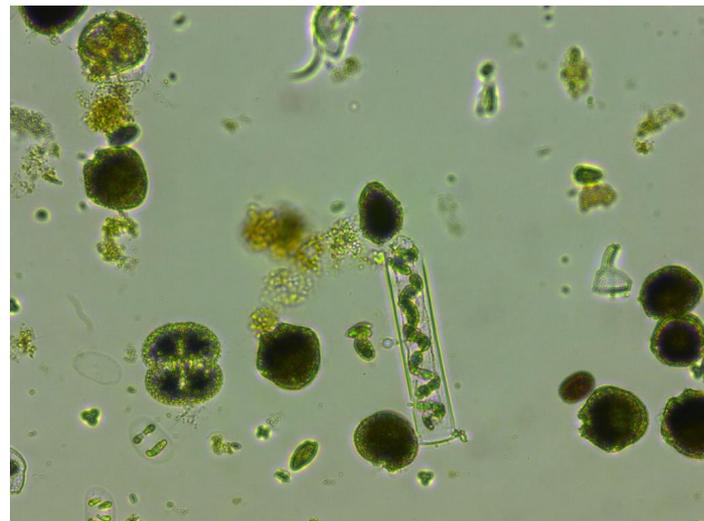


КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПЛАНКТОННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕПИ

ПЛАНКТОН



Зоопланктон — водные животные, которые не могут противостоять течениям и пассивно переносятся вместе с водными массами.



Фитопланктон — часть планктона, которая может осуществлять процесс фотосинтеза.

Для чего нужна модель ?

- Для того, чтобы проверить потенциальное воздействие водорослей на качество пищи, доступность питательных веществ и хищничество рыб на динамической пищевой сети.

Что определяет модель ?

- модель должна была определить, как скорость, при которой зоопланктон преобразует фитопланктон в биомассу зоопланктона (т. е. пищу для водорослей), влияет на динамику планктона и распределение биомассы в пелагических (толщах воды без дна) экосистемах.

Что считает модель ?

- Биомасса фитопланктона-(P).
- Биомасса зоопланктона-(Z) .
- Отношение продукции фитопланктона к биомассе-(N).

(динамика неорганического фосфора)

$$\frac{dN}{dt} = (\alpha_{pc(phyto)} \cdot d_{phyto} \cdot P) + \left(\alpha_{pc(phyto)} \cdot \frac{W_{sink}}{h} \cdot P \right) + (\alpha_{pc(zoop)} \cdot (d_{zoop} + d_{fish}) \cdot Z \cdot \Theta_{T-Z}) + \left(C_{gz} \cdot \Theta_P \cdot \Theta_{T-Z} \cdot \alpha_{pc(phyto)} \left(Z - \left(\frac{\alpha_{pc(zoop)}}{\alpha_{pc(phyto)}} \cdot GE \cdot Z \right) \right) \right) - \left(G_{max} \cdot \left(\frac{N}{N + K_{mm}} \right) \cdot \Theta_L \cdot (\Psi^{T-T_{ref}}) \cdot P \cdot \alpha_{pc(phyto)} \right) \quad (1)$$

$$\frac{dP}{dt} = G_{max} \cdot \left(\frac{N}{N + K_{mm}} \right) \cdot \Theta_L \cdot (\Psi^{T-T_{ref}}) \cdot P - (d_{phyto} \cdot P) - \left(\frac{W_{sink}}{h} \cdot P \right) - (Z \cdot C_{gz} \cdot \Theta_P \cdot \Theta_{T-Z}) \quad (2)$$

$$\frac{dZ}{dt} = (C_{gz} \cdot \Theta_P \cdot \Theta_{T-Z} \cdot GE \cdot Z) - (d_{zoop} \cdot Z \cdot \Theta_{T-Z}) - (d_{fish} \cdot Z) \quad (3)$$

- Концентрации фосфора регулируются фосфором, выделяющимся при умирании, погружении и дыхании.

- Рост фитопланктона является функцией роста клеток, регулируемой питательными веществами, наличием света и температуры, а также потери из-за старения, погружения и выпаса скота.

- Рост зоопланктона является функцией скорости, с которой водоросли потребляются (с поправкой на температуру и концентрацию пищи), энергетическую эффективность и потери зоопланктона из-за старения, голодания

Symbol	Term	Unit	Value	Source
TP	Всего	$\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$	5, 10, 20, 40, 80, 160	1
$a_{pc}(\text{phyto})$	Соотношение фосфора к углероду фитопланктона	molar	0.00389	2
d_{phyto}	Смертность от	day^{-1}	0.021	3, 4, 5
W_{sink}	Скорость оседания	$\text{m} \cdot \text{day}^{-1}$	0.24	3, 5
h	глубина смешанного слоя	m	6	
$a_{pc}(\text{zoop})$	соотношение фосфора к углероду	molar	0.01075	2
d_{zoop}	смертность (функция старения и голодания)	day^{-1}	See equation	6
d_{fish}	показатель метаболизма	day^{-1}	0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5	7
Θ_{T-z}	влияние температуры на метаболизм зоопланктона	unitless	see equation	8
C_{gz}	максимальная удельная скорость выпаса	$\% \text{C} \cdot \text{day}^{-1}$	49%	8
Θ_p	Влияние биомассы на выпас скота	unitless	see equation	8
GE	эффективность роста	$\% \text{C}$	4, 8, 16, 32, 64	9
G_{max}	максимальная скорость роста фитопланктона	day^{-1}	1.3	4, 10, 11, 12
K_{mm}	Michaelis–Menten half saturation constant for phytoplankton growth	$\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$	2.9	3, 5, 10, 11, 12, 13
Θ_L	влияние света на интенсивность роста фитопланктона	unitless	see equation	
ψ	температурный коэффициент для роста фитопланктона	unitless	1.11	5
T	температура озера	$^{\circ}\text{C}$	Sine wave (min = 7, max = 20)	
T_{ref}	контрольная температура, для которой было получено значение G_{max} .	$^{\circ}\text{C}$	20	4, 10, 11, 12
ϕ	смертность зоопланктона от старения	unitless	-188	6
f_p	фотопериод	unitless	Sine wave (min = 0.31, max = 0.69)	
γ	коэффициент ослабления света	m^{-1}	see equation	
I_0	средняя интенсивность света на поверхности днем	Ly/day	Sine wave (min = 93, max = 362)	
I_s	оптимальная интенсивность света	Ly/day	165	3, 14
SD	глубина диска секки без фитопланктона	m	10	

$$\Theta_{T-Z} = 0.1113 \cdot e^{0.1093 \cdot T}$$

$$\text{If } P < 0.255 \text{ mg C l}^{-1}, \text{ then } \Theta_P = 3.92 \cdot P$$

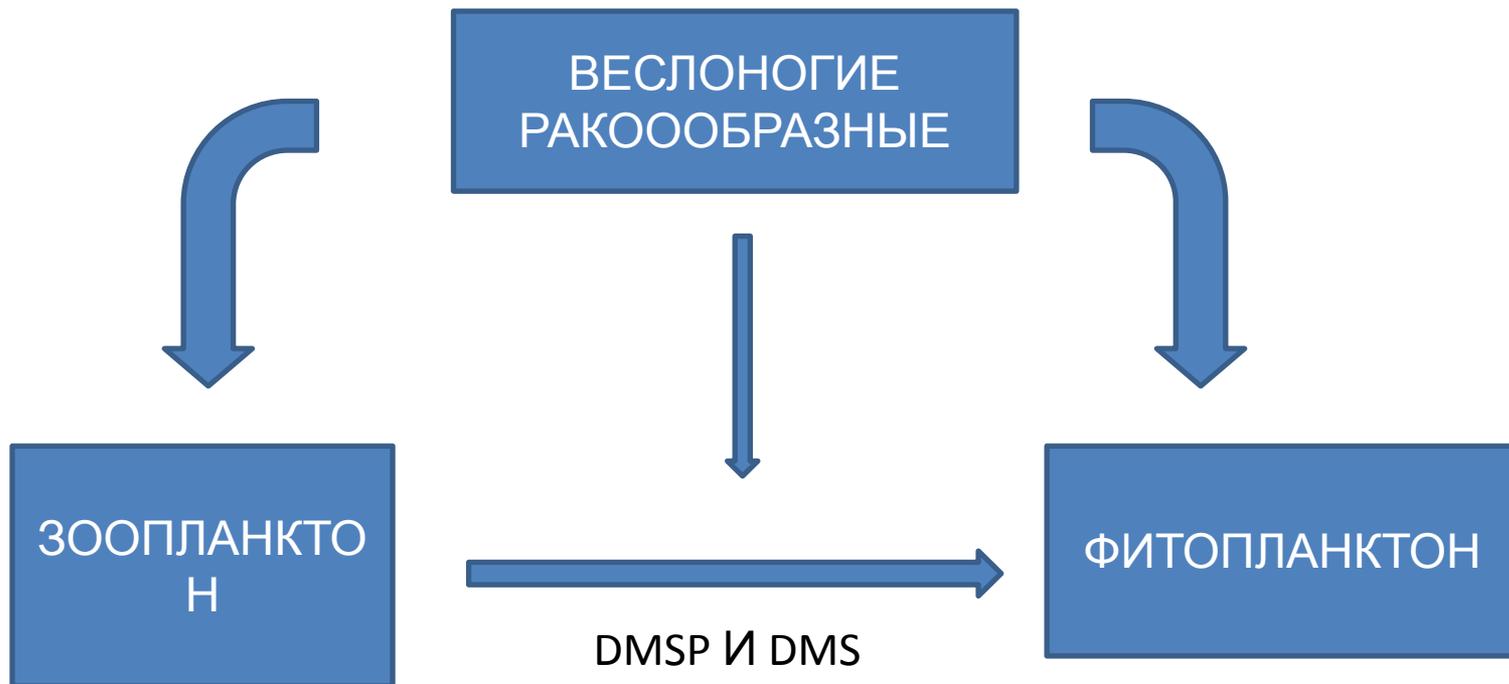
$$\text{If } P \geq 0.255 \text{ mg C l}^{-1}, \text{ then } \Theta_P = 1.$$

$$\text{If } P \leq 0.04 \text{ mg C l}^{-1}, \text{ then } d_{\text{zoop}} = \frac{0.09 \cdot \phi - \phi \cdot P}{100}$$

$$\text{If } P > 0.04 \text{ mg C l}^{-1}, \text{ then } d_{\text{zoop}} = \frac{0.044 + 0.05 \cdot \phi - 1.1 \cdot P}{100}$$

$$\Theta_L = \left(\frac{2.718 \cdot f_p}{\gamma \cdot h} \cdot \left(e^{\frac{-I_0}{I_s}} \cdot e^{-\gamma \cdot h} - e^{\frac{-I_0}{I_s}} \right) \right) \quad \gamma = \frac{-\ln(0.1)}{SD} + 0.4 \cdot P$$

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПИЩЕВОЙ
ЦЕПИ ПУТЕМ ПАСТБИЩНОГО
ИНДУЦИРОВАНИЯ DMS И
ФОРМИРОВАНИЕ ЦВЕТЕНИЯ
ФИТОПЛАНКТОНА В
ТРОФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ



Что описывает модель ?

- Модель пытается захватить ключевые взаимодействия между мелким фитопланктоном, микрозоопланктоном и веслоногими рачками под воздействием инфо-химического сигнала DMS путем выпаса микрозоопланктона.

Для чего нужна модель ?

- Данная модель нужна для подтверждения взаимосвязи влияния концентрации DMS и регулирования трофической цепи .

Что считает модель ?

- Плотность Фитопланктона.
- Плотность Микрзоопланктона.

$$\frac{dP}{dt} = rP \left(1 - \frac{P}{K} \right) - \frac{aPM}{1 + bP} \quad (1)$$

$$\frac{dM}{dt} = \frac{\gamma aPM}{1 + bP} - mM - \frac{\lambda aPM^2}{1 + bP} \quad (2)$$

- Модель рассматривает короткий промежуток времени, из-за чего параметр “хищники” является постоянным
- Увеличение DMS мгновенно вызывает сокращение популяции зоопланктона
- Скорость роста Микрзоопланктона зависит от Выработка самого зоопланктона и его биомассы с коэффициентом качества, а так же от средней смертности(зависит от DMS) и поеданием хищниками с соответствующим коэффициентом (зависит от DMS)
- Скорость роста зоопланктона зависит от переноса питательных веществ и самопроизводства, а также от «затемнения» и поедания зоопланктоном

Variable/parameter	Definition	Value	Range/reference
P	Плотность фитопланктона	–	–
M	Плотность микрозоопланктона	–	–
r	Скорость собственного роста фитопланктона	1.5 days^{-1}	$0.1\text{--}2 \text{ days}^{-1a}$
K	Продукция фитопланктона	$120 \mu\text{g C l}^{-1}$	$100\text{--}150 \mu\text{g C l}^{-1b}$
a	Клиренс микрозоопланктона при низкой плотности пищи	$0.3 \mu\text{g C l}^{-1} \text{ days}^{-1}$	$0.1\text{--}0.3 \mu\text{g C l}^{-1} \text{ days}^{-1c,d}$
b	Эффективность выпаса микрозоопланктона	$0.05 \mu\text{g C l}^{-1}$	$0.01\text{--}0.05 \mu\text{g C l}^{-1c,d}$
γ	Полунасыщения	0.5	$0.1\text{--}1^e$
m	Смертность микрозоопланктона в отсутствие DMS	0.3 days^{-1}	$0.2\text{--}1 \text{ days}^{-1}$
λ	Дополнительная смертность микрозоопланктона при наличии DMS	Control parameter	–

Вывод модели

$$\frac{dP}{dt} = r(P)P - f(P)M \quad (3)$$

$$\frac{dP}{dt} = r(P)P - f(P)M \quad (6)$$

$$\frac{dM}{dt} = \gamma f(P)M - \mu M - \beta ZM(1 + \xi C) \quad (4)$$

$$\frac{dM}{dt} = \gamma f(P)M - mM - \lambda f(P)M^2 \quad (7)$$

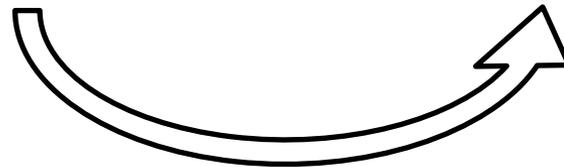
$$\frac{dC}{dt} = \eta f(P)M - vC \quad (5)$$

where $m = (\mu + \beta Z)$ and $\lambda = \frac{\eta \beta Z \xi}{v}$.

where

$$r(P) = r \left(1 - \frac{P}{K} \right)$$

$$f(P) = \frac{aP}{1 + bP}$$



Предполагаем, что $dC/dt=0$

• $Z=\text{const}$ из-за короткого промежутка времени

- μ - фоновая смертность микрозоопланктона
- β and ξ -соответствуют хищничеству Копепод; Копеподы потребляют микрозоопланктон с линейной скоростью β в отсутствие DMS (для простоты,. В присутствии DMS, общий коэффициент хищничества увеличивается на мультипликативный коэффициент $1 + \xi C$, где параметр ξ представляет, насколько сильно увеличение уровня DMS приводит к увеличению хищничества у Копепод.
- DMS производится в системе со скоростью η пропорционально выпасу микрозоопланктона и покидает систему со скоростью v (в результате потока вверх, потребления бактериями и т.д.).