

МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН УССР

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ "ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ЮЖНОГО РЕГИОНА УКРАИНЫ"

~ 6612-84 Den. УДК 581.526.325:581.132:519.2(26)

Н.П. Макарова

К РАЗРАБОТКЕ ХЛОРОФИЛЬНО-ПРОДУКЦИОННОГО АЛГОРИТМА
ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ОКЕАНА

Контактные измерения "индекса цвета вод" T_{uv} , являющиеся отношением спектральных яркостей света в участках длин волн $\lambda = 450$ нм и $\lambda = 550$ нм [1] привели [2] к эмпирической зависимости

$$\alpha_{500} = 0.01 + 0.037 T_{uv} \quad (1)$$

где α_{500} — показатель вертикального ослабления света.

Будем исходить из того, что спутниковые или самолетные измерения спектральной плотности энергетической яркости моря обеспечены алгоритмом, приводящим к оценке индекса цвета моря. При этом появляется возможность расчета концентрации хлорофилла и первичной продукции на основе имеющихся эмпирических и модельных результатов. В случае зондирования с использованием других длин волн формуле (1) требуется соответствующая коррекция.

Определив α по (1), устанавливаем вертикальное распределение облученности J , подчиняющееся экспоненциальному закону:

$$J = J_0 \exp(-\alpha z), \quad (2)$$

для чего требуется знать освещенность J_0 под поверхностью воды, z — глубина в м.

Рядом авторов [3] установлена связь и получено регрессионное соотношение между концентрацией пигментов фитоплан-

ктона, в первую очередь хлорофилла, и индексом цвета воды. В отделе оптики МГИ АН УССР широко используется [3] соотношение, полученное по многочисленным данным полевых измерений в разных акваториях

$$\lg C_0 = -0.53 + 0.74 \lg T_{\text{цв}} \quad (3)$$

где C_0 — концентрация хлорофилла у поверхности воды в мг/м³. По соотношениям такого вида, имея величины индекса цвета, полученные неконтактными методами зондирования, можно восстановить поле значений концентрации пигментов у поверхности моря.

Принимается [4, 5], что зависимость между средней концентрацией хлорофилла в эвфотическом слое $\bar{C}$ (мг/м³) и на поверхности C_0 (мг/м³) может быть приближенно передана в виде

$$\lg \bar{C} = 0.073 + 0.678 \lg C_0 \quad (4)$$

Подставляя в (4) значения концентрации поверхностного хлорофилла из (3), получаем средние значения его концентрации в эвфотическом слое (при допущении, что хлорофилл равномерно распределен в столбе воды).

Ассимиляционное число или "индекс продуктивности" A_z находим для разных глубин по соотношению из [6]

$$A_z = \left(2.65 - \frac{0.04}{I_m}\right) \cdot I \cdot \exp(-I/I_m), \quad (5)$$

где I — задано по (2), а I_m — значения светового насыщения фотосинтеза по

$$I_m = 0.026 \exp(0.067 T_z) \quad (6)$$

для чего требуется знать также температуру воды T_z по глубинам.

Теперь для определения первичной продукции P под м² используем уравнение

$$P = D \int_0^{z_0} \bar{C} A_z dz, \quad (7)$$

где D — длина светового дня, z_0 — толщина эвфотического

слоя, которую можно вычислить по (2), исходя из того, что при $Z = Z_3$ имеем $\mathcal{I} = 0.01 \mathcal{I}_0$.

Таким образом, для использования предлагаемого хлорофилло-продукционного алгоритма, помимо дистанционного определения $\mathcal{I}_{ув}$, требуется измерение либо оценка величин $\mathcal{I}_0$, T_z и $\mathcal{D}$, что обеспечивается подспутниковыми исследованиями либо дополнительными измерениями со спутника или самолета. В частности, можно использовать приближенное соотношение между T_z и температурой поверхности воды T_0 , определенной дистанционно.

Формула (7) может быть уточнена введением изменений по глубинам в течение светового дня $\mathcal{D}$. Таким образом, вместо среднего $\mathcal{I}$ можно использовать $\mathcal{I} = f(\mathcal{D})$, когда эта функция известна.

Более простой алгоритм определения $\bar{C}$ и ρ предложили Смит и соавторы [5], используя среднее значение "индекса продуктивности", но при этом не учитывается довольно существенное влияние температуры воды на A_z .

Описанный нами алгоритм обеспечивает первое приближение к оценке первичной продукции и позволяет проводить уточнение и конкретизацию с учетом особенностей района, сезона, типа водных масс. Например, для северо-западной части Черного моря в осенний период по данным контактных судовых измерений в 7 рейсе НИС "Профессор Колесников" получено следующее регрессионное уравнение, связывающее величины индекса цвета и хлорофилла на поверхности моря

$$\lg C_0 = 0.08 + 0.45 \lg \mathcal{I}_{ув} \quad (8)$$

где C_0 — концентрация суммы хлорофилла "а" и феофитина "а" в мг/м^3 (рис. I). Естественно, что для данных условий вместо уравнения (3) следует использовать (8).

Кроме того, были рассчитаны величины средневзвешенных по эквотическому слою концентраций хлорофилла по формуле

$$\bar{C} = \frac{1}{Z_3} \int_0^{Z_3} C_z dz \quad (9)$$

и установлена следующая связь $\bar{C}$ со значениями C_0

$$\lg \bar{C} = -0.041 + 0.86 \lg C_0 \quad (10)$$

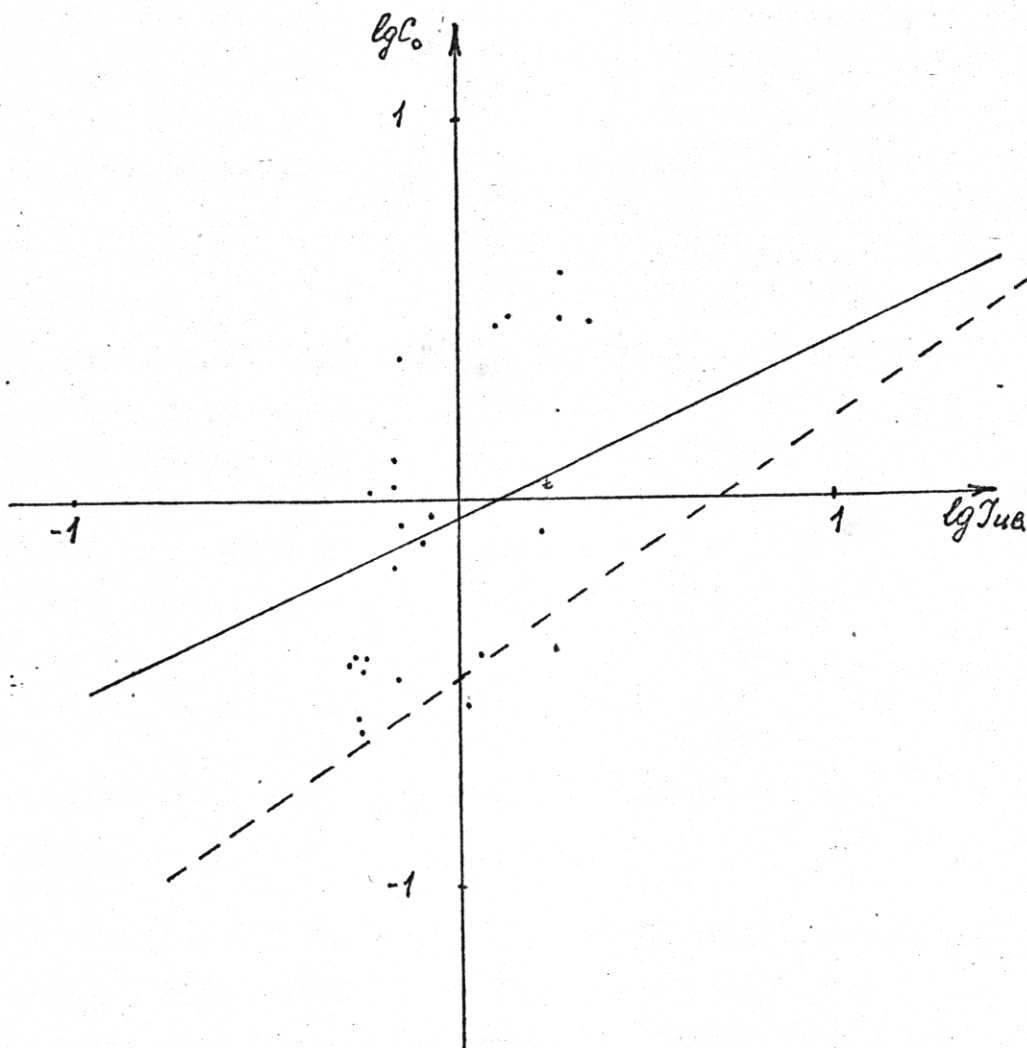


Рис. I. Зависимость концентрации суммы хлорофилла "а" и феофитина "а" в мг/м^3 в поверхностном слое от "индекса цвета". Сплошная линия построена по уравнению (8), пунктирная - по уравнению (3).

Видно (рис.2), что для данного района уравнение (10) точнее, чем обобщенное (4).

По имеющимся данным квазиоднородных измерений яркостных характеристик моря с самолета-лаборатории, можно оценить значения индексов цвета и температуры поверхности воды. Использование их в предложенном алгоритме позволит выявить поля концентрации хлорофилла и первичной продукции для северо-западной части Черного моря.

Литература

1. Неуймин Г.Г., Соловьев М.В., Мартынов О.В. "Некоторые результаты измерения индекса вод различных районов Мирового океана. В кн. "Оптические методы изучения океанов и внутренних водоемов", Новосибирск, Наука, 1979, с.27-38.
2. Пелевин В.Н. "О спектральных характеристиках поля солнечного излучения в море и над его поверхностью". В кн. "Световые поля в океане", М. 1979, ин-т океанол.АН СССР, с.16-26.
3. Афонин Е.И., Берсенева Г.П., Крупаткина Д.К., Маньковский В.И., Соловьев М.В. "Оценка содержания хлорофилла в верхнем слое моря по измерению индекса цвета". В кн. "Световые поля в океане". М.Ин-т океанол. им.Ширшова АН 1979, с.191-196.
4. Lorenzen C.J. Surface chlorophyll as an index of the depth, chlorophyll content and primary productivity of the euphotic layer. *Limnol. Oceanogr.* 15, 1970, 479-480.
5. Smith R.C., Baker K.S. "The bio-optical state of ocean waters and remote sensing" *limnology and oceanography*, 1978, v.23 N2, p.247-259
6. Заика В.Е., Макарова Н.П. "К определению первичной продукции по содержанию хлорофилла в море". Сб. "Экология моря", II, Киев, Наукова думка, 1982, с.9-15.