

ВЛИЯНИЕ СУТОЧНЫХ МИГРАЦИЙ МАКРОЗООПЛАНКТОНА НА ВЕРТИКАЛЬНУЮ СТРУКТУРУ ПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА

Е.Е. Гиричева

Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН,
Дальневосточный федеральный университет,
г. Владивосток

В работе рассматривается модель планктонного сообщества с учетом пространственного распределения. Система состоит из популяций фитопланктона, микрозоопланктона и макрозоопланктона. Пространственная неоднородность сообщества вызвана убыванием световой радиации с глубиной и суточными вертикальными миграциями макрозоопланктона. Суточные миграции макрозоопланктона оказывают существенное влияние на распределение всех популяций сообщества. В зависимости от скорости потребления фитопланктона и доли каждого вида планктона в рационе макрозоопланктона возможны различные варианты вертикальной структуры.

Ключевые слова: планктонное сообщество, пространственно-распределенная модель, суточные вертикальные миграции.

EFFECT OF DAILY MIGRATION OF MACROZOOPLANKTON ON THE VERTICAL STRUCTURE OF PLANKTON COMMUNITY

E.E. Giricheva

Institute of Automation and Control Processes FEB RAS,
Far Eastern Federal University,
Vladivostok

The paper considers the model of plankton community with spatial distribution. The system consists of phytoplankton, microzooplankton and macrozooplankton populations. Spatial heterogeneity of the community results from the decrease of the light radiation with depth and diel vertical migrations of macrozooplankton. Diel migrations of macrozooplankton have a significant effect on the structure of entire community. There are different types of vertical plankton structure depending on zooplankton grazing rate and abundance of each plankton species in macrozooplankton diet

Keywords: plankton community, spatially distributed model, diel vertical migrations.

Пространственная структура сообщества планктонных видов существенно неоднородна. Среди факторов, влияющих на гетерогенность распределения видов, выделяют температуру, освещенность, диффузионные процессы, взаимодействия между видами, а также суточные вертикальные миграции некоторых видов зоопланктона (Petzold et al., 2009; Cheriton et al., 2009). Рассмотрим модель, описывающую пространственно-временную

динамику фитопланктона (P), микрозоопланктона (Z_1) и макрозоопланктона (Z_2) в вертикальном столбе воды с учетом суточных вертикальных миграций макрозоопланктона. Изменение плотности популяций описывается системой «реакция-адвекция-диффузия»:

$$\begin{aligned}\frac{\partial P}{\partial t} &= D_1 \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + r_0 e^{-kx} P \left(1 + \frac{P}{K_P} \right) - \frac{\mu_1 P}{K_1 + P} Z_1 - \frac{\mu_2 \rho_1 P}{K_2 + \rho_1 P + \rho_2 Z_1} Z_2; \\ \frac{\partial Z_1}{\partial t} &= D_2 \frac{\partial^2 Z_1}{\partial x^2} + \frac{\alpha_1 \mu_1 P}{K_1 + P} Z_1 - \frac{\mu_2 \rho_2 Z_1}{K_2 + \rho_1 P + \rho_2 Z_1} Z_2 - m_1 Z_1; \\ \frac{\partial Z_2}{\partial t} &= D_3 \frac{\partial^2 Z_2}{\partial x^2} - v(t, x) \frac{\partial Z_2}{\partial x} + \frac{\alpha_2 \mu_2 (\rho_1 P + \rho_2 Z_1)}{K_2 + \rho_1 P + \rho_2 Z_1} Z_2 - \delta Z_2^2 - m_2 Z_2.\end{aligned}$$

Система рассматривается в одномерной области $x \in [0, X]$, границы которой представляют границу с атмосферой ($x=0$) и глубину перемешанного слоя ($x=X$). Здесь D_1, D_2, D_3 – коэффициенты турбулентной диффузии, $v(t, x)$ – скорость суточных миграций макрозоопланктона; r_0, K_P – скорость роста и емкость экологической ниши фитопланктона, k – коэффициент затухания света с глубиной. Трофические функции Холлинга второго типа описывают потребление фитопланктона обоими видами зоопланктона с максимальными скоростями потребления μ_1, μ_2 и константами полунасыщения K_1, K_2 . При этом трофическая функция макрозоопланктона учитывает избирательность питания, определяемую коэффициентами ρ_1 и ρ_2 . Эффективность питания зоопланктона – α_1, α_2 , а убыль происходит по причине естественной смертности со скоростями m_1, m_2 и внутривидовой конкуренции макрозоопланктона со скоростью δ .

Модель без учета пространственной неоднородности исследовалась на устойчивость гомогенного распределения к небольшим пространственно-временным возмущениям. Показано, что для системы возможны три режима функционирования: осциллирующее во времени однородное решение, неустойчивость Тьюринга и стационарное однородное решение.

Для модели с учетом суточных вертикальных миграций проводились расчеты для двух вариантов доли фитопланктона в рационе макрозоопланктона: $\rho_1=0,05$ и $\rho_1=0,15$. Тогда доля микрозоопланктона $\rho_2=0,95$ и $\rho_2=0,85$, соответственно. Время измеряется в сутках, а пространственная координата нормирована. Распределение макрозоопланктона по глубине соответствует суточным вертикальным миграциям. Они определяются функцией $v(t, x)$ и соответствуют суточной динамике световой радиации у поверхности океана (Richards et al., 1996). Распределения фитопланктона и микрозоопланктона представлены на рисунке. В случае $\mu_1=2$ (рис. а) основная масса фитопланктона сосредоточена в центре области, у поверхности и на глубине наблюдаются колебания биомассы, вызванные движением макрозоопланктона. Максимум микрозоопланктона наблюдается на границах области, где происходит основное выедание фитопланктона. С увеличением скорости выедания фитопланктона микрозоопланктоном (рис. б) наблюдаются

два пика максимума фитопланктона. В случае увеличения присутствия фитопланктона в рационе макрозоопланктона ($\rho_1=0,15$) распределения видов аналогичны описанному выше. Разница лишь в том, что не возникает двух пиков в распределении плотности, а основная масса фитопланктона группируется в области $x \in (0,2, 0,8)$. Если же скорость выедания фитопланктона продолжает увеличиваться, наблюдаются колебания биомассы планктона. Таким образом, биологические характеристики взаимодействующих видов и миграции макрозоопланктона могут существенно изменить пространственно-временную динамику всего сообщества.

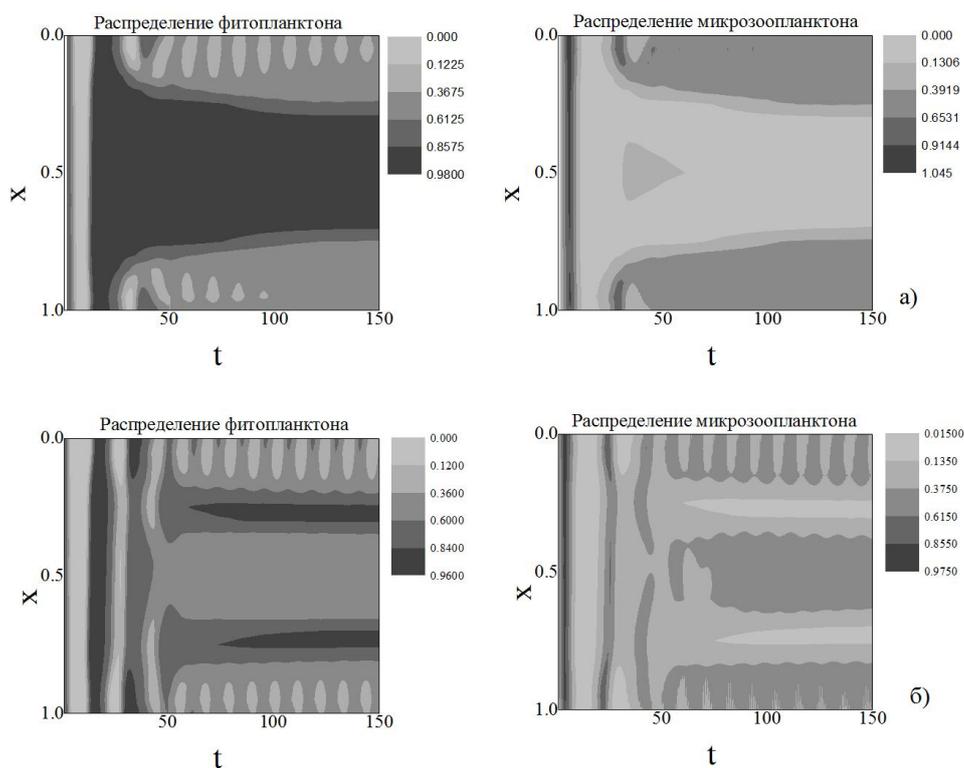


Рис. Пространственно-временная динамика фитопланктона и микрозоопланктона при $\rho_1=0.05$ и двух вариантах скорости выедания фитопланктона микрозоопланктоном: а) $\mu_1=2$, б) $\mu_1=2.5$

Список литературы:

- Petzold T. et al. Effects of zooplankton diel vertical migration on a phytoplankton community: a scenario analysis of the underlying mechanisms // *Ecological Modelling*. 2009. V. 220, I. 9-10. P. 1358-1368.
- Cheriton O. M. et al. Physical and biological controls on the maintenance and dissipation of a thin phytoplankton layer // *Marine Ecology Progress Series*. 2009. V. 378. P. 55-69.
- Richards Sh. A. et al. Diel vertical migration: modelling light-mediated mechanisms // *Journal of Plankton Research*. 1996. V. 18, No. 12. P. 2199-2222.