



ПРОСТАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА ГАЗООБМЕН СФАГНУМА

•
А.Г. Молчанов, Ф.А. Татаринов*

Институт лесоведения РАН

**Институт проблем экологии и эволюции им. Северцова РАН*

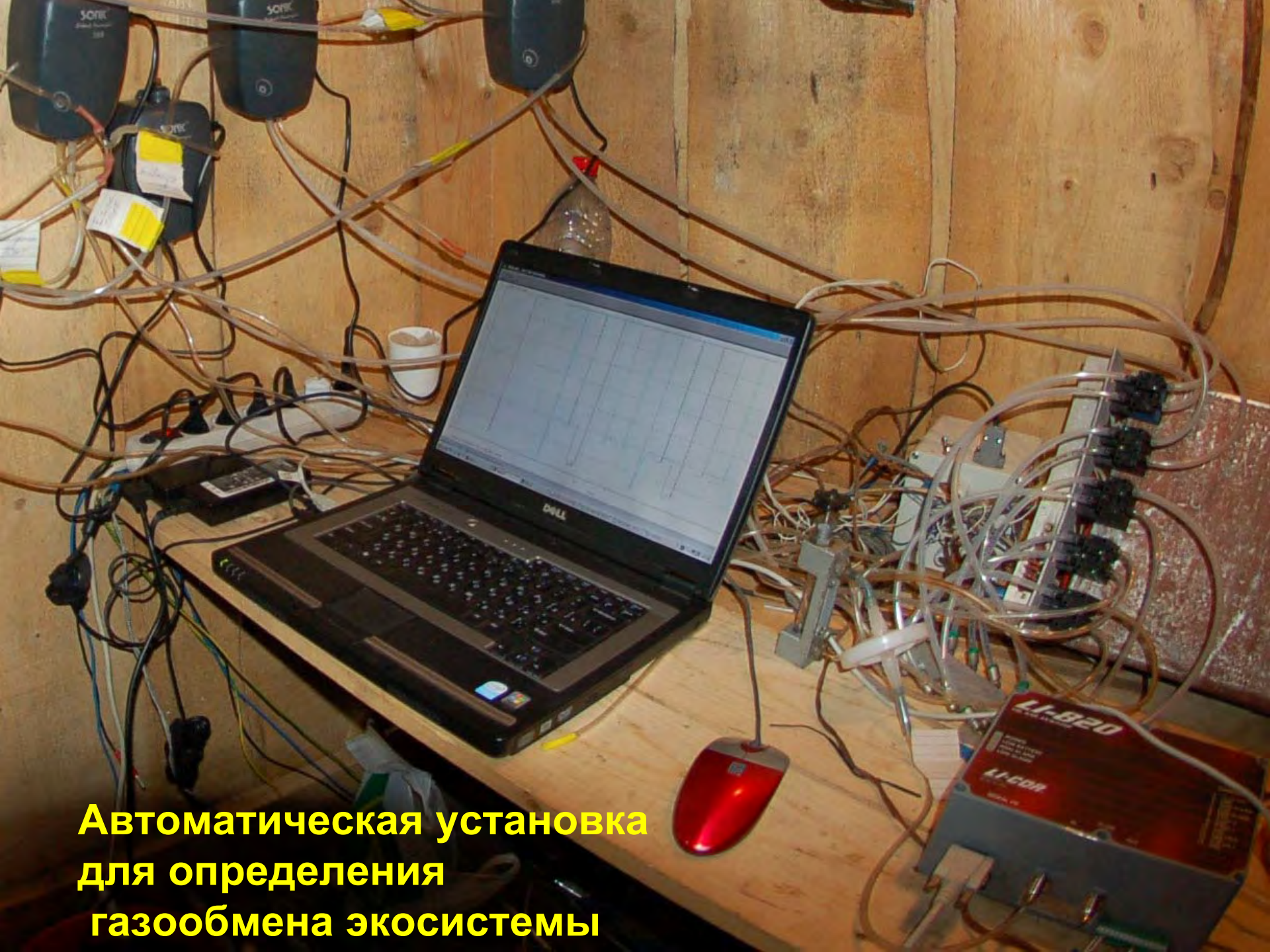
Исследования проводили в южной тайге в Ярославской обл. Угличского р-на в заболоченном разреженном пушицево-сфагновом сосняке (сомкнутость крон = 0.3) на торфянисто-глеевой почве. Моховой покров сплошной, с доминированием *Sphagnum fuscum*, наличием *Sph. medium* *Sph. Rubellum*. Измерение эмиссии CO_2 с поверхности сфагнома проводили по открытой схеме по методу Edwards и Sollins (1973). Для этого участок поверхности почвы накрывали камерой диаметром 20 см и высотой 10 см, через которую над поверхностью почвы протягивали атмосферный воздух со скоростью 60-100 л/ч. Для входа воздуха в камере были сделаны шесть отверстий диаметром 5 мм и одно для отбора воздуха. Измерение эмиссии CO_2 проводили инфракрасным газоанализатором «Кедр» (Москва), работающего по дифференциальной схеме, или “LICOR- 820” (Li-Cor, США) работающего по абсолютной схеме. Показания газоанализатора регистрировались логгером (EMS, Чехия) одновременно с температурой и влажностью воздуха, солнечной радиацией.

Регистрация показаний газообмена CO₂ проводится непрерывно круглосуточно с помощью изготовленного в нашем Институте автоматического устройства для сбора данных газообмена растений, которое управляется логгером. В логгер поступают аналоговые сигналы из датчиков, регистрирующих параметры окружающей среды и с газоанализатора. Логгер запоминает полученные за период в 3-6 дней, которые потом можно было бы переписать в ноутбук. Устройство позволяет осуществлять проведение эксперимента одновременно на пяти объектах по алгоритму "опыт-контроль", т.е. в газоанализатор поступает сначала "опытный" воздух, прошедший через камеру, а затем воздух, поступающий в камеру - "контрольный".

Время опроса всех камер регулируется от 15 до 35 мин. Управляется устройство тем же логгером через компьютерную программу.

Для определения газообмена CO_2 сфагнома была использована следующая методика; последовательно в течении 3 мин. определяли эмиссию CO_2 с поверхности сфагновой подушки и затем с такой же подушки, но без зеленой части сфагнома, т.е. определяли эмиссию CO_2 с поверхности почвы.





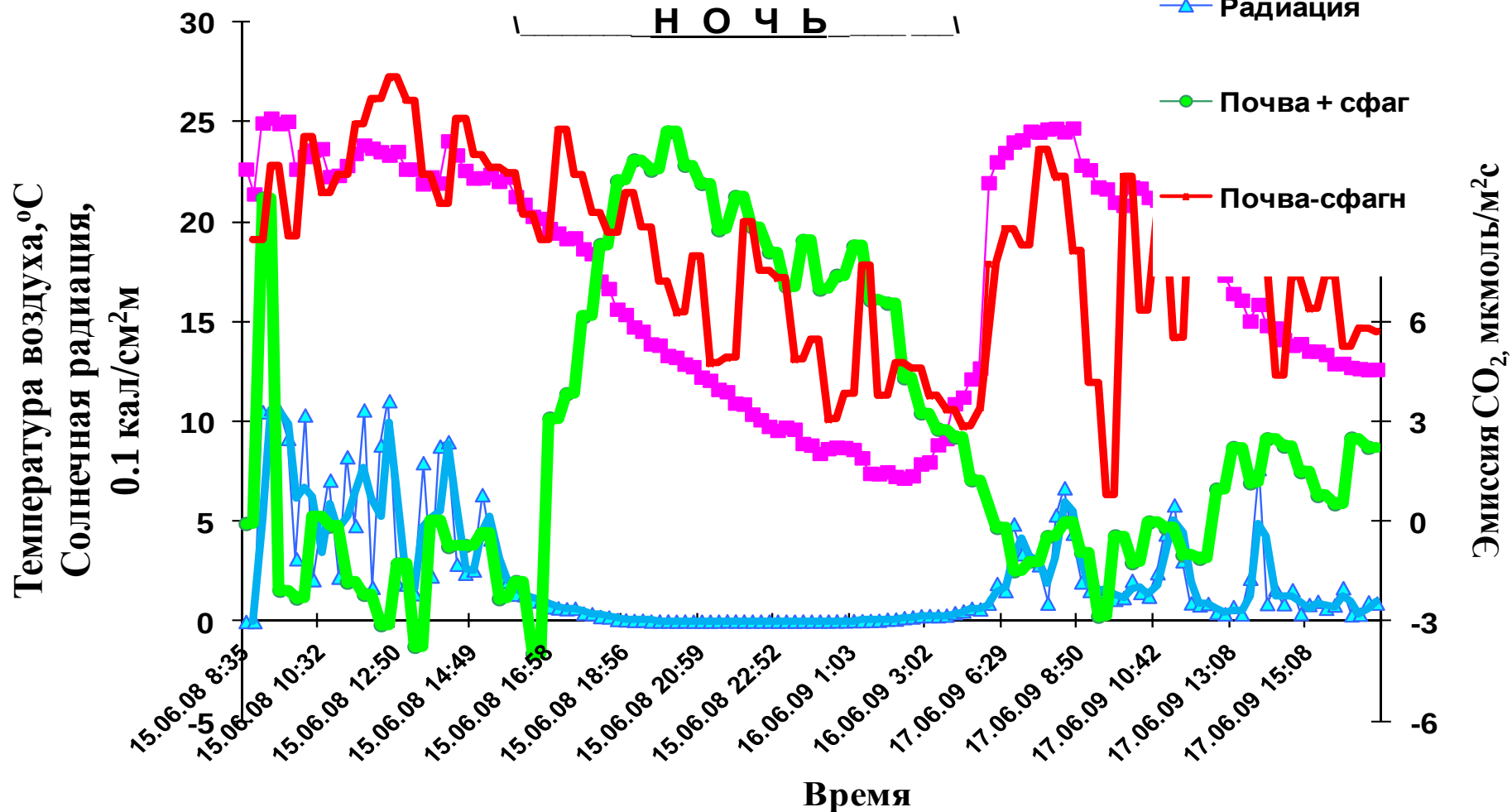
**Автоматическая установка
для определения
газообмена экосистемы**



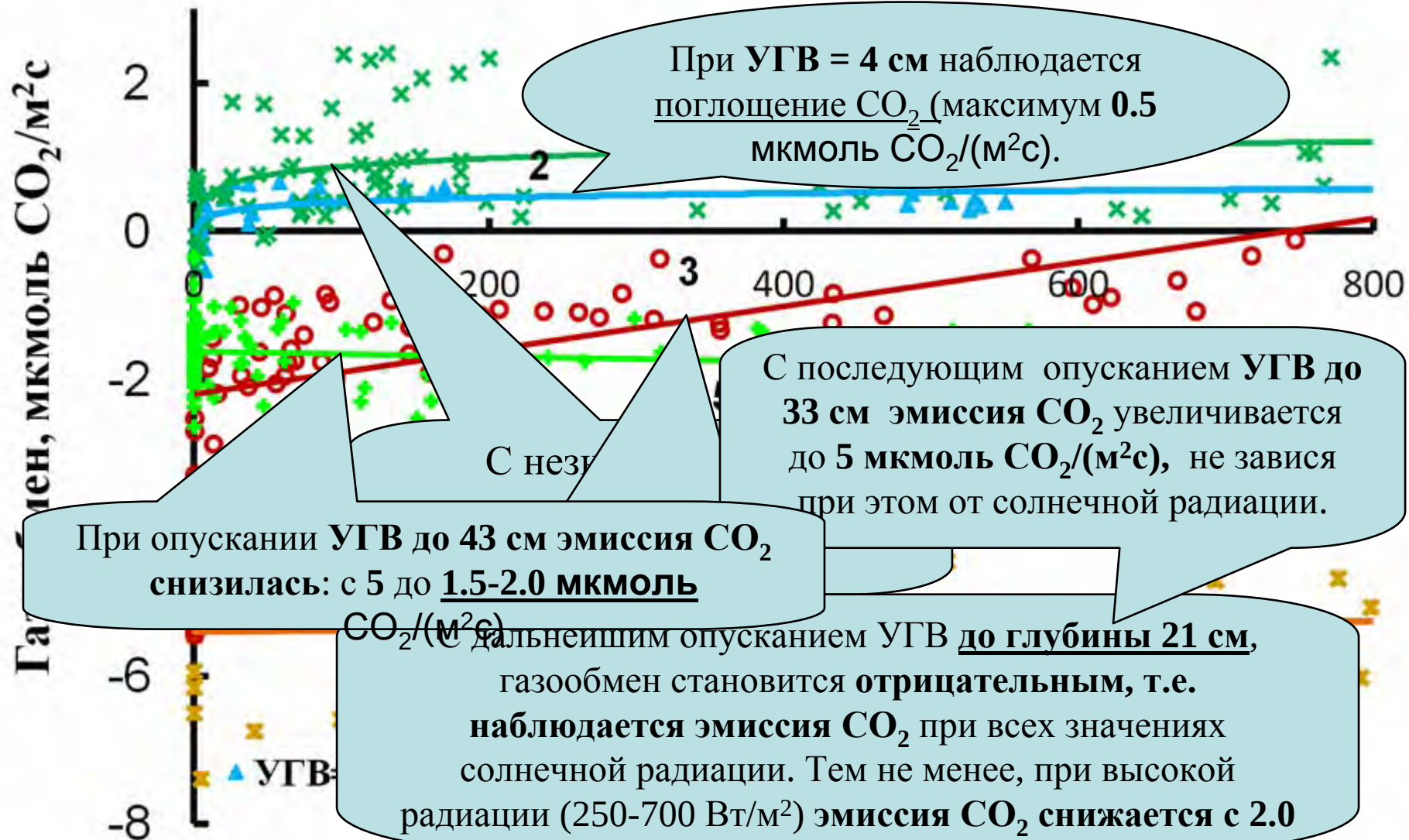
Газообмен CO_2 с поверхности сфагнума (T)
измеряли несколько раз за вегетационный
период, когда УГВ был на разных глубинах: в
мае 2009 г. - 4см, в июне 2009 г. - 7см, в июле
2009 г. - 33см, в августе 2009 г. - 21см и в августе
2011гг. - 43см. Параллельно измерялись
температура (T) и влажность (RH) воздуха и
солнечная радиация (Q).

Таким образом, была исследована зависимость
газообмена CO_2 с поверхности ненарушенного
покрова сфагнума от различных параметров
окружающей среды: температуры и влажности
воздуха, солнечной радиации и уровня
поверхностных почвенно-грунтовых вод (УГВ).

Суточный ход эмиссии CO_2 в заболоченном сосняке

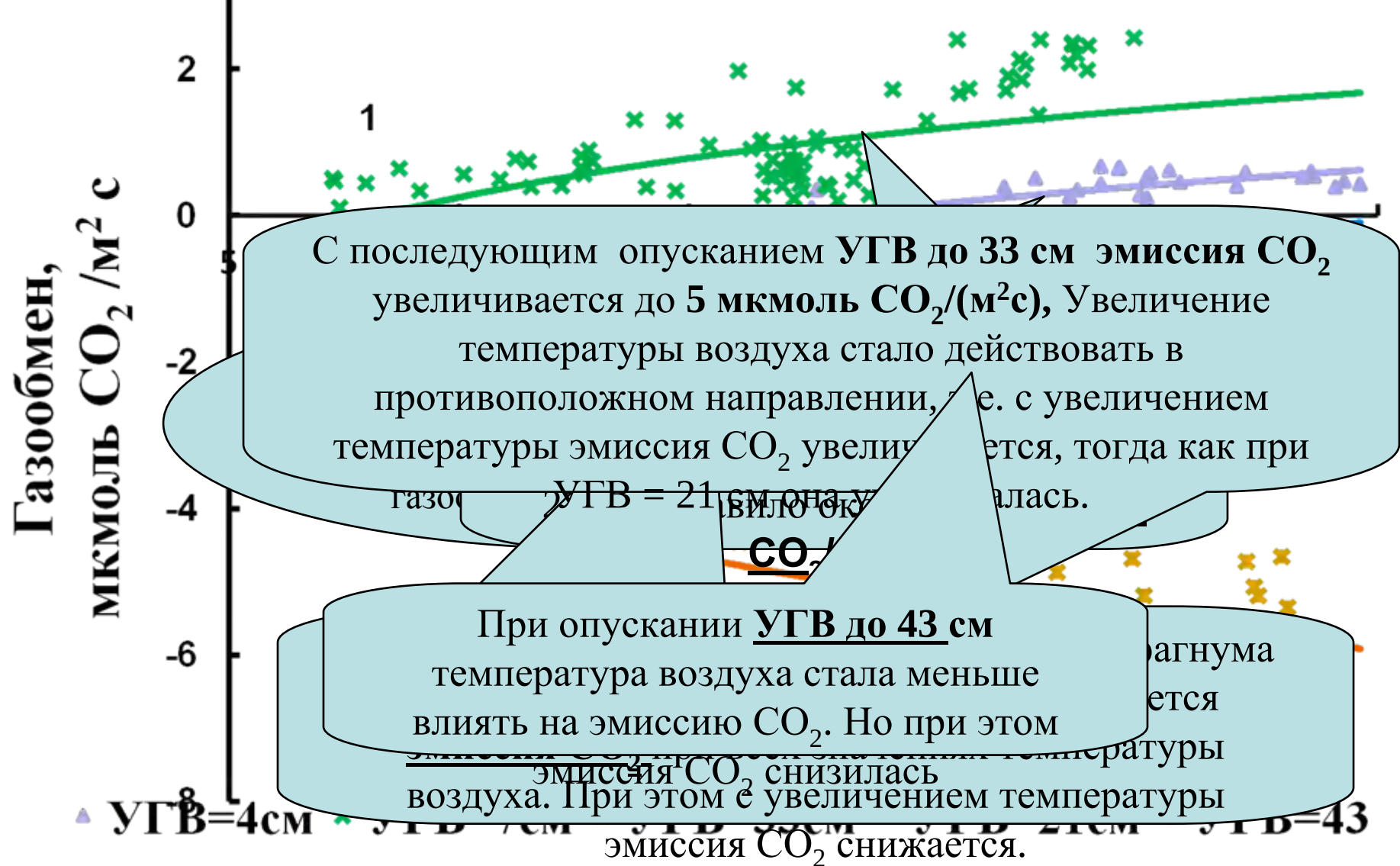


Суточные изменения интенсивности газообмена CO_2 с поверхности сфагнума, когда УГВ стоит на глубине 7 см довольно синхронные с изменениями температуры воздуха и солнечной радиации. Средняя величина поглощения CO_2 подушкой сфагнума в дневное время равна около $2 \text{ мкмоль } \text{CO}_2/(\text{м}^2\text{с})$, тогда как в ночное время наблюдается выделение CO_2 , которое равняется в среднем около $7 \text{ мкмоль } \text{CO}_2/(\text{м}^2\text{с})$.

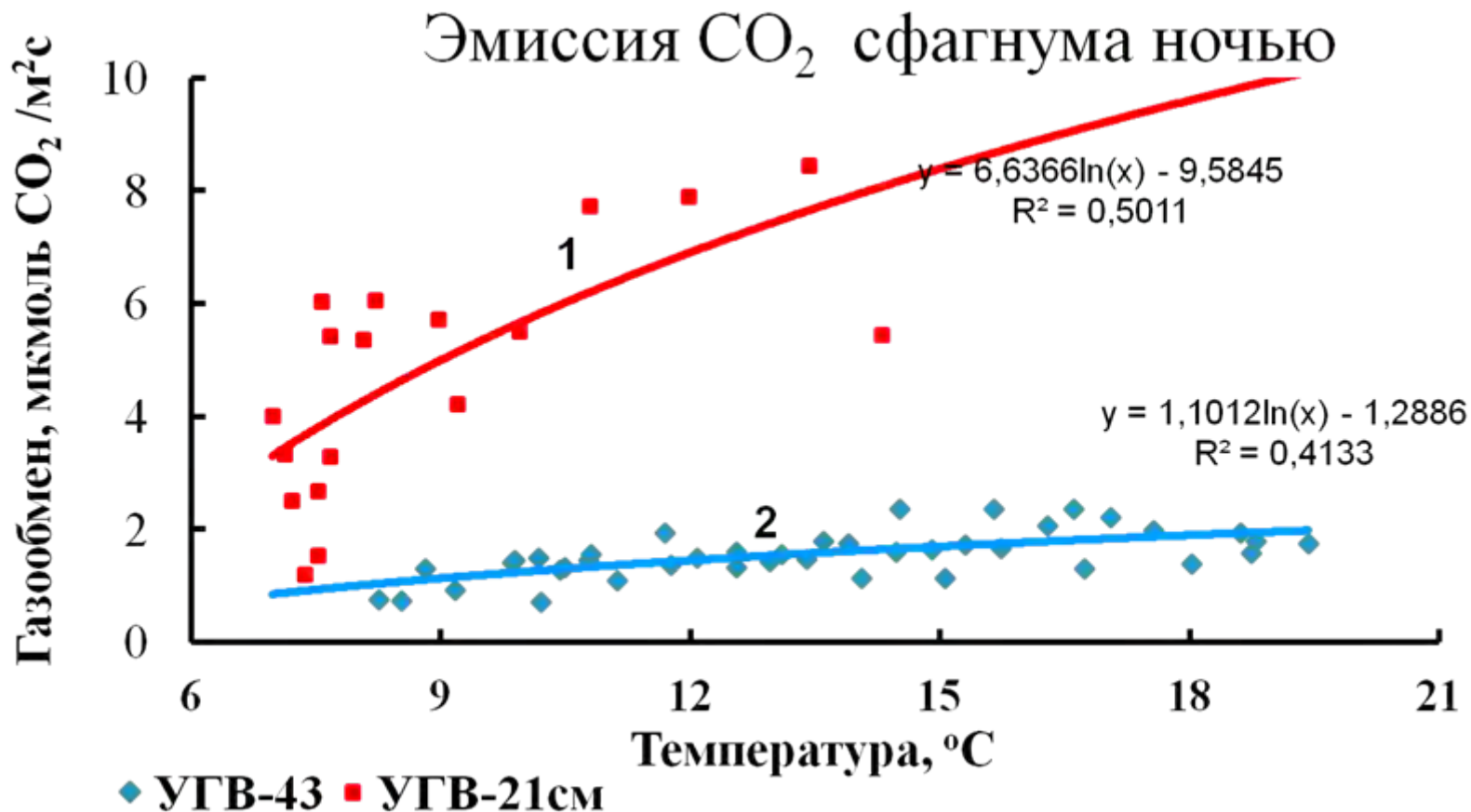


Зависимость газообмена CO_2 сфагноума от солнечной радиации:

1 – июнь- при $УГВ=7$ см; 2 – май- при - $УГВ= 4$ см; 3 – август 2009 г при – $УГВ=21$ см; 4 - июль при - $УГВ= 33$ см; 5 – август 2010г при $УГВ=43$ см.



Зависимость газообмена CO_2 сфагноума от температуры воздуха:
 1 – июнь- при УГВ=7см; 2 – май- при - УГВ= 4см; 3 – август 2009 г при – УГВ=21 см; 4 - июль при - УГВ= 33 см; 5- август 2010г при УГВ=43см.



Зависимость эмиссия CO₂ от температуры сфагноума в ночной период, уровень грунтовых вод: 1 = 21см и 2 = 43см.

Таким образом, в заболоченном сосняке эмиссия CO_2 с поверхности сфагнома при температуре от 12° до 24°C в дневное время при изменении уровня грунтовых вод (УГВ) от 4 до 30 см изменяется от -1.0 до $+6$ $\text{мкмоль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$, т.е. более чем в 7 раз.

При опускании УГВ от 0 до 7-10 см наблюдается увеличение поглощения CO_2 с поверхности сфагнома, а с падение уровня грунтовых вод ниже 20 см приводит к смене поглощения CO_2 с поверхности сфагнома на эмиссию CO_2 и значительному снижению влияния как солнечной радиации, так и температуры воздуха. При УГВ 33 см влияние солнечной радиации на динамику CO_2 уже не наблюдается.

Дальнейшее падение УГВ до 43 см приводит к еще большему снижению эмиссии CO_2 с поверхности сфагнома с 6 до $1.5 \text{ мкмоль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$, в этих условиях эмиссия CO_2 практически одинакова, как в дневной, так и в ночной период.

В ночной период, при уровне грунтовых вод 21см, эмиссия CO_2 с поверхности сфагнома в зависимости от температуры изменяется от 4 до 8 $\text{мкмоль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$. Тогда как при УГВ =43см от 1 до 2 $\text{мкмоль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$. Следовательно, при оценке эмиссии CO_2 с поверхности заболоченного древостоя необходимо учитывать: интенсивность солнечной радиации, температуру и уровень грунтовых вод.

Корреляционный анализ показал значимую корреляцию газообмена с поверхности сфагнума (F , мкмоль $\text{CO}_2/(\text{м}^2\text{с})$) с влажностью и температурой воздуха и уровнем грунтовых вод (SWL , см) (0.17, 0.28 и 0.75 соответственно), причем, если зависимости от T и RH (в %) возрастающие, то зависимость SWL была параболической, с максимумом около 30-35 см. Поэтому была рассчитана нелинейная регрессия F от этих переменных по следующей формуле:

$$F = a * (b_1 - SWL) * (SWL - b_2) RH^{c_1} T^{c_2} + F_0 \quad (1)$$

где значения коэффициентов a, b_1, b_2, c_1, c_2 и F_0 были 1.44E-07, 8.31334, 62.2957, 1.05966, 2.19565 и 1.01152, соответственно. Коэффициент детерминации $r^2=0.84$, все коэффициенты были значимы с $t < 10^{-4}$.

Зависимость газообмена сфагнома только от солнечной радиации для всех значений УГВ в целом отсутствовала.

Однако она была выражена для УГВ в пределах 7-21 см, причем плато F начиналось при значениях Q 100-200 Вт·м⁻²

(т.к. F считалось отрицательным при преобладании

фотосинтеза над дыханием, то зависимость $F(Q)$ была убывающей). Поэтому нелинейное уравнение для газообмена с учетом радиации было рассчитано отдельно для интервала

$$7 \leq SWL \leq 21:$$

$$F = 0.4423 * \exp(-0.00136 * Q + 0.00948 * RH + 0.0953 * SWL) - 0.4;$$

$$n = 165 \quad R^2 = 0.65. (2)$$

За пределами интервала $7 \leq SWL \leq 21$ зависимость $F(Q)$ отсутствовала, и уравнение для F получилось следующим:

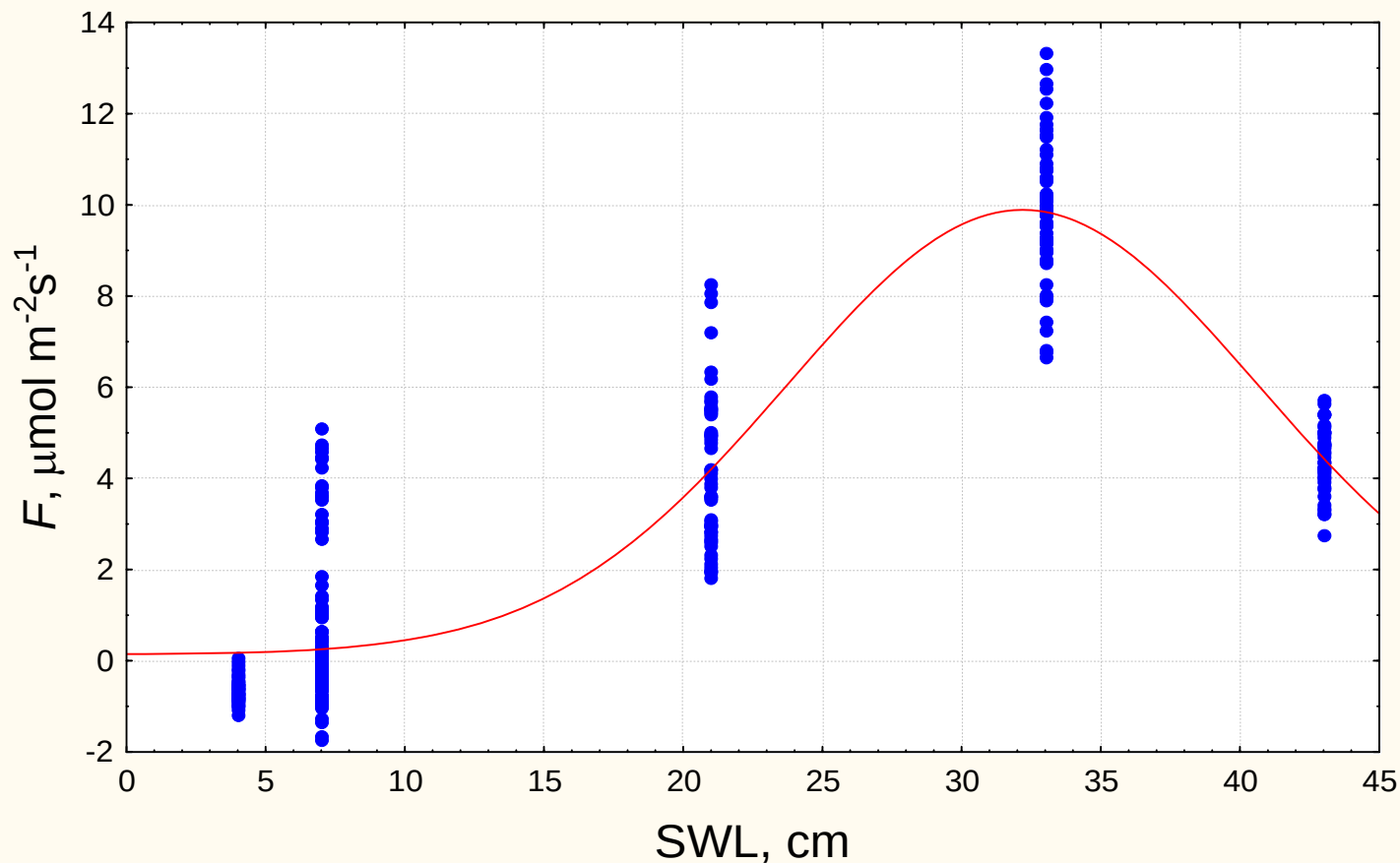
$$F = 0.0054 * (45.87 - SWL) * (SWL - 7.12) * T^{0.447} + 2.32$$
$$n = 146 \quad R^2 = 0.96. \quad (3)$$

В уравнениях (2) и (3) отсутствовали T и RH соответственно, поскольку зависимость газообмена от этих переменных была слабой.

Наконец, зависимость от одного лишь УГВ,
описываемая гауссовой кривой

$$F = 9.7515 * \exp(-0.0070 * (SWL - 32.19)^2) + 0.138$$

дает $R^2 = 0.87$



Зависимость газообмена от влажности воздуха, солнечной радиации и уровня грунтовых вод дает $R^2 = 0.66$, а без учета уровня грунтовых вод $R^2 = 0.35$.

Таким образом, когда УГВ изменяется от 4 до 43 см влияние влажности воздуха на газообмен сфагнома очень незначительно.

Влияние солнечной радиации сказывается только при среднем уровне грунтовых вод и низкой радиации (до $200 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$).

Уровень грунтовых вод влияет на газообмен сфагнома больше всех факторов.

Дисперсионный анализ показал значимую зависимость эмиссии CO_2 от всех принятых во внимание переменных: УГВ, солнечной радиации и температуры и влажности воздуха. Самой важной из этих характеристик оказался УГВ: критерий Фишера F для него составил 348, для остальных показателей соответственно 47; 137; 35 (F критическое 3,85).

Таким образом, уровень грунтовых вод показал самое высокое значение, затем температура воздуха и менее всего влияли солнечная радиация и влажность воздуха.

Настоящее исследование показало, что в условиях южной тайги на олиготрофных болотах зависимость газообмена CO_2 с поверхности сфагноума от факторов окружающей среды в значительной степени регулируется уровнем поверхностных грунтовых вод. Температура влияет на газообмен сфагноума при уровнях грунтовых вод от 4 до 43 см, однако влияние ее не однозначно. Если при УГВ от 4 до 7 см поглощение CO_2 с увеличением температуры воздуха увеличивается, то при 21 см вместо поглощения происходит эмиссия CO_2 и с дальнейшим увеличением температуры эмиссия уменьшается. В дальнейшем, со снижением УГВ и увеличением температуры воздуха эмиссия CO_2 увеличивается. При УГВ ниже 43 см влияние температуры сказывается значительно слабее, да и эмиссия CO_2 снизилась более чем в два раза.

Солнечная радиация также неравнозначно влияет на газообмен сфагнома: так при УГВ от 4 до 21 см она имеет логарифмическую зависимость, но когда УГВ = 21 см вместо поглощения наблюдается эмиссия CO_2 . Однако при освещенности свыше 200 Вт/м² эмиссия CO_2 значительно уменьшается. При снижении УГВ ниже 33 см газообмен не зависит от солнечной радиации. Дальнейшее снижение УГВ приводит к снижению эмиссии CO_2 .

Таким образом, падение уровня грунтовых поверхностных вод ниже 20 см приводит к смене поглощения CO_2 с поверхности сфагнома на эмиссию CO_2 и значительному снижению влияния как солнечной радиации, так и температуры воздуха, а при УГВ 33-43 см влияние солнечной радиации динамику CO_2 уже не наблюдается.



**Благодарю
за
внимание**