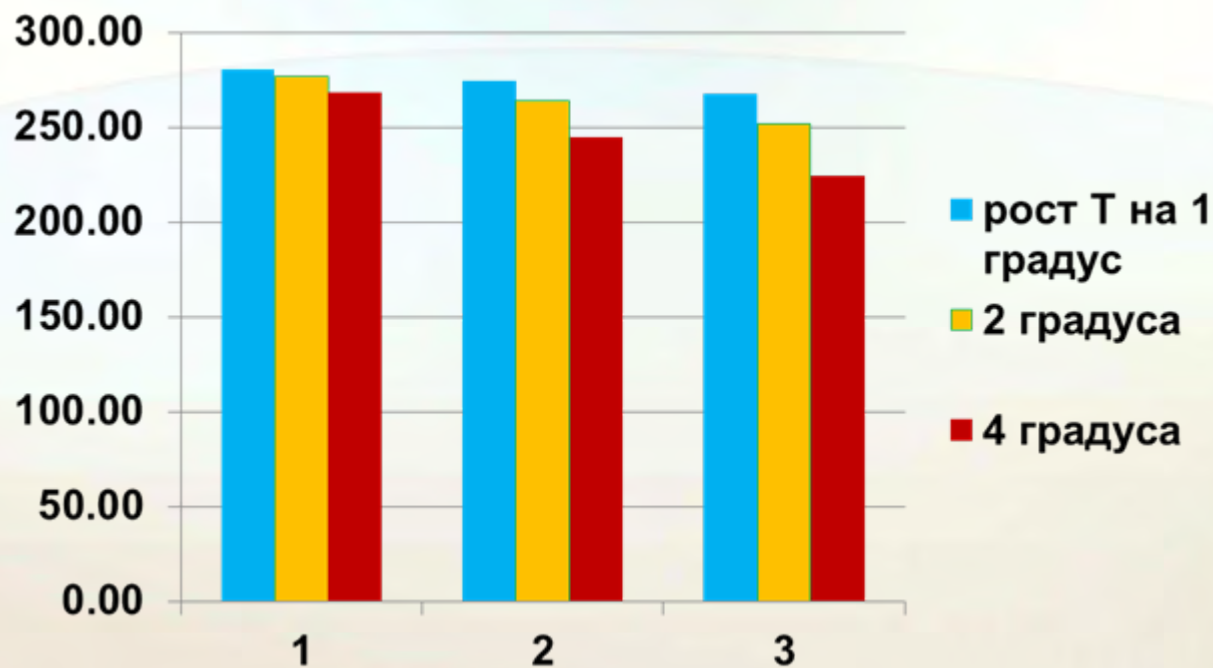


1- $Q_1=2; Q_2=Q_3=1;$ 2- $Q_1= Q_2=Q_3=1.5;$ 3- $Q_1= Q_2=Q_3=2;$

4- $Q_1=2.2; Q_2=1.35; Q_3=1.1;$

5- $Q_1=2.1; Q_2= Q_3= 3.8$

Прогноз потерь С черноземами за 100 лет в зависимости от выбора гипотезы о температурной чувствительности и климатического сценария

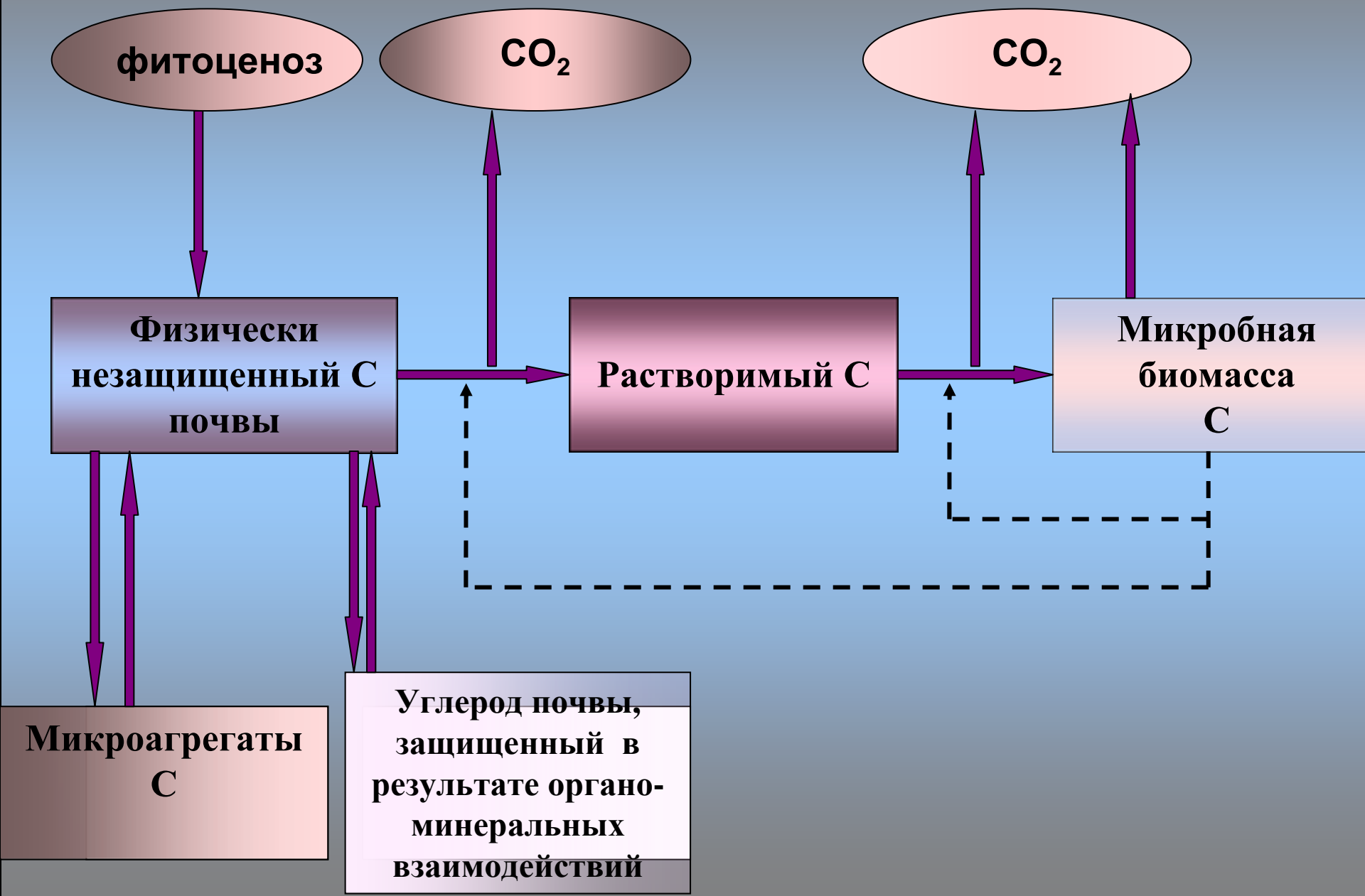


1- $Q_1=2; Q_2=Q_3=1;$ 2- $Q_1= Q_2=Q_3=2;$ 3- $Q_1=2.1; Q_2= Q_3= 3.8$

- Анализ современного состояния проблемы свидетельствует о том, что для уменьшения неопределенности прогнозов, связанных с проблемой описания температурной чувствительности органического вещества почв в моделях круговорота углерода экосистемного и глобального уровней, необходимы изменения в концептуальной основе современных моделей.
- Структура большинства современных моделей отражает концепцию гумификации. Она представляет собой цепь, звеньями которой являются пулы, с возрастающей устойчивостью. В этих моделях органо-минеральные взаимодействия описаны простейшим способом, как эмпирические функции текстуры почв.

Новые модели должны в явном виде включать микробный пул, что позволит учесть адаптацию микроорганизмов к изменяющимся климатическим условиям, а также описывать температурную зависимость органоминеральных взаимодействий и процессов физической защиты органического вещества почв.

Концептуальная модель круговорота углерода



Спасибо за внимание!