

Iraq // Eng. & Tech. Journal. – 2014. – Vol.32, Part (A), №5. – P. 1149–1157.

6. Sriram A. V., Rashmi C. N. Estimation of Potential Evapotranspiration by Multiple Linear Regression Method // IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE). – 2014. – Vol. 11, №2. – P. 65–70.

7. Honarbakhsh A., Dashtpajardi M.M., Vagharfard H. Application of Soft Computing Methods in Predicting Evapotranspiration // Open Journal of Geology. – 2013. – Vol. 3. – P. 397–403.

8. Helder J. F. da Silva, Marconio S. dos Santos, Jório B. Cabral Junior, Maria H. C. Spyrides. Modeling of reference evapotranspiration by multiple linear regression // Journal of Hyperspectral Remote Sensing. – 2016. – Vol.6, №1. – P. 44–58.

## УДК 519.8

### Модельное исследование фотоадаптационных свойств фитопланктона

*С.Я. Пак, А.И. Абакумов*

*Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН,  
г. Владивосток*

Механизм фотоадаптации фитопланктона состоит в его способности поглощать такое количество световой энергии, которая достаточна для начала ферментативной реакции, но не избыточна, ибо в этом случае включается процесс фотоингибирования, то есть угнетения фотосинтеза. Общая поглотительная способность растительной поверхности определяется двумя основными структурными характеристиками: 1) площадью эффективного сечения поглощения отдельной фотосинтетической единицы; 2) числом фотосинтетических единиц (фотоединиц). В данном случае будем считать, что фотосинтетический аппарат некоторого фитопланктонного вида стремится к унификации структурных единиц, поэтому все они имеют примерно одинаковую площадь эффективного сечения поглощения. Кроме того, предположим, что фотосистема II входит в состав всех фотоединиц, и, следовательно, их число равно числу реакционных центров (РЦ).

В работах [1] и [2] упоминается о так называемых  $N$  и  $\sigma$ -стратегиях увеличения суммарной площади поглощения. При этом  $\sigma$ -стратегия состоит в увеличении эффективного сечения поглощения отдельно взятой фотоединицы, а  $N$ -стратегия – в росте количества наличествующих фотоединиц. Примечательно, что  $\sigma$ -стратегия преоб-

ладает при стабильно низком уровне освещенности, а  $N$ -стратегия – при быстрой смене уровня падающей радиации.

Чередование стратегий развития можно наблюдать в теории роста популяций [3], причем доминирование той или иной зависит от постоянства ареала обитания. Данная аналогия дает некоторые основания воспользоваться уравнением Ферхюльста-Пирла для построения динамической модели суммарного эффективного сечения поглощения.

Предлагаемая модель претендует на оценку ресурсного потенциала некоторого фитопланктонного вида или видового сообщества в зависимости от той или иной стратегии фотоадаптации при различных режимах освещения.

$$\begin{cases} \frac{dN}{dt} = r(I, I_t) \frac{(\Sigma_{\max}(I) - N\sigma)^+}{\Sigma_{\max}^0} N \\ \frac{d\sigma}{dt} = \rho(I, I_t) \frac{(\Sigma_{\max}(I) - N\sigma)^+}{\Sigma_{\max}^0} \sigma \end{cases}, \quad (1)$$

где  $r(I, I_t) = r_0 \phi(I, I_t)$ ,  $\rho(I, I_t) = \rho_0 \psi(I, I_t)$ ,  $\Sigma_{\max}(I) = \Sigma_{\max}^0 \frac{I}{(I + k_0)^2}$ .

Здесь  $N$  (нмоль/м<sup>3</sup>) – число реакционных центров,  $\sigma$  (нм<sup>2</sup>) – размер эффективного сечения поглощения отдельно взятой фотосинтетической единицы.  $\Sigma_{\max}(I)$  – максимальный размер поглощающей поверхности, которая соответствует единице растительной площади.  $\Sigma_{\max}(I)$  – это функция, зависящая от уровня освещенности. Значение этой функции в фиксированной точке имеет смысл размера совокупной поверхности поглощения, достаточной для того, чтобы при заданной интенсивности света, все падающие фотоны были поглощены. Скоростные динамические характеристики зависят как от уровня освещенности, так и от скорости его изменения, поэтому представим их следующим образом:

$$\phi(I, I_t) = \phi_1(I) \cdot \phi_2(I_t), \quad \psi(I, I_t) = \psi_1(I) \cdot \psi_2(I_t).$$

Опираясь на то, что зависимость скорость роста биомассы, как и скорость первичного продуцирования очень часто описывается кинетикой Михаэлиса-Ментон [4, 5], можно предположить гиперболическую зависимость величин  $N$  и  $\sigma$  от освещенности.

$$\text{Тогда } \phi_1(I) = \frac{\alpha I^l}{K_\phi^l + I^l} \text{ и } \psi_1(I) = \frac{\beta I^l}{K_\psi^l + I^l}.$$

Что касается динамики числа РЦ и площади эффективного сечения поглощения в зависимости от приращения падающей фотосинтетически активной радиации (ФАР), то согласно [6] при постоянном низком уровне освещенности фотосинтетический аппарат фитопланктонных организмов настроен на увеличение эффективного сечения фотоединицы, а при нестабильном режиме освещенности – на расширение суммарной площади поглощения за счет наращивания числа РЦ. Поскольку данные процессы являются в значительной степени конкурирующими, опишем вышеупомянутую зависимость следующим образом:

$$\phi_2(I_t) = I_t^2 - \dot{I}_\phi^2, \quad \psi_2(I_t) = \dot{I}_\psi^2 - I_t^2.$$

Изменение динамического поведения исследуемых показателей по мере изменения режима освещенности представлено на рисунке.

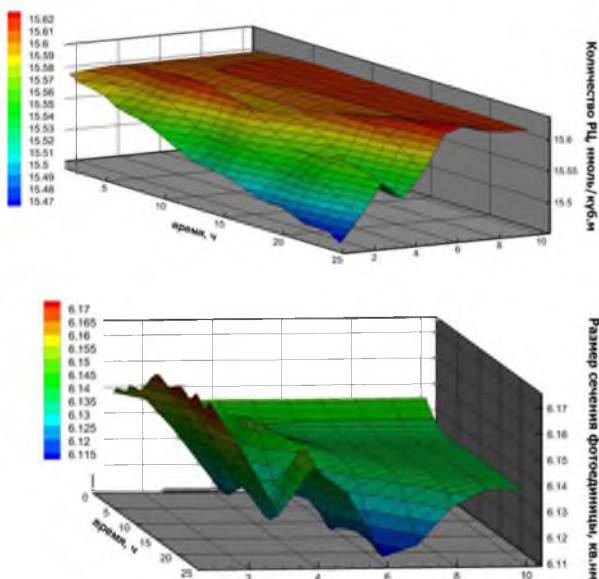


Рисунок – Динамика числа РЦ и размера сечения фотоединицы при уменьшении частоты меняющегося освещения

В случае частых и небольших по амплитуде вспышек света имеет место локальное преобладание  $N$ -стратегии увеличения площади поглощения, но общий тренд динамики числа РЦ имеет выраженную тенденцию к уменьшению, как при постоянном уровне ФАР. Эффективное сечение поглощения фотоединицы, напротив, претерпевает

локальные сокращения площади поверхности в соответствии с изменением производной по освещенности, но в целом размер его постепенно увеличивается, причем сообразно линейному росту. По мере увеличения амплитуды всплеск и уменьшения их частоты такая усредненная  $\sigma$ -стратегия переходит в  $N$ -стратегию.

### Библиографический список

1. Han B.P. A mechanistic model of algal photoinhibition induced by photodamage to photosystem-II // J. Theoret. Biology. 214 (2002). 519–527.
2. Nikolaou A., Hartmann P., Sciandra A., Chachuat B., Bernard O. Dynamic Coupling of Photoacclimation and Photoinhibition in a Model of Microalgae Growth // J. Theoret. Biology 390, 61–72.
3. Пузаченко Ю.Г. Основы общей экологии. – М.: Издательство Московского университета, 1996. – 133 с.
4. Динамические модели в биологии. Кафедра биофизики МГУ, 2001-2013. Эл.ресурс. URL: <http://dmb.biophys.msu.ru/registry?article=9822>.
5. Platt T., Gallegos C.L., Harrison W.G. Photoinhibition of photosynthesis in natural assemblages of marine phytoplankton // J. Mar. Res. 38: 687–701, 1980.
6. Han B.P. A mechanistic model of algal photoinhibition induced by photodamage to photosystem-II // J. Theoret. Biology. 214 (2002). 519–527.

### УДК 004.42

## О разработке информационного ресурса для врача-педиатра медицины катастроф

*Н.С. Поморов, Г.В. Кравченко*

*АлтГУ, г. Барнаул*

Информационные технологии проникают во все сферы жизнедеятельности человека, в том числе и в здравоохранение. В настоящее время медицинские информационные ресурсы в Интернете постепенно превращаются из диковинки в информационный инструмент, которым ежедневно пользуются врачи многих медицинских учреждений, и интерес к которому проявляется в ещё большем их числе.

Среди информационных ресурсов медицинской тематики можно выделить следующие: