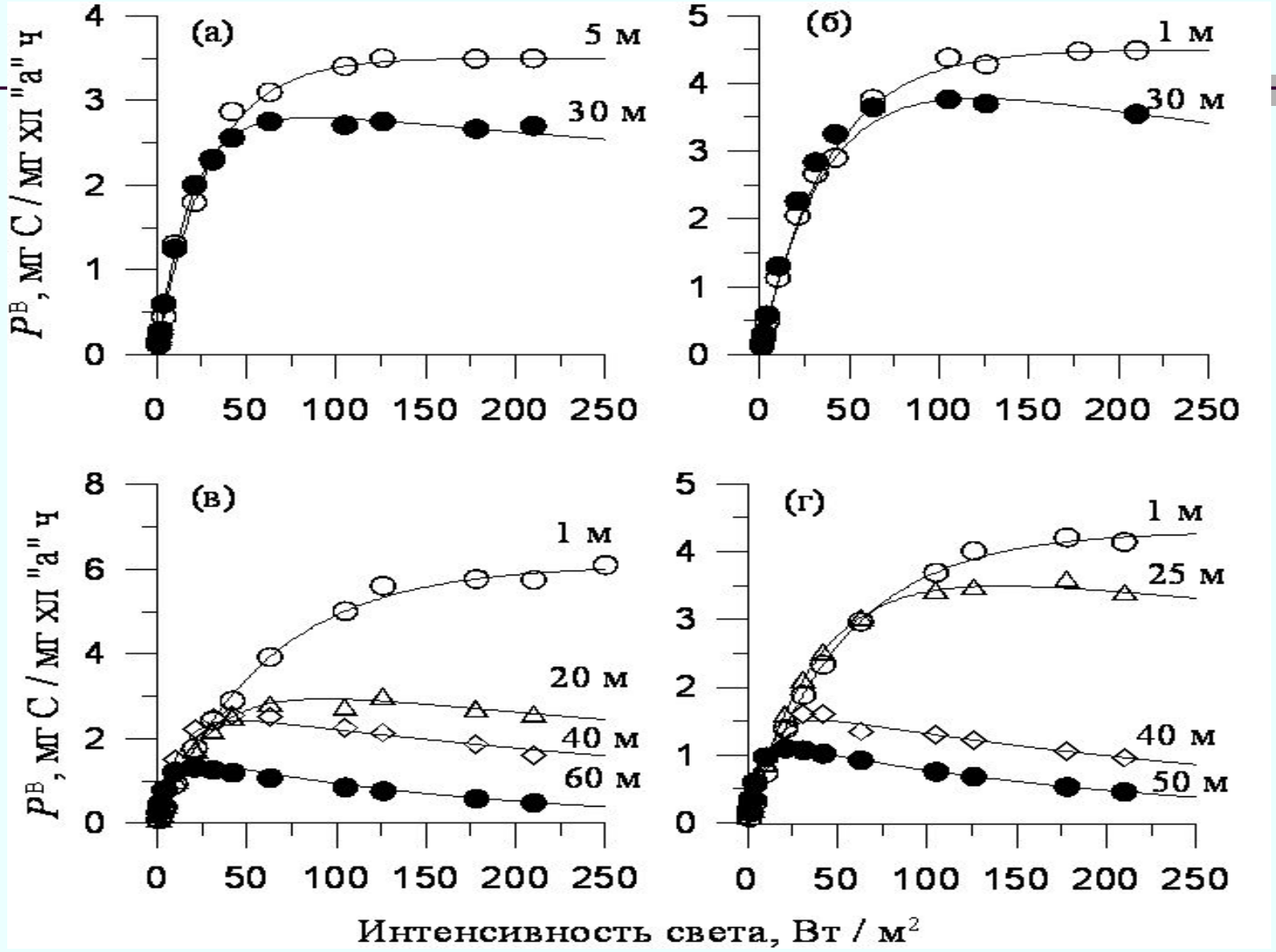
Фотосинтез водных экосистем

Финенко З. З.

Зависимость фотосинтез - свет



Экспоненциальная формулировка

$$P^B = P^B_{\max}(1 - \exp(-\alpha^B * E_0 / P^B_{\max}))$$

(Jassby and Platt, 1976)

- где P^B - скорость фотосинтеза нормализованная на хлорофилл «а» (моль CO_2 $г^{-1}$ Хл «а» $сек^{-1}$)
- P^B_{max} - максимальная скорость фотосинтеза нормализованная на хлорофилл «а» (моль CO_2 $г^{-1}$ Хл «а» $сек^{-1}$)
- α^B - начальный наклон кривой фотосинтез свет (моль CO_2 $моль^{-1}$ фотонов $м^2$ $г^{-1}$ Хл «а»)
- E_0 - плотность светового потока ($моль^{-1}$ фотонов $м^{-2}$ $сек^{-1}$)
- Уравнение можно записать в терминах светового насыщения фотосинтеза ($моль^{-1}$ фотонов $м^{-2}$ $сек^{-1}$), где $E_0 = P^B_{max} / \alpha^B$

$$P^B = P^B_{\max}(1 - \exp(-E_0 / E_k))$$

Теория попадания

(Dubinsky et al., 1986)

$$P^B = (1 - \exp(-\sigma * \tau * E_0)) / (4\eta * \tau)$$

- **Где *σ*-эффективное поглощение света фотосистемой II ($м^2$ $моль^{-1}$ реакционный центр),**
- ***τ*- время оборота фотосистемыII (сек),**
- ***η* - размер фотосистемы II (г Хл «а» PS^{-1}), измеренный по выделению кислорода на одну вспышку**
- **4 – число электронов переносимое фотосистемой II для выделения одной молекулы O_2 , или поглощения молекулы CO_2**
- **Отметим, что произведение $\sigma * \tau * E_0$ имеет размерность моль фотонов $моль^{-1}$ реакционных центров. При сравнении между фотонами и реакционными центрами размерности моль и $моль^{-1}$ сокращаются.**

Поглощение света и эффективность фотосинтеза

- (Sakshaug et al.,1989).

$$P^B = a^{*chl}\varphi_m E_0(1-\exp(\sigma * \tau * E_0))/(\sigma * \tau * E_0),$$

- Где φ_m - максимальный квантовый выход фотосинтеза (моль С моль$^{-1}$ квантов),
- α^{*chl} - удельная скорость поглощения света хлорофиллом «а» (м$^{-2}$ г$^{-1}$ Хл «а»).

Связь между параметрами в приведенных выше уравнениях.

$$P_m^B = 1/4\eta\tau = (a^{*chl}\phi_m)/(\sigma\tau)$$

$$E_k = 1/\sigma\tau = P_m^B / \alpha^B$$

$$\alpha^B = \phi_m * a^{*chl} = \sigma / 4\eta$$

Энергетический баланс между скоростью роста и фотосинтезом водорослей

$$\mu + r + e = 12 * P_m^B * \theta * \left[1 - \exp(-\alpha^B E_0 / P_m^B)\right]$$

- где μ- удельная скорость роста водорослей (сек$^{-1}$),
- r - удельная скорость дыхания (сек$^{-1}$),
- e - удельная скорость экскреции (сек$^{-1}$),
- θ - отношение хлорофилл «а» - органический углерод в клетке (г Хл «а» г$^{-1}$С).

Подводная освещенность

$$K_z(525) = 0.655 \cdot K_z(490) + 0.03$$

$$E_{отн,z}(525) = \frac{E_{w,z}(525)}{E_{w,0}(525)} = 0.94 \cdot \exp(-K_z(525) \cdot z)$$

$$\frac{E_w(z)}{E_w(0)} = E_{отн,z}(525) \cdot (0.16 + \frac{5.46}{z + 6.5})$$

Алгоритм вертикального распределения концентрации хлорофилла

- $Хл_z = (h / \sigma (2\pi)^{1/2}) \exp[- (z - z_м)^2 / 2\sigma^2]$

,

$h = (55.73 \pm 1.40)\ Хл_0^{0.56\pm0.008}$,

для $0.02 \le Хл_0 \le 70$; $r^2 = 0.75$, n=385

$z_м = 11.1 \pm 0.75 - ((10.46 \pm 0.45)\ LnХл_0$,

для $0.02 \le Хл_0 \le 70$, $r^2 = 0.61$, n = 385

- $Хл_z = 55.73 Хл_{sat}^{0.56} \sigma (2\pi)^{1/2}) \exp[-(z-(11.1-10.46\ lnХл_{sat})^2/2\sigma^2]$

при $0.02 \le Хл_0 \le 70$, n = 385, где σ равна 20м при $Хл_{sat}$< 1мг $м^{-3}$ и σ=13м при $Хл_{sat}$ > 1мг $м^{-3}$.

Алгоритм пространственного и вертикального распределения фотосинтетических параметров

$$\alpha_0^B = 0.11 Хл_0^{0,29}$$

Для холодного периода

$$\alpha_z^B = \alpha_0^B (0.09\xi + 0.94)$$

для теплого периода

$$\alpha_z^B = \alpha_0^B (0.24\xi + 0.84)$$

для глубин $1 < \xi \leq 4.6$ и для $\xi < 1$, значения $\alpha_z^B = \alpha_0^B$

Максимальная интенсивность фотосинтеза для поверхностного слоя

$$P^{B}_{\max(0)} = \alpha^{B}_{0} \cdot E_{k}$$

$$E_{k} = 17.4 \cdot \exp(0.066 \cdot T)$$

Для холодного периода

$$P^{B}_{\max(z)} = P^{B}_{\max(0)} \cdot (1.2 \cdot \xi^{-0.29})$$ **для 2 < ξ ≤ 4.6**

для теплого периода

$$P^{B}_{\max(z)} = P^{B}_{\max(0)} \cdot (\xi^{-0.96})$$ **для 1 < ξ ≤ 4.6**

Алгоритм вертикального распределения первичной продукции

$$P_{(z,t)} = Хл_{(я)} \cdot P^{B}_{\max(z)} \{1 - \exp[-(\alpha^{B}_{z} \cdot E_0 \cdot \exp^{-k(z)\cdot z}) / P^{B}_{\max(z)}]\}$$

Суточная первичная продукция на глубине z ($P_{(z)}$) рассчитана как

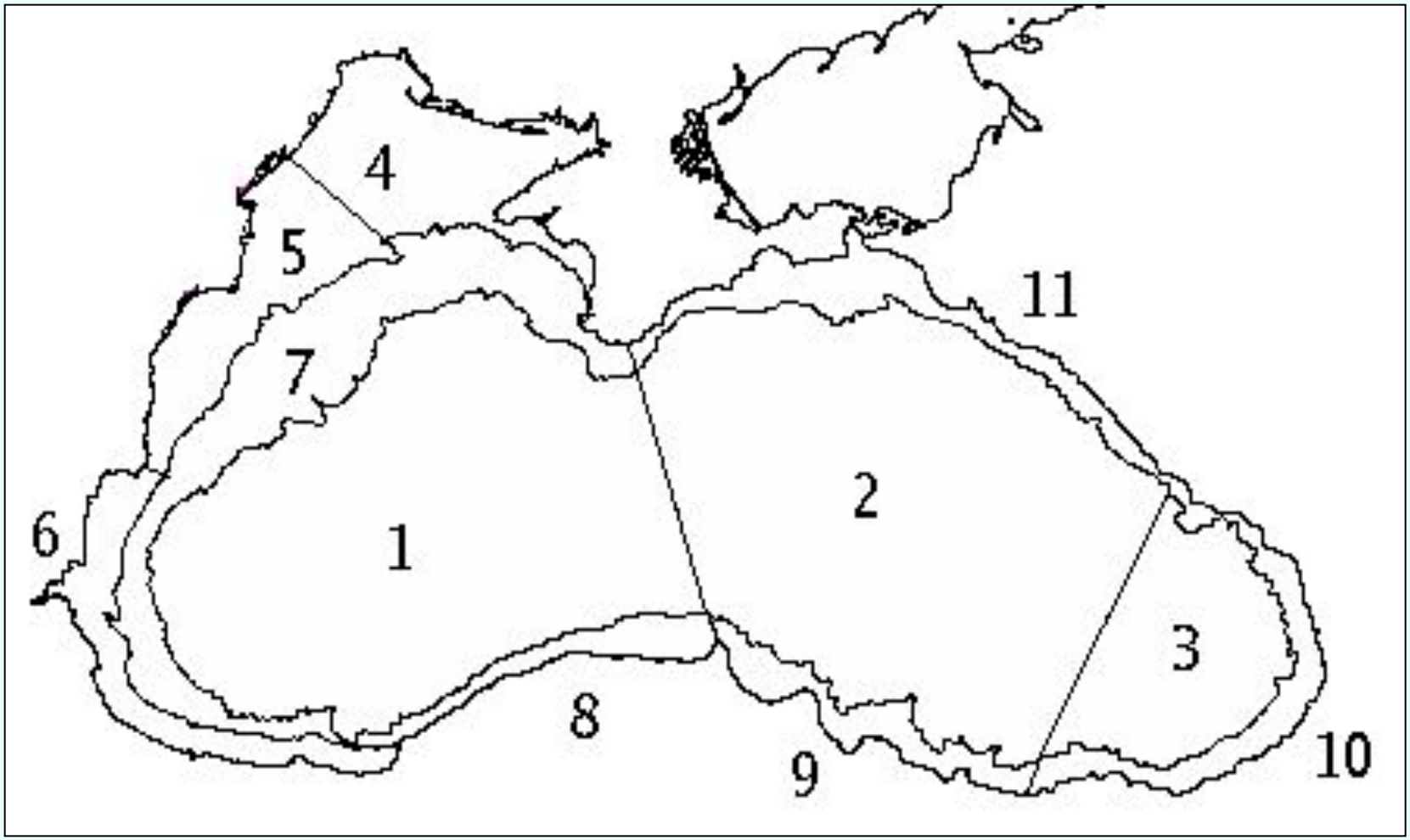
$$P_{(z)} = P_{(z,t)} \cdot D$$

, где D – длительность дня в часах.

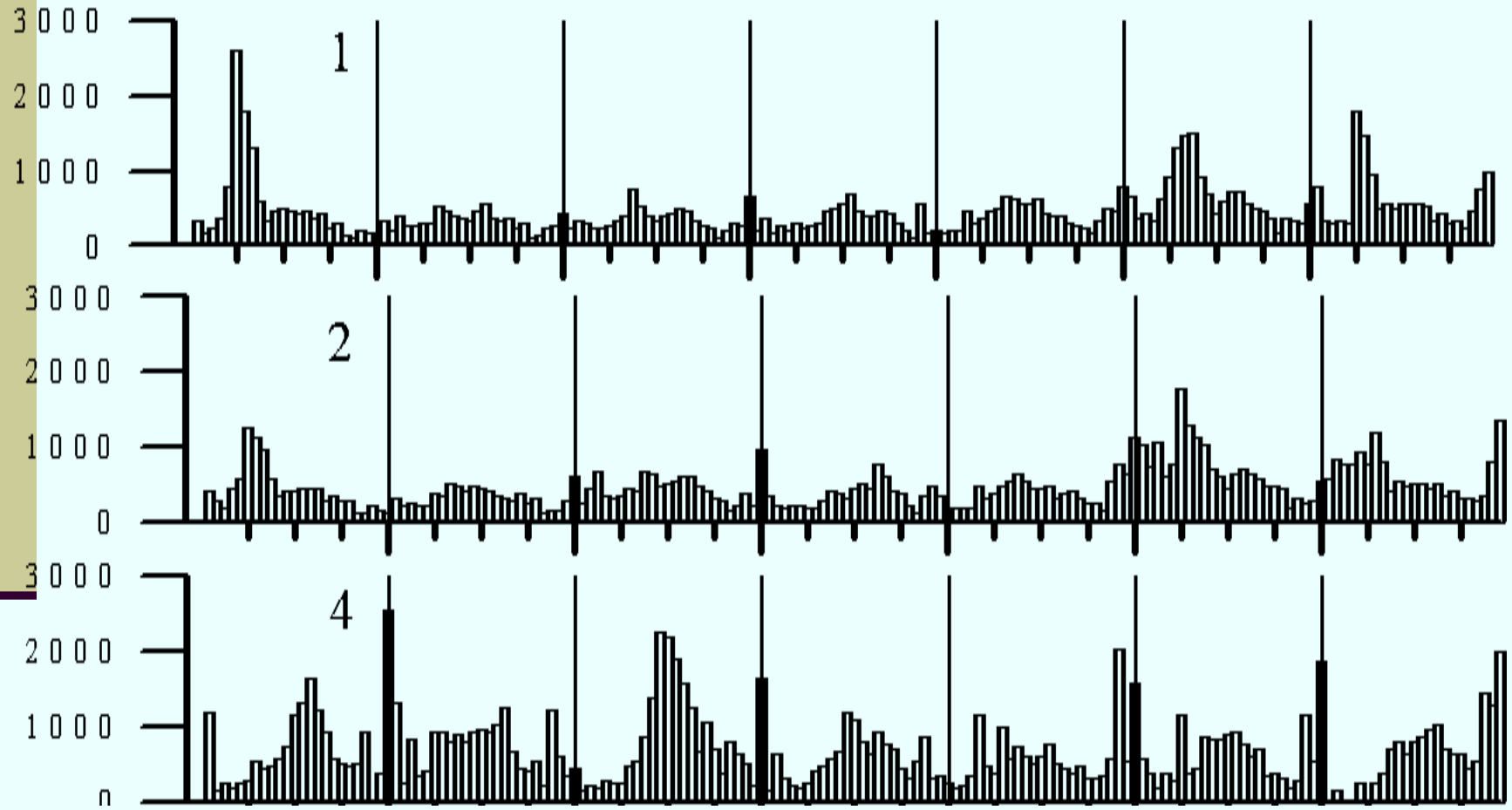
Алгоритм интегральной первичной продукции.

$$\int_{E(0)}^{1\%E(0)} = ((P_{(z)} + P_{(z-1)}) \cdot (z - (z-1))/2$$

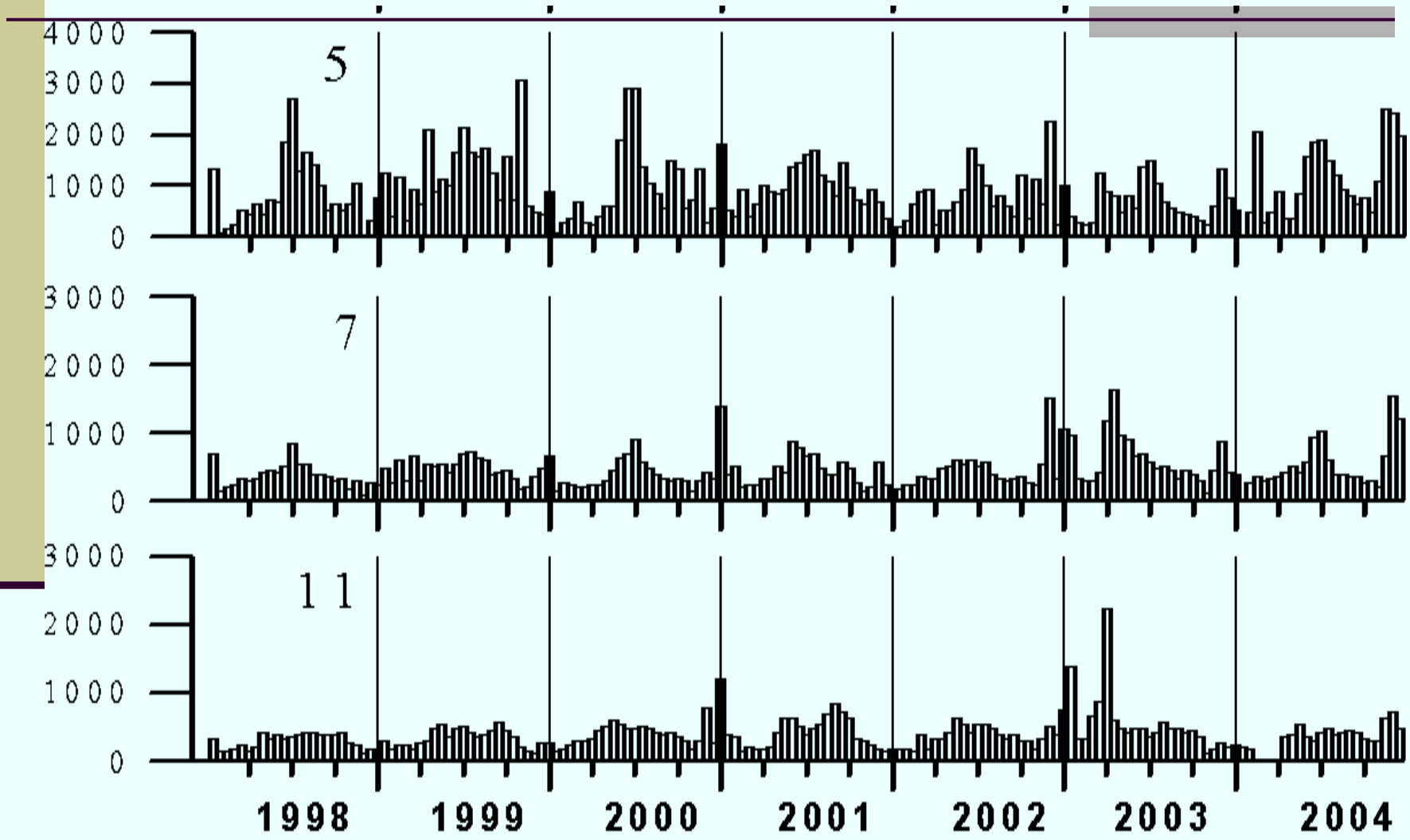
Районы, выбранные для расчета среднесезонных и годовых значений первичной продукции



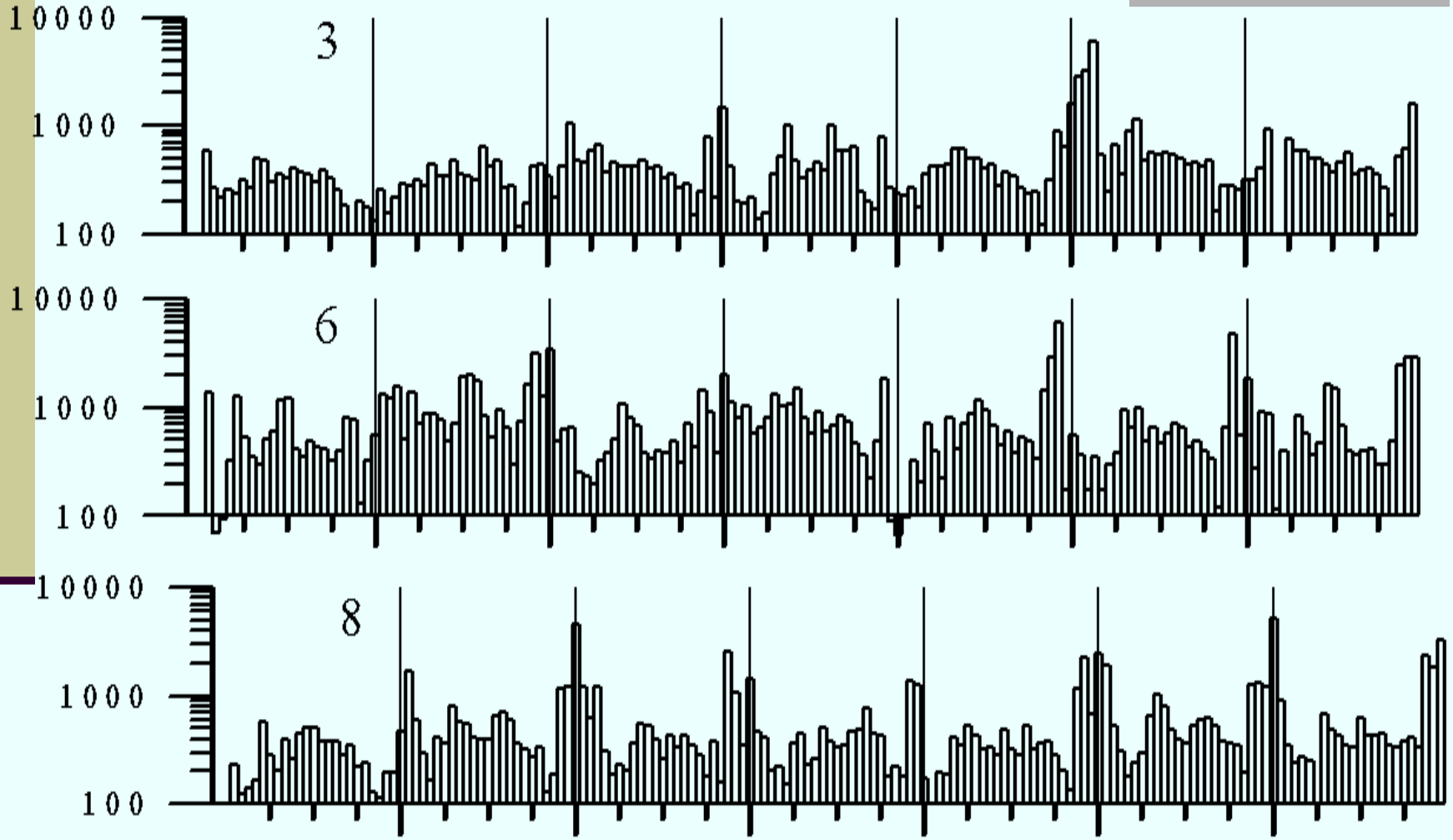
Сезонные изменения первичной продукции (мгС м$^{-2}$ сутки$^{-1}$) в 11 районах по данным SeaWiFS с 1998 по 2004 г



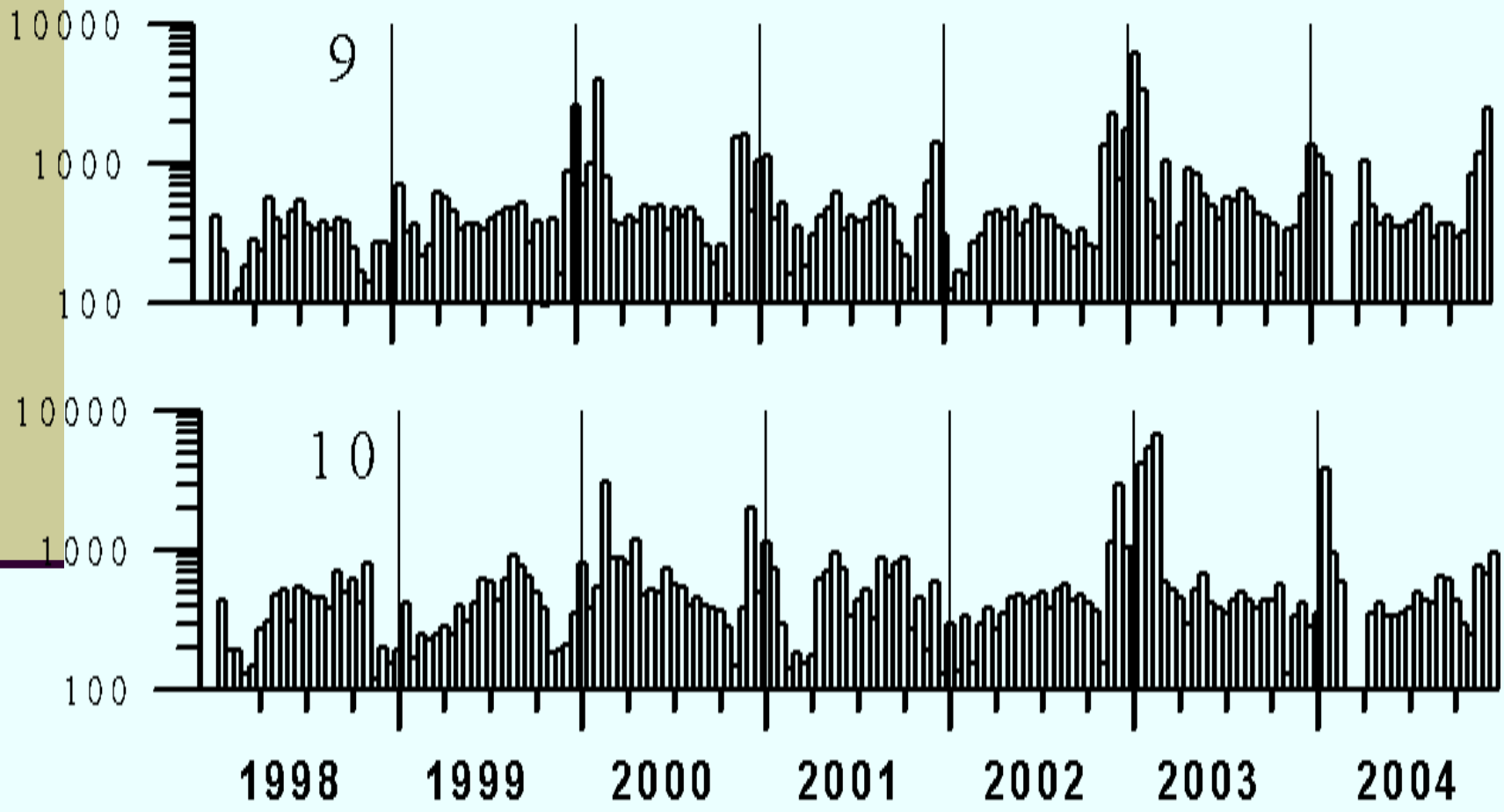
продолжение



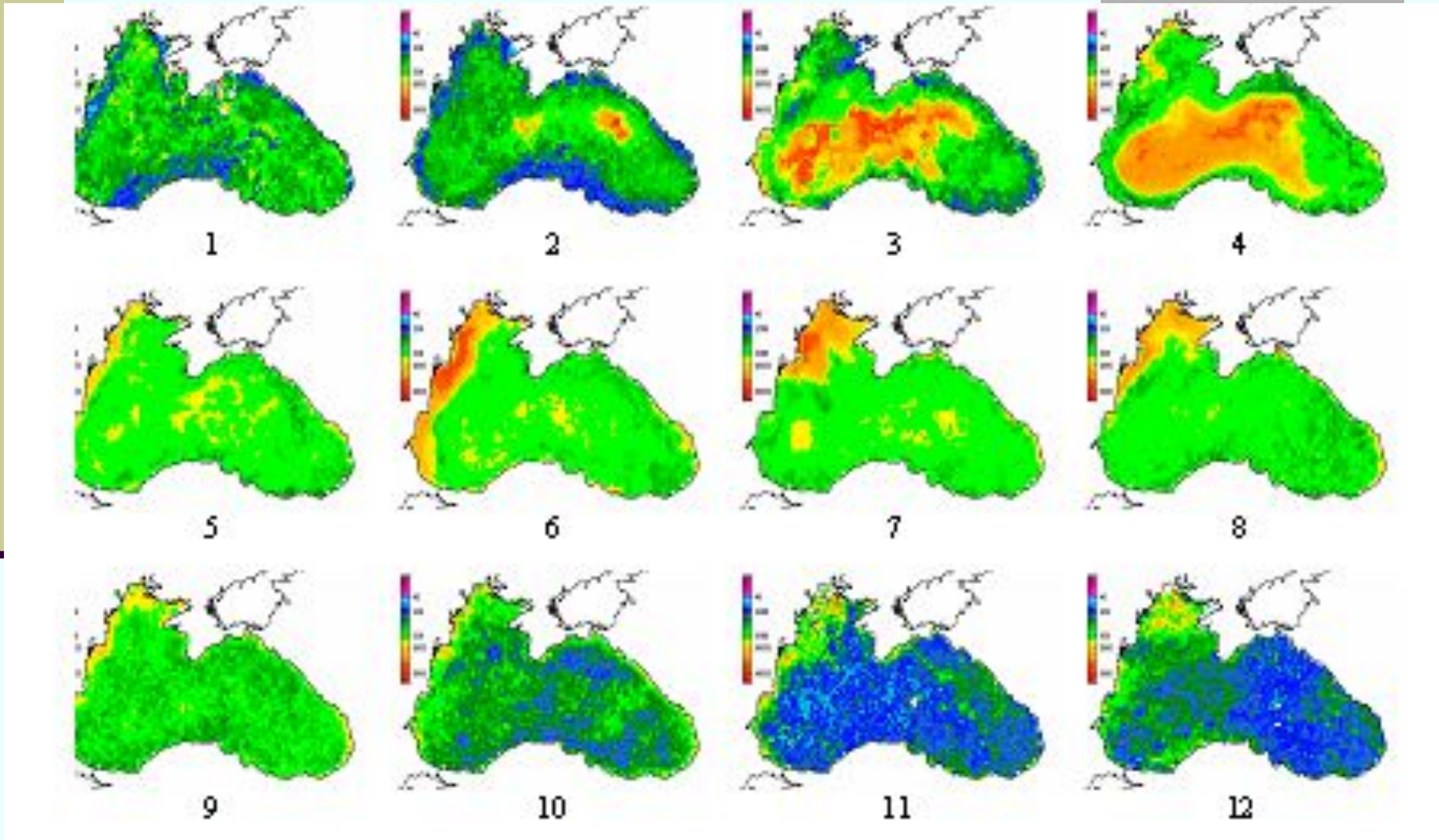
продолжение



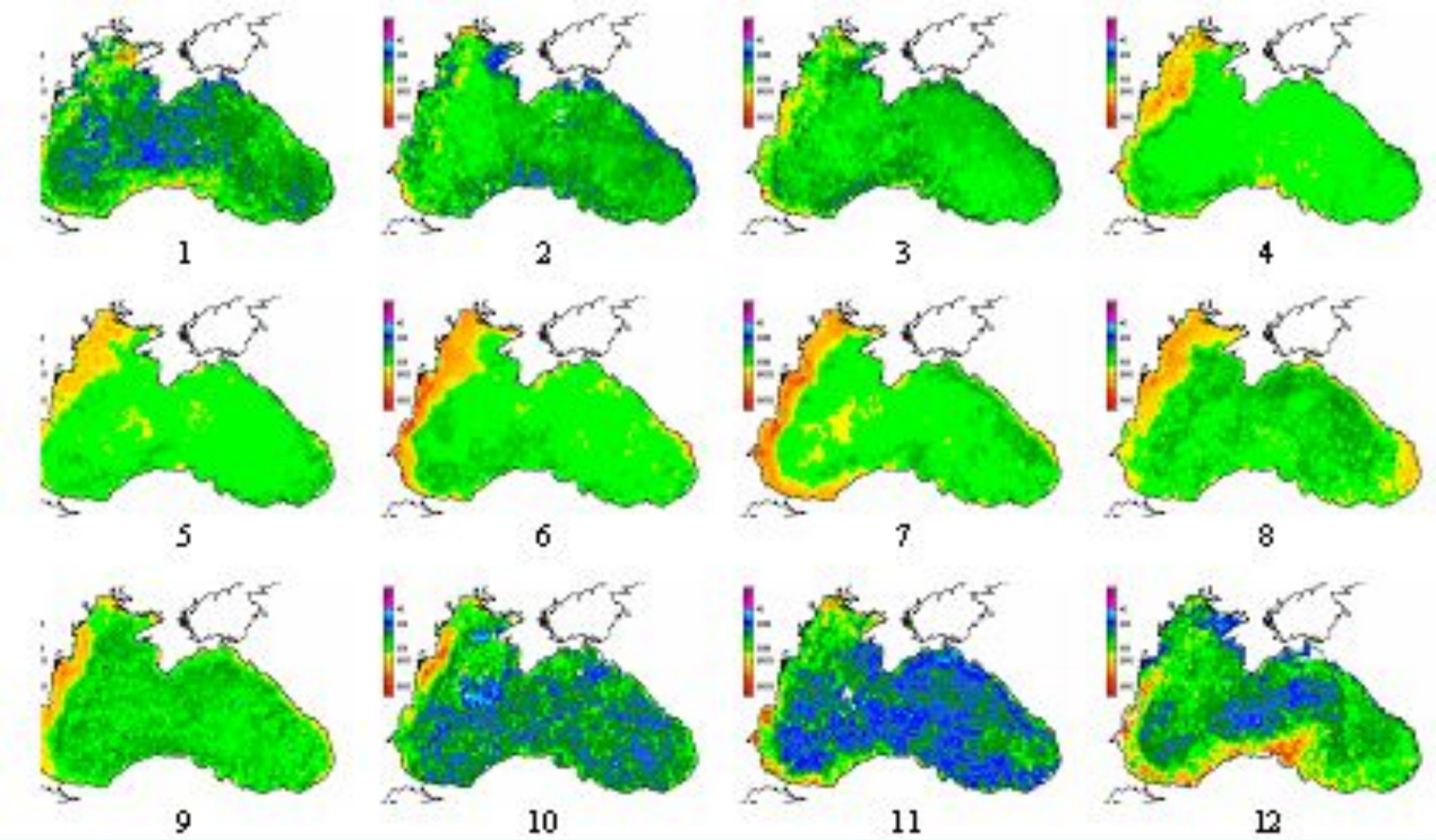
продолжение



Среднемесячные суточные значения первичной продукции (мгСм-2сут-1), 1998 г



Среднемесячные суточные значения первичной продукции (мгСм-2сут-1), 1999 г



Первичная продукция (гС $м^{-2}год^{-1}$) Черного моря

Год/район	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1998	200	159	111	273	314	201	137	109	111	138	108
1999	122	122	122	264	433	450	175	259	183	155	123
2000	131	166	173	308	355	218	153	212	260	268	156
2001	127	128	152	199	330	282	157	156	170	174	145
2002	153	161	162	226	296	326	173	196	193	209	139
2003	235	257	334	231	250	266	218	297	326	388	196
2004	222	228	192	278	422	323	286	254	235	248	147
среднее	170	174	178	254	343	295	186	212	211	226	145
ст.откл	44	46	74	37	66	83	51	65	69	86	28
CV, %	26	27	42	15	19	28	27	31	33	38	19

Спасибо
за внимание