

Биосфера

Biosphere / Biosphäre

УДК 577.355.4:550.34



П.В. Люшвин



А.В. Кухарский

Люшвин П.В.*,
Кухарский А.В.**

Энергетическая компонента фотосинтеза

*Люшвин Петр Владимирович, кандидат географических наук, консультант ООО ЛИКО
E-mail: petr-v-lushvin@j-spacetime.com; p.v.lushvin@mail.ru

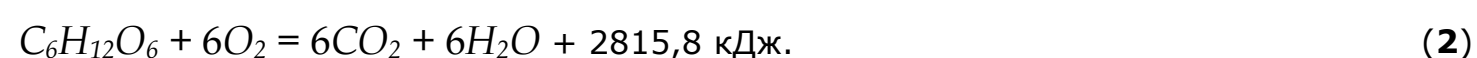
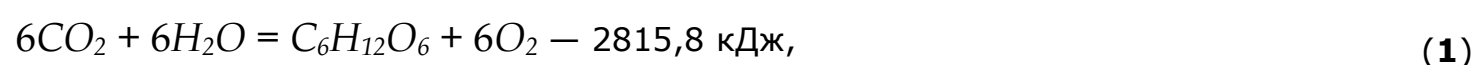
**Кухарский Александр Викторович, заведующий лабораторией, ФГБУ «Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии "Планета» (ФГБУ «НИЦ "Планета"»), Москва
E-mail: alexander-v-kukharsky@j-spacetime.com; kuha@mail.ru

В кругообороте углекислого газа, связанного с фотосинтезом, имеется энергетическая компонента, обусловленная синтезом и деструкцией глюкозы, преобразованием части солнечной радиации в энергию химических связей, а затем в тепловую. Нескомпенсированные изменения синтеза и деструкции глюкозы способствуют изменению амплитуд сезонного и суточного хода температур среды. Анализ величин концентраций кислорода, углекислого газа и метана позволяет в воде оценивать генезис холодных и теплых линз, а в воздухе — проводить корректировку прогнозируемого хода приземной температуры воздуха на развитие хлорофилла. Повышенные концентрации углекислого газа и метана в среде наблюдаются при активизации землетрясений.

Ключевые слова: углекислый газ, фотосинтез, температура воды и воздуха, метан, сейсмическая деятельность.

Введение

При фотосинтезе идет преобразование части солнечной радиации в энергию химических связей, при деструкции глюкозы эта энергия высвобождается:



Фотосинтез происходит в синем (0,43—0,49 мкм) и красно-оранжевом (0,65—0,69 мкм) участках видимого спектра (**рис. 1**), энергетически это составляет до 4÷5% солнечной радиации [Баханова... б/даты]. «При фиксации 1 моль CO_2 в продуктах фотосинтеза откладывается 112 ккал световой энергии, что соответствует 9,36 кал/мг·С» [Океанология 1977, с. 195]. Скорость фотосинтеза увеличивается с ростом температуры среды, стабилизируется в диапазоне 26÷30°C, при низкой освещенности даже падает [Потепление 2008].

Цель настоящей работы — выявление температурных аномалий, обусловленных фитогенными процессами. Для этого были использованы судовые измерения температуры, CO_2 и CH_4 в воде и воздухе в северо-западной части Тихого океана, а также спутниковые карты температуры поверхности воды (ТПВ) и содержания хлорофилла, температура воздуха ($T_{атм}$) и концентрация углекислого газа в воздухе Европы, Японии, Африки, Аляски и на тихоокеанских островах.

ЛЮШВИН П.В., КУХАРСКИЙ А.В. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПОНЕНТА ФОТОСИНТЕЗА



Рис. 1. Спектр поглощения хлорофилла а и хлорофилла в: а — соотношение между скоростью фотосинтеза и температурой воды; б — верхняя кривая — хорошие условия освещённости, нижняя — плохие.

Межгодовые и площадные тренды концентраций углекислого газа и метана в Тихом океане

В приводном воздухе северо-западной части Тихого океана с конца 60-х гг. XX в. повсеместно наблюдается монотонное увеличение содержания CO_2 [World Data Centre ... б/даты]. Ежегодный прирост составляет $\approx 1,5$ ppm (рис. 2). Отклонение фактических данных от тренда редко превосходит 3%. В поверхностной воде содержание CO_2 в целом равносуще с атмосферой, однако внутригодовой и межгодовой тренды CO_2 более изменчивы во времени и пространстве. Исходя из того, что прирост CO_2 в воде в сейсмоактивных акваториях в разы превышает атмосферный, а в сейсмостойких условиях — отстает от атмосферного, следует, что одна из причин роста CO_2 в средах Земли — сейсмодегазация Земли [ANSS Composite Catalog Search" n.d.].

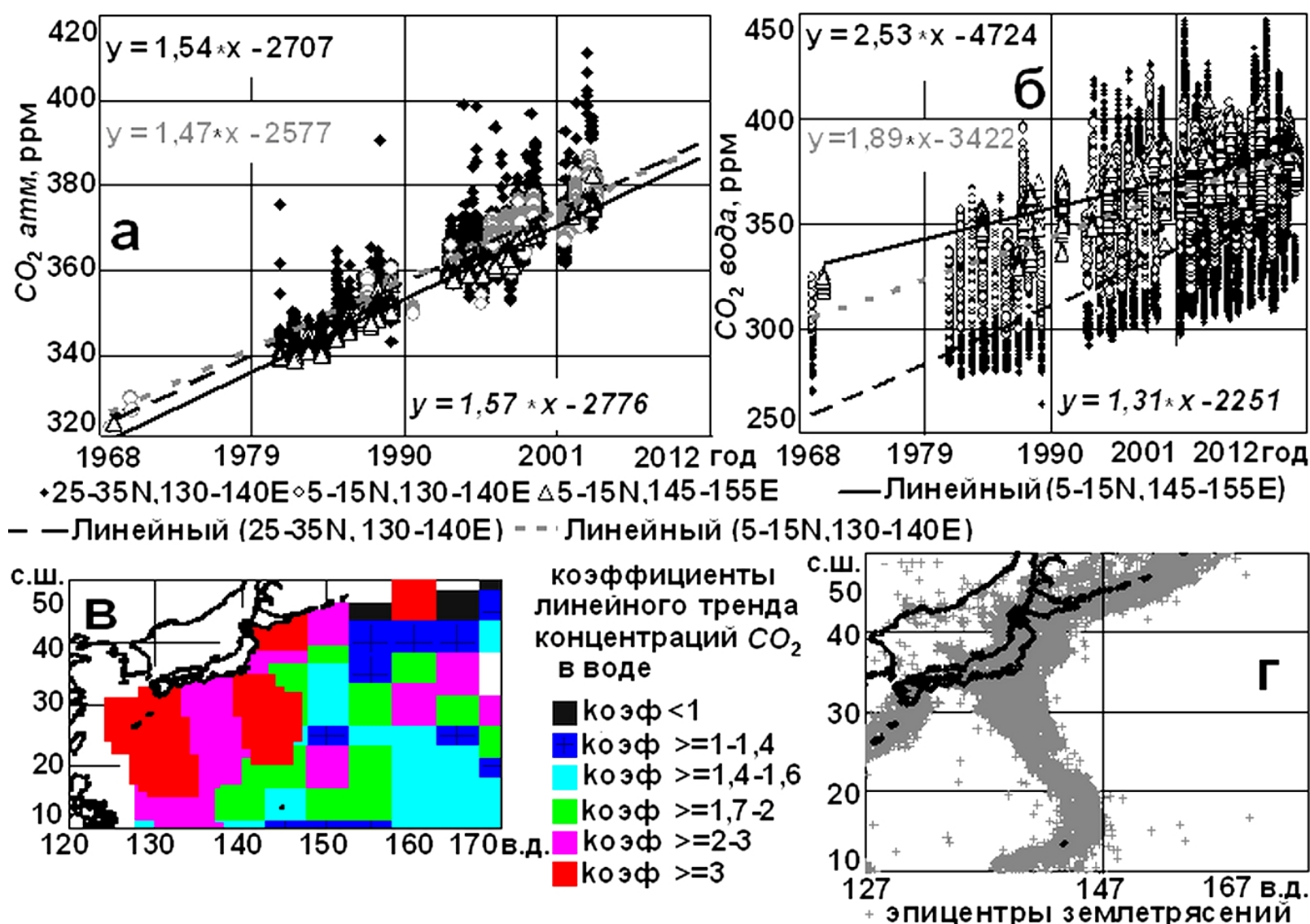


Рис. 2. Временной ход CO_2 в воздухе (а) и в воде (б) в 10-и градусных квадратах; в — значения коэффициента линейного тренда CO_2 в воде; г — эпицентры землетрясений с магнитудами свыше 4,5.

Фоновые значения концентрации метана в атмосфере и воде также равновесны, межгодовой тренд $\approx 0,04$ ppm. Фрагментарные положительные аномалии CH_4 приурочены к скоплениям зоопланктона, экстремальные аномалии — к очагам землетрясений [Obzhirov et al. 2004; Mau S. et al. 2007; Fischer et al. 2013].

ЛЮШВИН П.В., КУХАРСКИЙ А.В. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПОНЕНТА ФОТОСИНТЕЗА

Внутригодовая и площадьная изменчивость концентрации CO_2 и CH_4

В северо-западной части Тихого океана в годовом ходе CO_2 в приводной атмосфере и поверхностной воде имеются существенные различия. Минимумы CO_2 в атмосфере повсеместно наблюдаются в июле — октябре, когда углерод из воздуха максимально использован листвой (рис. 3). Минимумы в воде приурочены к местам, где использование CO_2 при фотосинтезе существенно превышает его поступление при деструкции глюкозы и иных процессах.

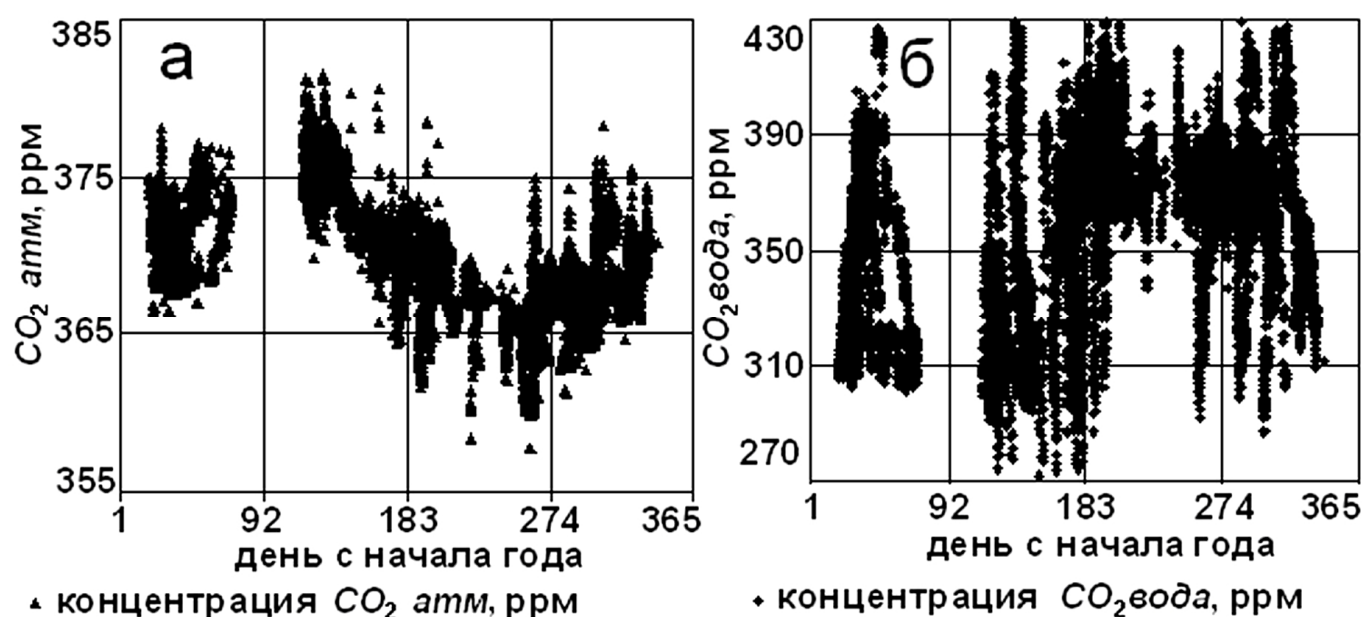


Рис. 3. Внутригодовой ход CO_2 в северо-западной части Тихого океана в приводной атмосфере (а) и поверхностной воде (б).

Из анализа распределения первичной продукции, рассчитанной по потреблению биогенных элементов, содержания хлорофилла и CO_2 в воде следует, что глубоководная часть северо-западной части Тихого океана обеднена первичной продукцией [World Data Centre... n.d.; Захаров 1998] (рис. 4). В прибрежных водах, обогащенных биогенными элементами, фотосинтез эпизодически на порядок интенсивнее.

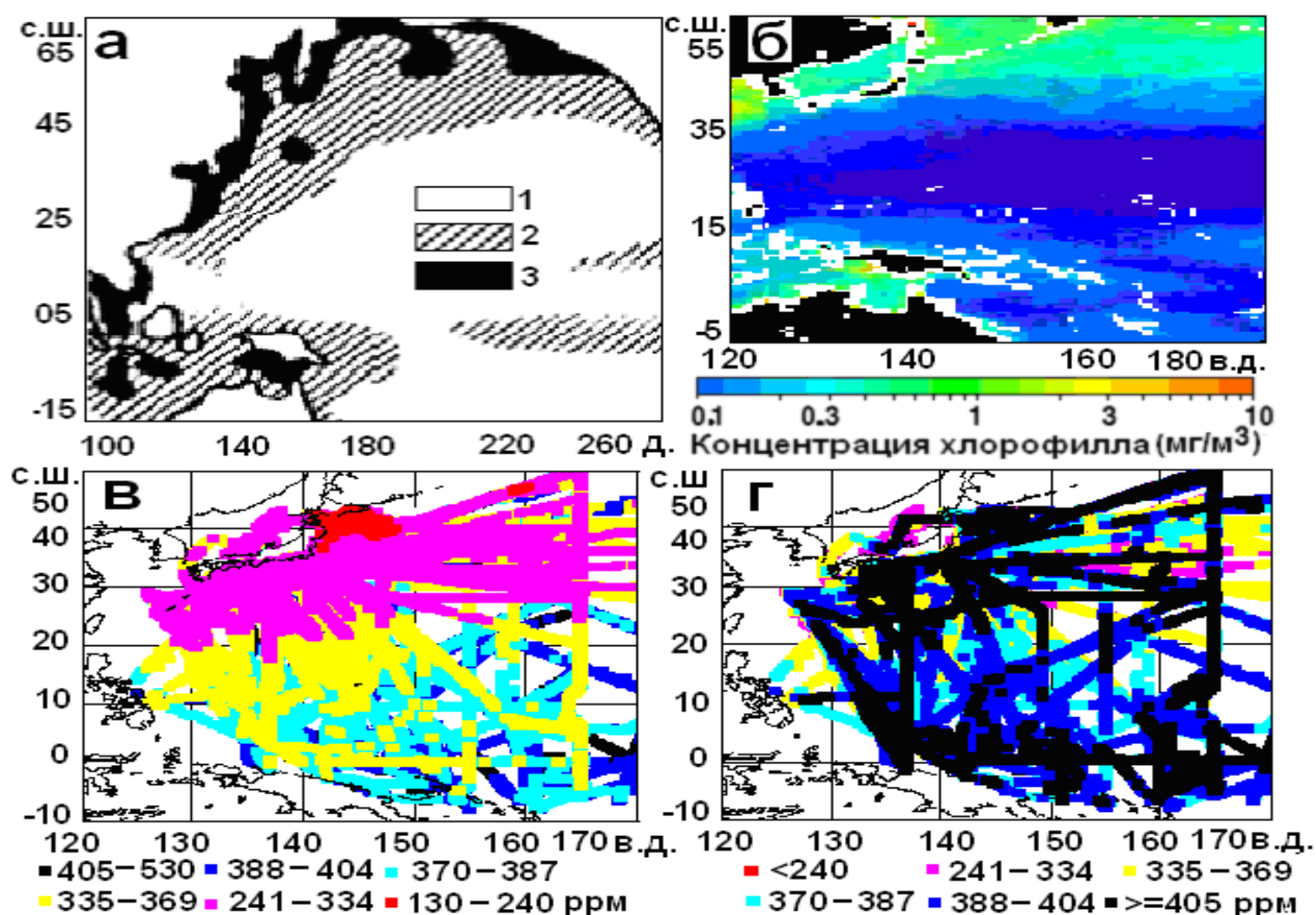


Рис. 4. а — Распределение первичной продукции, рассчитанной по потреблению биогенных элементов в фотическом слое, $mg \cdot C / m^2$ в день: 1 — 750, 2 — 1250, 3 — 1750; б — фоновая концентрация хлорофилла; в — концентрация углекислого газа в воде по убыванию; г — концентрация углекислого газа в воде возрастанию

Содержание метана в атмосфере растет с широтой. Повышенные концентрации CH_4 в воде наблюдаются при массовом развитии зоопланктона и над очагами землетрясений [Obzhirov et al. 2004; Mau S. et al. 2007; Fischer et al. 2013].

ЛЮШВИН П.В., КУХАРСКИЙ А.В. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПОНЕНТА ФОТОСИНТЕЗА

Модельные и аквариумные фитогенные аномалии температуры воды

Солнечная радиация ослабляется в воде обратно пропорционально длине волны [Зубов, Чигирин 1940; Ерлов 1970]. Двухсантиметровой толщей ослабляется длинноволновая инфракрасная радиация (рис. 5).

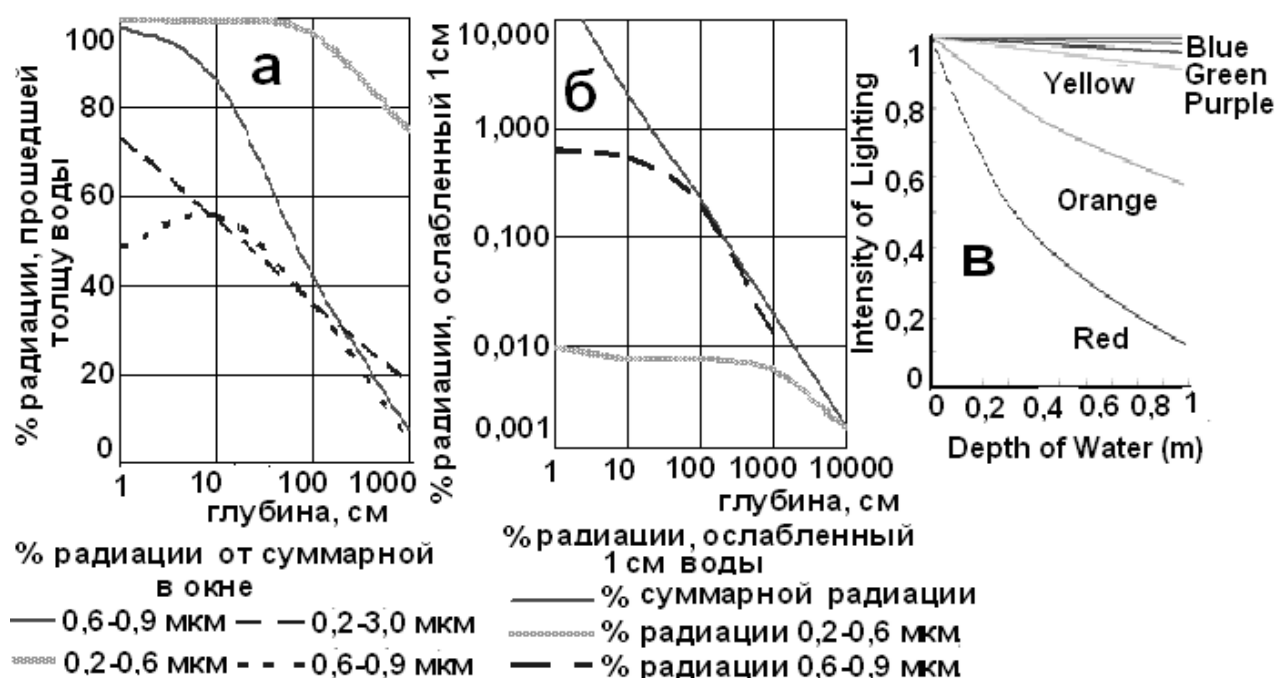


Рис. 5. а — солнечный спектр после прохождения слоя чистой воды; б — % радиации, ослабляемый 1 см воды на разных глубинах; в — селективное ослабление света в аквариумной воде.

Дециметровая толща не пропускает вглубь свет ближнего инфракрасного диапазона с длинами волн короче 1,1 мкм. Далее начинает ослабляться красно-оранжевая радиация. Энергия этого диапазона у поверхности воды составляет около трети солнечной радиации, к дециметровой глубине его доля возрастает вдвое, к 10 м снижается до 5%. Наличие в воде пузырьков газов, взвесей и «желтого вещества», образующегося при распаде органики, усиливает ослабление радиации, что «может заметно сказаться на температуре поверхностного слоя моря. ... мутные воды теплее, чем чистые» [Очаковский и др. 1970, с. 18]. В мутных водах радиационные условия, при которых на разогрев сантиметрового слоя воды расходуется от 0,01% до 0,05% солнечной радиации (в основном красно-оранжевого диапазона), достигаются на 0,5–2 м [Фотосинтез в аквариуме ... б/даты].

В эвтрофных водах биомасса фитопланктона достигает 20 г/куб. м, максимальная скорость образования водорослей — 30÷40 г/кв. м сухой массы в сутки [Заборски 1985]. Верхняя толща воды, в которой в основном аккумулируется красно-оранжевая радиация (доля которой в температурном эквиваленте составляет до 2÷2,5°C), при интенсификации фотосинтеза, использующего эту радиацию, почти не разогревается. В условиях слабого динамического перемешивания в течение нескольких суток это способствует образованию внутриводных холодных линз. Напротив, неравновесное усиление деградации глюкозы по сравнению с её образованием ведет к возникновению теплых внутриводных линз.

Подтверждение образования фитогенных температурных явлений было получено в эксперименте «Этэкос» [Кокорин 1984; Алексеев, Сапожников 1979]. Из сопоставления вертикальных профилей температуры и содержания кислорода в чистой воде и в воде с числом клеток водорослей ≈ 3000 (рис. 6), следует, что фотосинтез обуславливает перенасыщение кислородом верхнего полуметрового слоя воды до 220%. «Цена» фотосинтеза — отсутствие 4÷5°C прогрева, что происходит в отсутствие водорослей. Прогрев биопродуктивных вод начинается после полного использования углекислого газа. В реальных условиях дыхание зоопланктона «возвращает» CO₂ в среду.

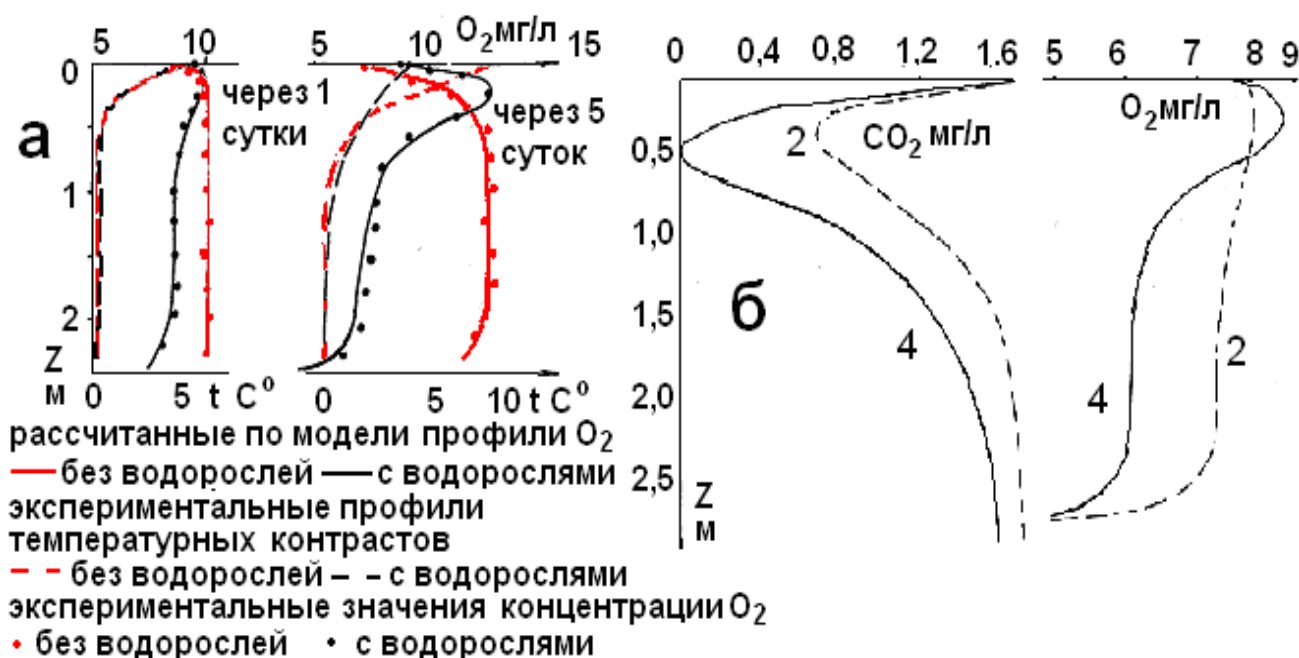


Рис. 6. а — экспериментальные данные и результаты расчетов вертикальных профилей температуры и концентрации кислорода по модели без водорослей и с водорослями; б — модельные профили CO₂ и O₂ через 2 и 4 суток после установления штилевой погоды.

ЛЮШВИН П.В., КУХАРСКИЙ А.В. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПОНЕНТА ФОТОСИНТЕЗА

**Фитогенные аномалии температуры поверхности воды
в Тихом океане**

В северной части Тихого океана зимой при минимальной инсоляции и нулевых температурах величины концентраций углекислого газа и метана в воде равновесны с атмосферными (рис. 7).

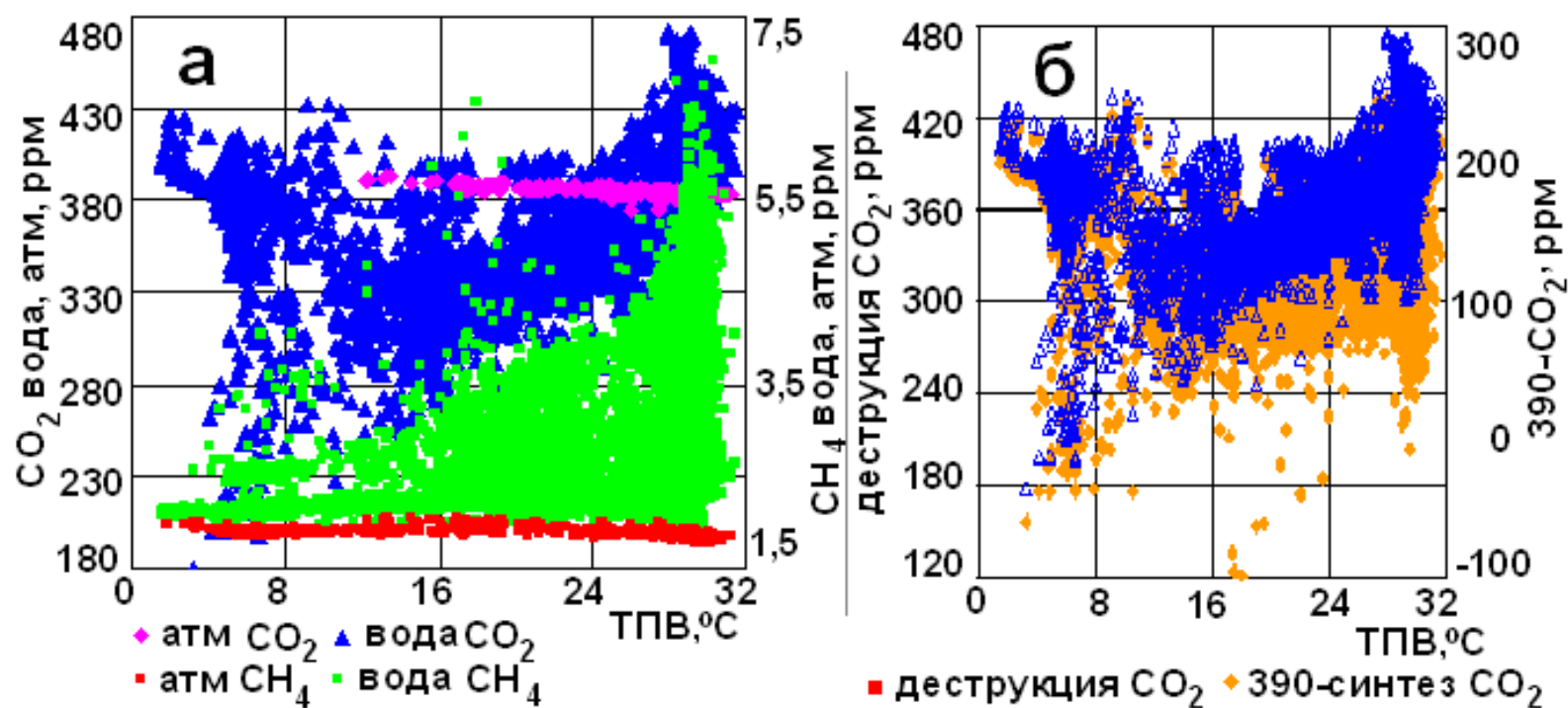


Рис. 7. а — скорректированные на межгодовой тренд CO_2 и CH_4 в воде и атмосфере в зависимости от $ТПВ$; б — сток и поступление CO_2 при различных $ТПВ$

С весенней интенсификацией инсоляции благодаря фотосинтезу концентрация CO_2 в воде снижается до 270—350 ppm, а местами до 150 ppm. При дальнейшем прогреве синтез и деструкция глюкозы постепенно уравниваются, что ведет к стабилизации, а затем и к росту CO_2 в воде за счет его поступления из глубинных вод и атмосферы. При $ТПВ > 22^\circ C$ концентрация углекислого газа в воде фрагментарно выше, чем в атмосфере на 50—100 ppm. Это, казалось бы, противоречит общей тенденции усиления использования CO_2 при фотосинтезе с ростом $ТПВ$, если не учитывать того, что «с повышением температуры дыхание усиливается быстрее, чем фотосинтез» [Крамер, Козловский 1983], а также метаногенеза, что происходит «в процессе жизнедеятельности зоопланктона (в кишечнике) и бактерий, заселяющих частицы взвеси, т.е. в анаэробных нишах внутри аэробной экосистемы. ... Наблюдается некоторая корреляция между концентрацией метана и объемной и массовой концентрациями взвеси» [Леин, Иванов 2009, с. 30, 45]], величина коэффициента линейной корреляции превышает 0,7.

Чтобы отдельно анализировать сток углекислого газа (CO_2 синтез) и его поступление (CO_2 дестр) в зависимости от $ТПВ$, их величины были представлены в следующем виде:

$$CO_2 \text{ дестр} = k \times (CH_4 \text{ вода} - 1,8), \quad (3)$$

$$CO_2 \text{ синтез} = CO_2 \text{ вода} - CO_2 \text{ дестр}. \quad (4)$$

Коэффициенту k присвоили значение 30.

Для приведения параметров стока и поступления углекислого газа к единой шкале значения CO_2 синтез представили в конвертируемом виде:

$$CO_2 \text{ синтез} = 390 - CO_2 \text{ синтез}. \quad (5)$$

При таком представлении составляющих CO_2 оказалось, что сток углекислого газа превышает его поступление более чем на 50 ppm в начале годового прогрева севернее 25° с.ш. Возможно, коэффициенту k следует присвоить большее значение. Отрицательные значения CO_2 синтез будут означать, что при фотосинтезе используется не только ранее запасы в воде углекислый газ, но и возвращенный при метаболизме биоты.

Для суточного хода CO_2 в низких широтах характерен ночной и полуденный максимумы (последний обусловлен световым насыщением). С ростом широты углекислый газ максимально используется преимущественно в полдень (рис. 8). Содержание метана в воде максимально в светлое время суток, в прогретых водах низких широт — в полуденные часы, в прохладных водах высоких широт — в утренние часы. Различие, по-видимому, обусловлено более интенсивным поступлением метана от теплых бактерий, чем от зоопланктона, поднимающегося ночью к поверхности воды.

ЛЮШВИН П.В., КУХАРСКИЙ А.В. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПОНЕНТА ФОТОСИНТЕЗА

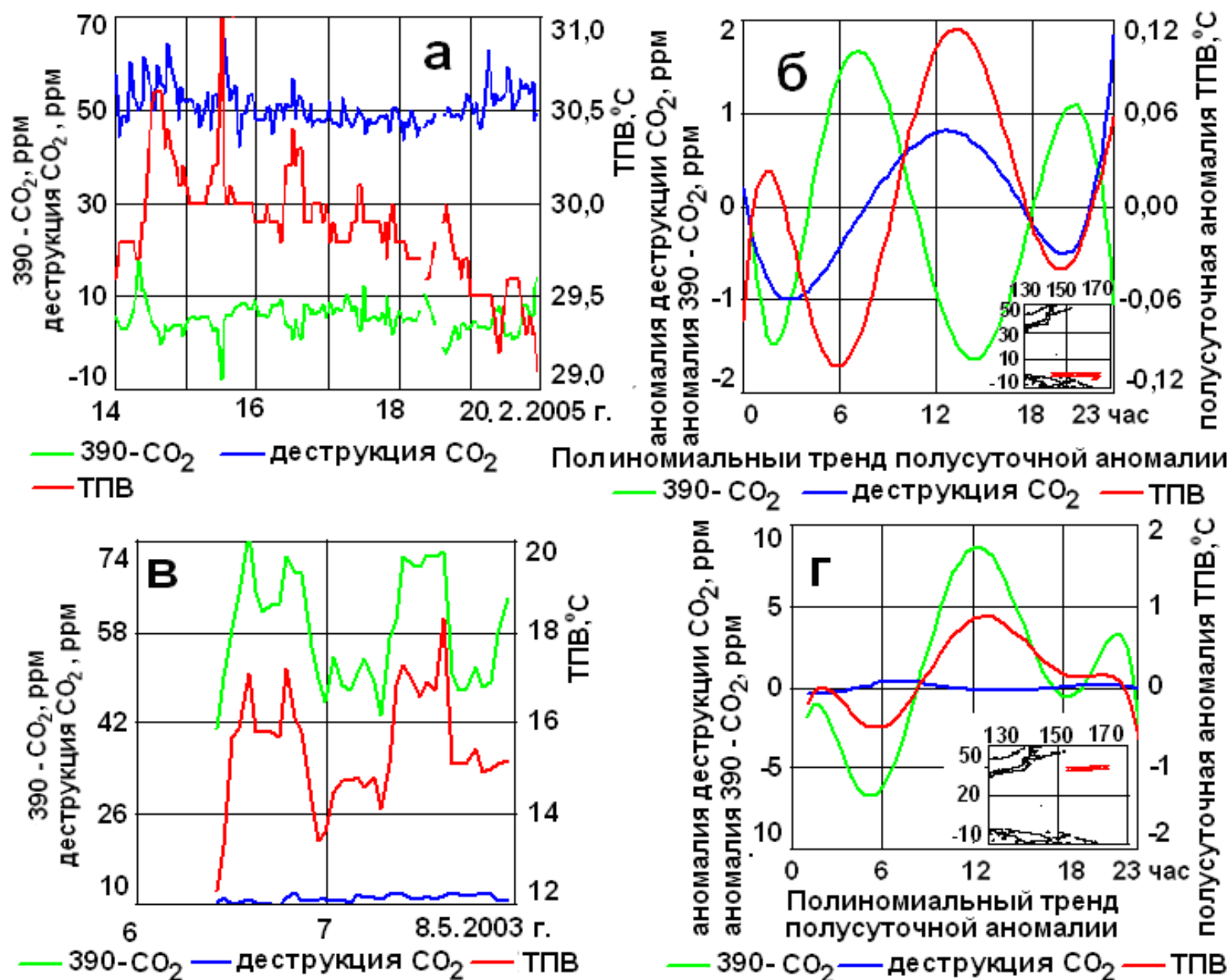


Рис. 8. Временной ход и полиномиальный тренд 6-й степени суточного хода величин 390 — CO₂ синтез, CO₂ дестр и ТПВ 14—20 февраля 2005 г. (а, б) и 6—8 мая 2003 г. (в, г). На врезках показаны экспедиционные маршруты

Не все квазисуточные периодичности связаны с суточным ходом. Например, в мае 2003 г. временами наблюдалась квазисуточная периодичность в ходе ТПВ и CO₂ с амплитудами до 4°C и 40 ppm соответственно (рис. 9). Однако из анализа спутниковых карт ТПВ и хлорофилла следует, что судовые измерения пересекали волнообразную границу температурного фронта и поле с экстремально высокими концентрациями хлорофилла (3÷30 мг/м³) [NASA n.d.].

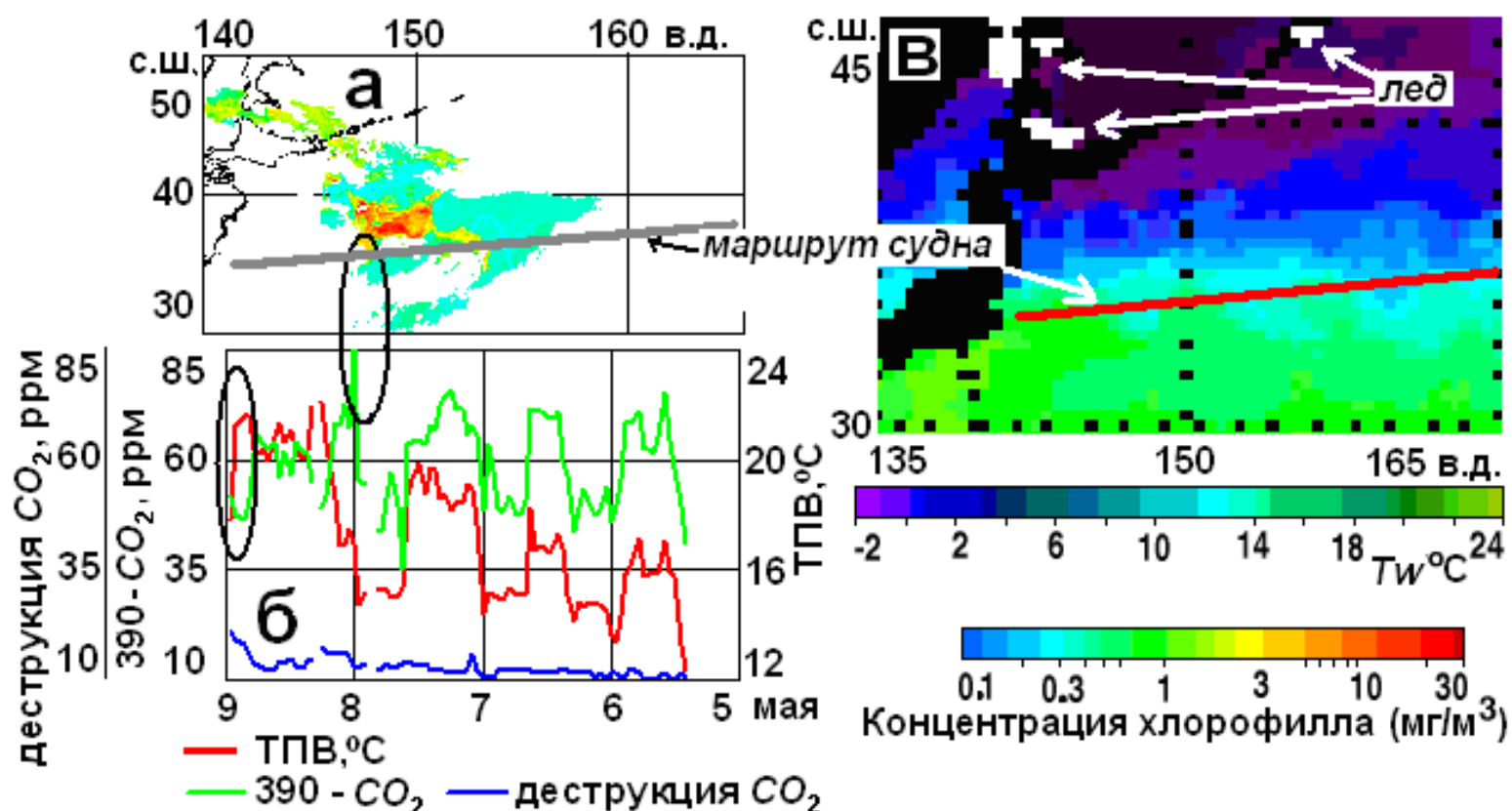


Рис. 9. а — концентрация хлорофилла 9—10 мая 2003 г.; б — величины 390 — CO₂, CO₂ дестр и ТПВ по данным судовых измерений 6—9 мая 2003 г. (в черных эллипсах показаны зоны разнонаправленных тенденций хода 390—CO₂ и ТПВ); в — спутниковая ТПВ 6 мая 2003 г.

ЛЮШВИН П.В., КУХАРСКИЙ А.В. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПОНЕНТА ФОТОСИНТЕЗА

Для широт южнее $30\div 35^\circ$ с.ш. характерны локальные теплые аномалии ТПВ сопровождающиеся ростом CO_2 , холодные аномалии — дефицит CO_2 (рис. 10). В циклонических условиях у экватора 29—31 января 2004 г. фоновые значения CO_2 в воде были равновесны с атмосферными. В полдень 30 января при локальном минимуме атмосферного давления (1004 мб) величина концентрации CO_2 в воде более чем на 15 ppm превышала атмосферную. Эта аномалия была обусловлена не подъемом прохладной глубинной воды обогащенной углекислым газом, а деструкцией глюкозы, способствующей прогреву среды.

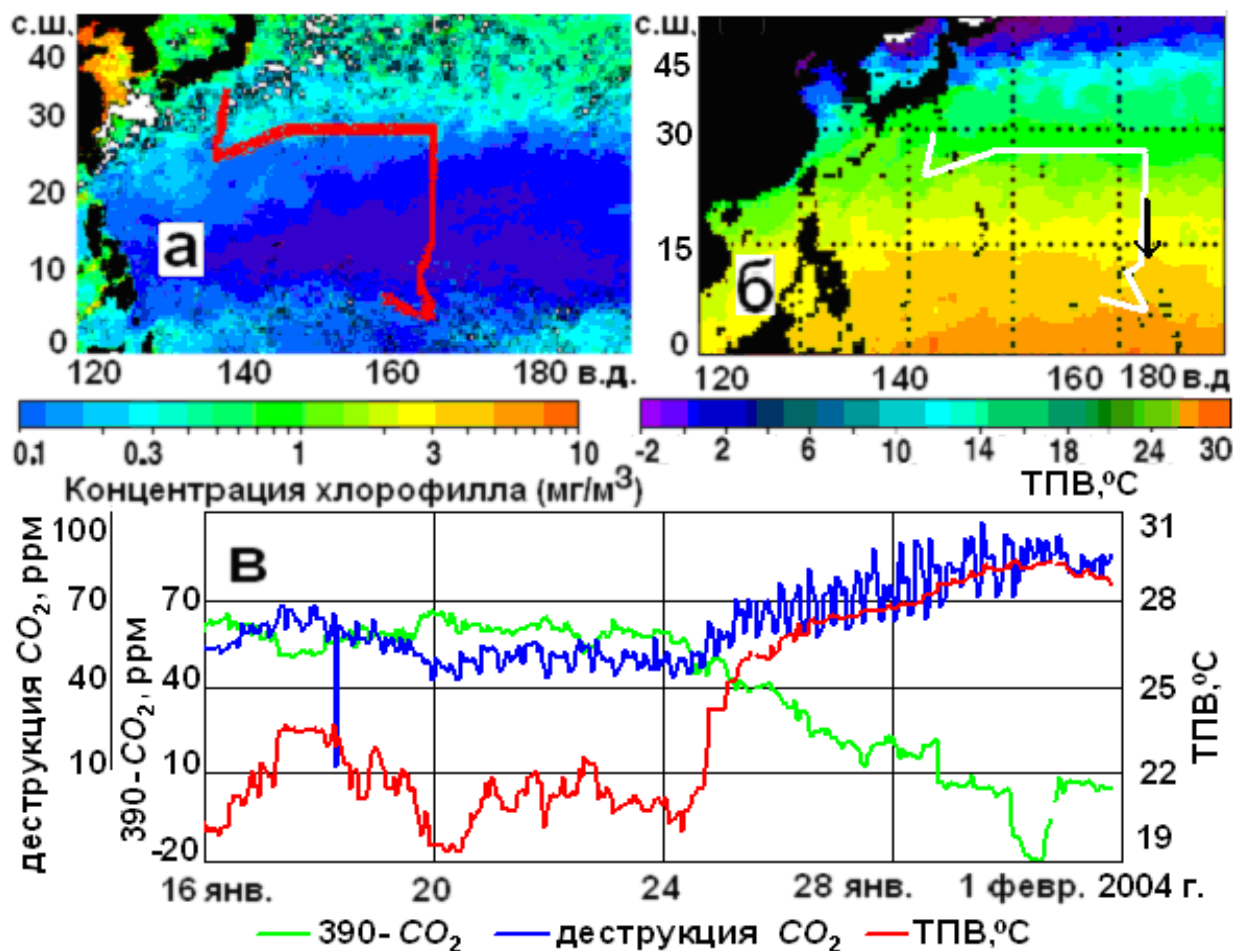


Рис. 10. а — концентрации хлорофилла в воде с 9 января по 9 февраля 2004 г. (красной линией показан маршрут судна с 16 января по 1 февраля 2004 г.); б — спутниковая ТПВ 20 января 2004 г.; в — временной ход 390 — CO_2 , CO_2 дестр и ТПВ.

Осенью 2006 г. в меридиональном рейсе в теплой ($>26^\circ C$) низкопродуктивной воде (концентрация хлорофилла $\approx 0,2$ мг/м³ ppm) величины стока и деструкции углекислого газа в целом были ниже 15 ppm (рис. 11). В широтной полосе от 14 до 20° с.ш. судно пересекало биопродуктивную область с концентрацией хлорофилла $\approx 0,3\div 0,7$ мг/м³ и величиной стока углекислого газа $\approx 15\div 22$ ppm. В пределах этой области наблюдались синфазные всплески CO_2 дестр до 20 ppm и ТПВ до $0,5^\circ C$.

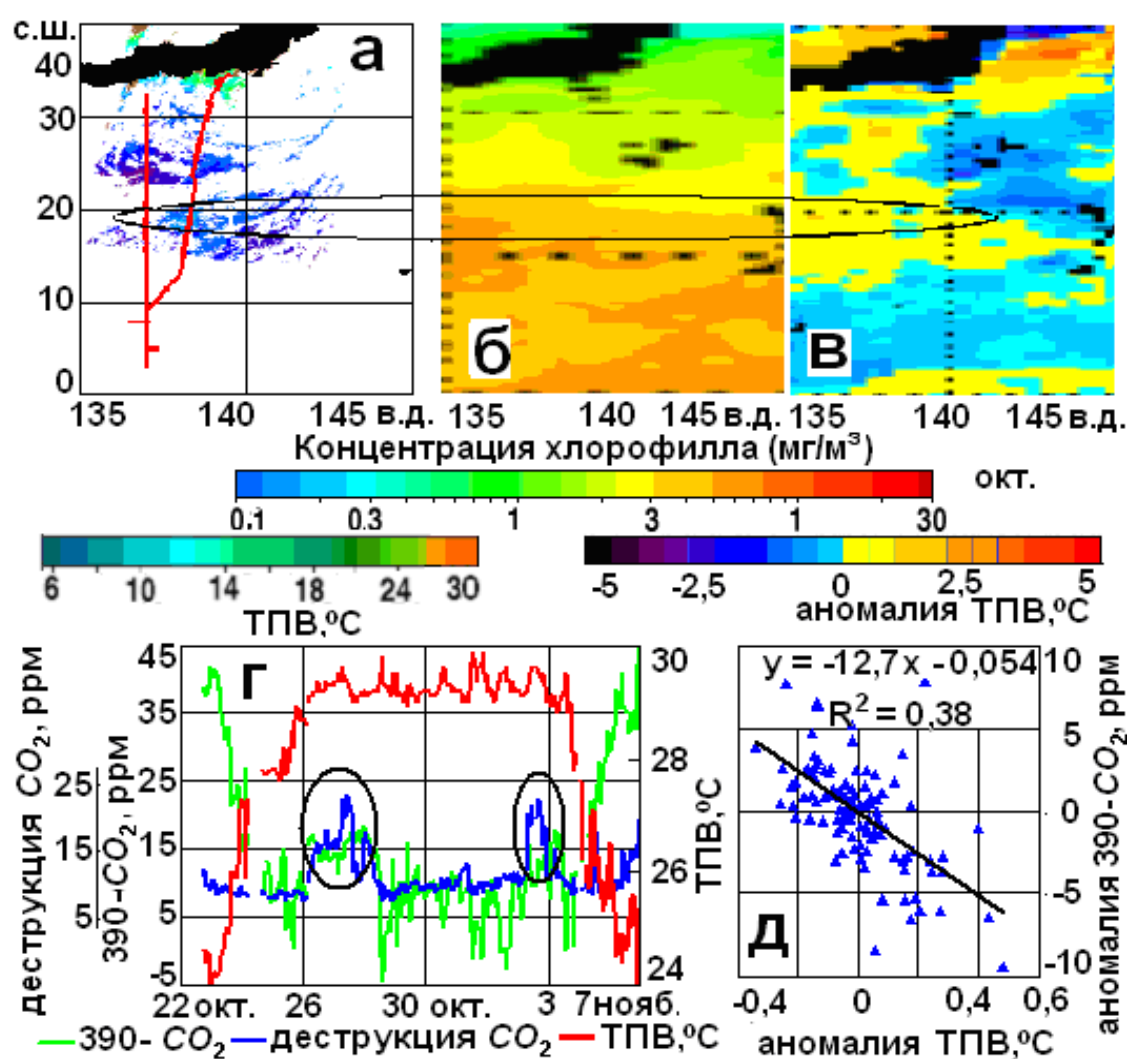


Рис. 11. а — концентрация хлорофилла 25 октября 2006 г. (красной линией показан маршрут судна); б — ТПВ 28 октября 2006 г.; в — её ночная аномалия; г — временной ход 390 — CO_2 , CO_2 дестр и ТПВ (эллипсы показывают пересечение судном поля повышенной концентрации хлорофилла); д — соотношение между величинами полусуточных аномалий 390 — CO_2 и ТПВ с 28 октября по 1 ноября 2006 г.

ЛЮШВИН П.В., КУХАРСКИЙ А.В. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПОНЕНТА ФОТОСИНТЕЗА

В зоне минимальных значений CO_2 дестр величина коэффициента линейной корреляции между полусуточными аномалиями $390 - CO_2$ и $ТПВ$ составляла около $-0,62$. При прогреве вод у Японских и Курильских островов с апреля по июнь 2004 г., когда значения $390 - CO_2$ превышают 50 ppm, а их полусуточные аномалии $[20 \div 50]$ ppm, изменения $ТПВ$ и стока CO_2 противофазны. В биопродуктивных водах в начале июня (с 9 июня по 11 июня 2004 г.) величина коэффициента линейной корреляции между величинами полусуточных аномалий $ТПВ$ и $390 - CO_2$ достигает $|0,85|$ (рис. 12).

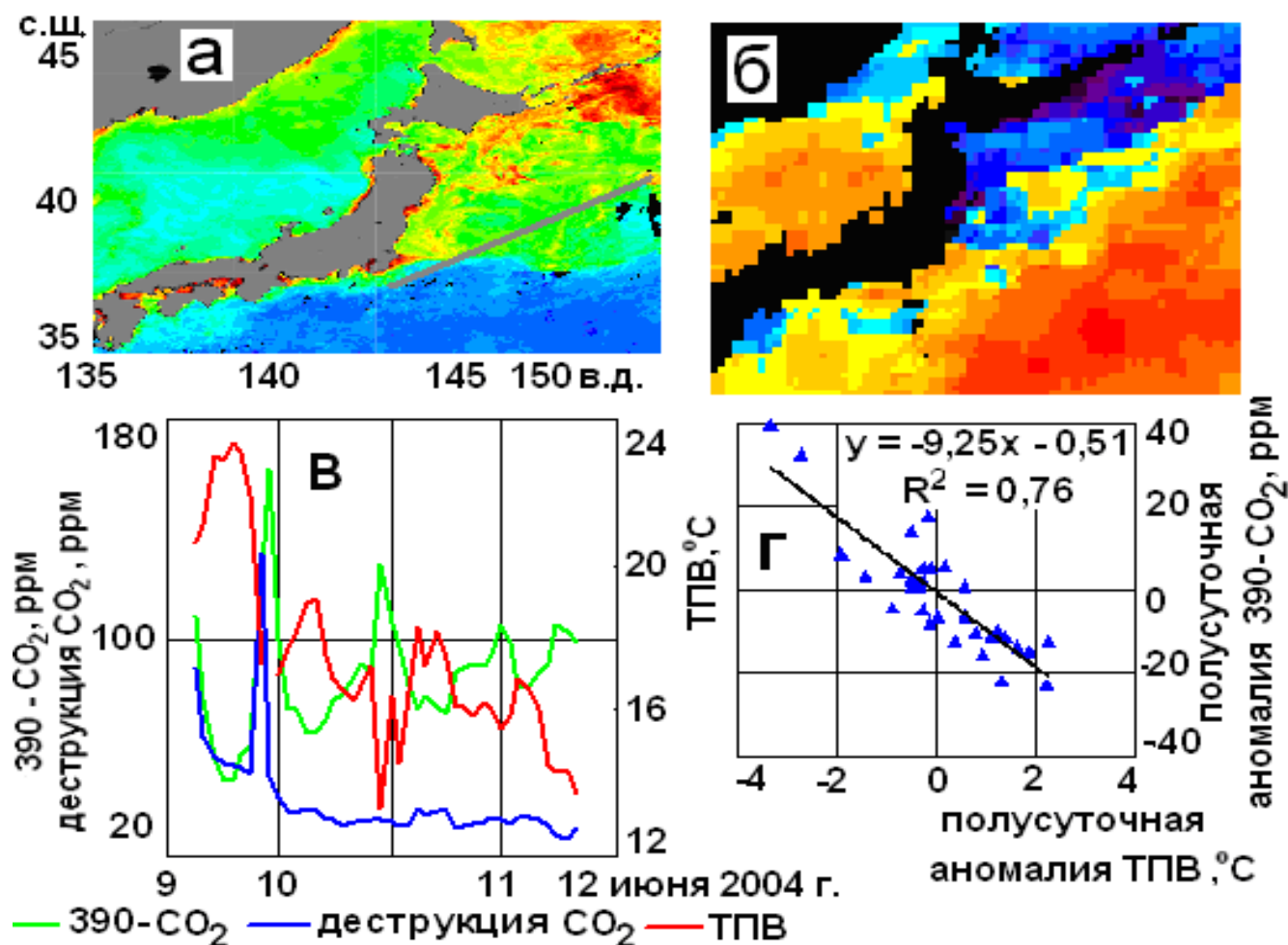


Рис. 12. а — Концентрация хлорофилла в июне 2004 г.; б — аномалия $ТПВ$ 12 июня 2004 г. (серой линией показан маршрут судна); в — временной ход $390 - CO_2$, CO_2 дестр и $ТПВ$; г — соотношение между величинами полусуточных аномалий $ТПВ$ и $390 - CO_2$.

Фитогенные аномалии температуры воздуха

Для выявления энергетической компоненты фотосинтеза провели совместный анализ суточных амплитуд температуры и углекислого газа приземного воздуха зеленых, горных, пустынных и морских районов. Периоды года с отрицательными температурами исключали в связи с ограничениями фотосинтеза и газообмена между средами.

Наступление максимальных среднесуточных $T_{атм}$ в зеленых районах Северной Финляндии, Германии и Японии примерно на месяц отстает от дней с максимальной разницей между полуденными и ночными $T_{атм}$ (рис. 13).

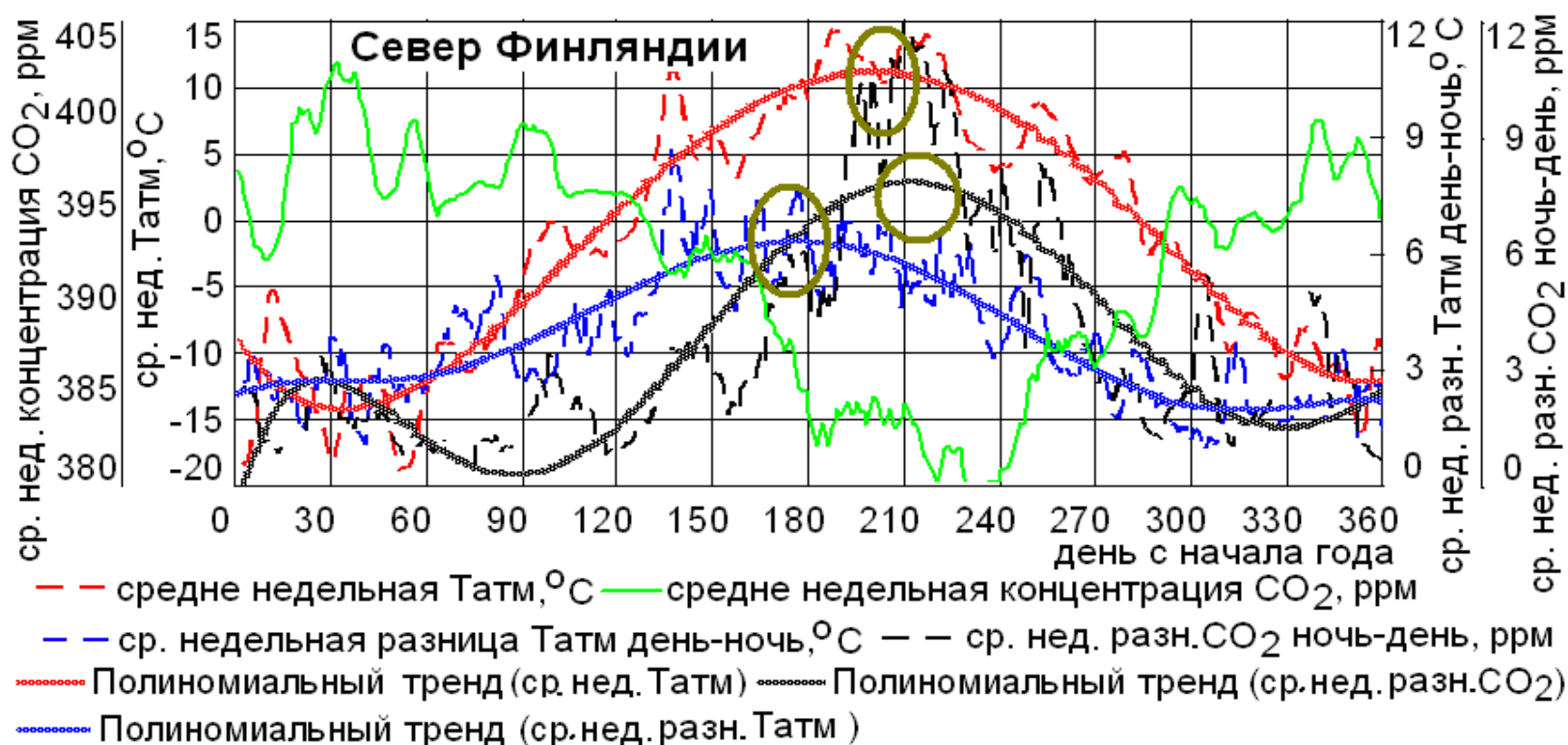


Рис. 13. Средне недельные $T_{атм}$, CO_2 и их суточные аномалии на севере Финляндии в 2010 г. Полиномиальные тренды 6-й степени этих же величин. Эллипсами отмечены максимумы трендов

ЛЮШВИН П.В., КУХАРСКИЙ А.В. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПОНЕНТА ФОТОСИНТЕЗА

Даты максимального использования углекислого газа листвой и максимальной суточной амплитудой CO_2 следуют за максимальными среднесуточными T_{ATM} . Амплитуда годовых вариаций CO_2 составляет $15 \div 20$ ppm, суточных — $5 \div 10$ ppm. В зеленой дельте Нила амплитуды этих характеристик в полтора-два раза выше. Разница между максимальными значениями суточных амплитуд T_{ATM} и этих же величин в максимуме T_{ATM} достигает $1^\circ C$. На этом временном промежутке прирост суточных амплитуд CO_2 достигает 2 ppm. При уменьшении величины фитогенной энергетической компоненты в два-три раза (в местах с меньшей биомассой листвы, например, в горах на Канарских островах и на севере Аляски, где суточная амплитуда CO_2 , как правило, не превышает 5 ppm) тренды суточных T_{ATM} и их суточных амплитуд синфазны, особенно если их представлять в Ваттах (рис. 14). В оазисе пустыни Сахары и на тихоокеанских островах в ходе суточных амплитуд CO_2 не наблюдается стабильных сезонных аномалий, амплитуда суточных и сезонных аномалий CO_2 ниже $2 \div 3$ ppm, энергетическая компонента фотосинтеза не оказывает существенного влияния на T_{ATM} .

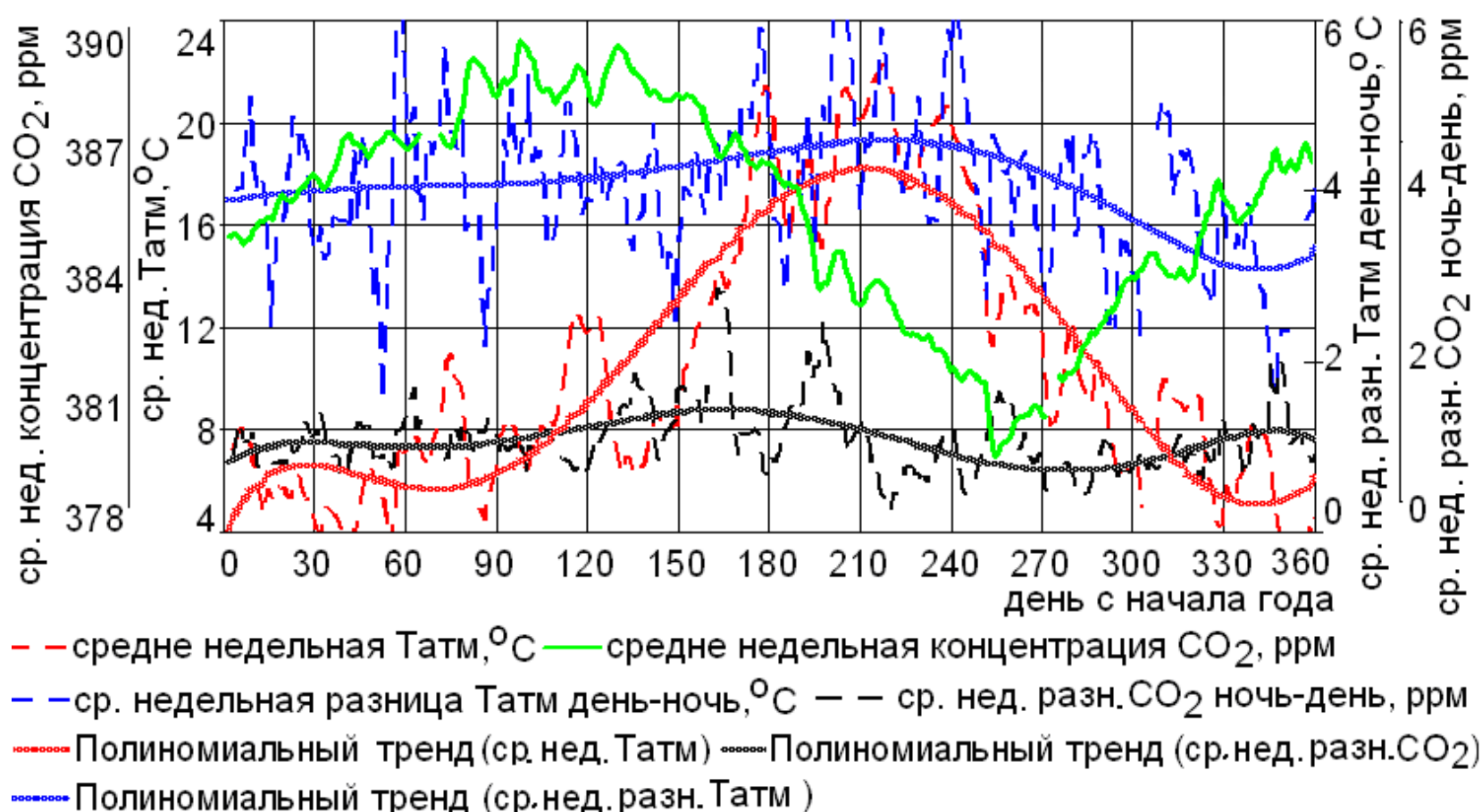


Рис. 14. Средненедельные T_{ATM} , CO_2 и их суточные аномалии в горах на Канарских островах в 2008 г. Полиномиальные тренды 6-й степени этих же величин

Выводы

Межгодовой рост концентраций CO_2 в приводной атмосфере и поверхностной воде северо-западной части Тихого океана во многом обусловлен активизацией сейсмодегазации [Irwin, Barnes 1980; Cappa, Rutqvist 2011].

Нескомпенсированные изменения стока и поступления углекислого газа в воду способствуют образованию фитогенных аномалий ТПВ достигающих $|3^\circ C|$.

Энергетическая компонента фотосинтеза демпфирует размах суточных вариаций температуры воздуха в соотношении $1 \text{ ppm} \approx 0,3 \div 1^\circ C$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.В., Сапожников В.В. Экспериментальная экосистема — «Этэкос» // Природа. 1979. № 10. С. 70–75.
2. Баханова М.В. Фотосинтез [Электронный ресурс] // Баханова М.В. Физиология растений (тесты). Сайт Бурятского государственного университета. Режим доступа: http://www.bsu.ru/content/page/1415/hecadem/bahanova_mv/cl_718/index1.htm.
3. Ерлов Н.Г. Оптическая океанография. М.: Мир, 1970. 223 с.
4. Заборски О.Р. Биомасса. Водоросли [Электронный ресурс] // Заборски О.Р. Биомасса как источник энергии. М.: Мир, 1985. Библиотекар.Ру. Режим доступа: <http://bibliotekar.ru/spravochnik-151-biomassa/21.htm>.
5. Захаров Л.А. Введение в промышленную океанологию. Калининград: Калининградский государственный университет, 1998. 84 с.

ЛЮШВИН П.В., КУХАРСКИЙ А.В. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПОНЕНТА ФОТОСИНТЕЗА

6. Зубов Н.Н., Чигирин Н.И. Океанологические таблицы. М.: Гидрометеиздат, 1940. 367 с.
7. Кокорин А.О. Исследование газообмена на границе раздела вода-воздух и динамики растворенных газов O_2 и CO_2 в водоемах при различных гидродинамических условиях. Дисс. ... к. ф.-м. наук. М., 1984. 149 с.
8. Крамер П.Д., Козловский Т.Т. Физиология древесных растений. М.: Лесная промышленность, 1983. 464 с. [Электронный ресурс] // Бонсай. 2003. 7 янв. Режим доступа: <http://www.bonsai.ru/dendro/physiology5.html>.
9. Леин А.Ю., Иванов М.В. Биохимический цикл метана в океане. М.: Наука, 2009. 576 с.
10. Океанология. Биология океана / Ред. Виноградов М.Е. Т. 2. М.: Наука, 1977. 399 с.
11. Океанология. Химия океана. Т. 1: Химия под океаном / Отв. ред. О.К. Бордовский, В.Н. Иваненков. М.: Наука, 1979. 518 с.
12. Очаковский Ю.Е., Копелевич О.В., Войтов В.И. Свет в море. М.: Наука, 1970. 175 с.
13. Потепление [Электронный ресурс] // Моя точка зрения. 2008. 26 авг. Режим доступа: <http://isfari.ru/?p=30>.
14. Фотосинтез в аквариуме или почему пузырятся растения [Электронный ресурс] // AQA.ru: Прозрачный мир. Режим доступа: <http://www.aqa.ru/photosintez>.
15. "ANSS Composite Catalog Search." *Northern California Earthquake Data Center*. NCEDC, n.d. Web. <<http://www.ncedc.org/anss/catalog-search.html>>.
16. Cappa F., Rutqvist J. "Impact of CO_2 Geological Sequestration on the Nucleation of Earthquakes." *Geophysical Research Letters* 38.17 (2011): L17313.
17. Fischer D., Mogollón J.M., Strasser M., Pape T., Bohrmann G., Fekete N., Spiess V., Kasten S. "Subduction Zone Earthquake as Potential Trigger of Submarine Hydrocarbon Seepage." *Nature Geoscience* 6.8 (2013): 647 – 651.
18. Irwin W.P., Barnes I. "Tectonic Relations of Carbon Dioxide Discharges and Earthquakes." *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 85.B6 (1980): 3115 – 3121.
19. "List of URLs, Ordered from Newer to Older, from www.osdpd.noaa.gov." *Archive.is* Web. <<http://archive.is/www.osdpd.noaa.gov>>.
20. Mau S., Rehder G., Arroyo I. G., Gossler J., Suess E. "Indications of a Link between Seismotectonics and CH_4 Release from Seeps off Costa Rica." *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 8.4 (2007). PDF-file. <http://eprints.uni-kiel.de/4415/1/2007_MauSuess_G3.pdf>.
21. NASA. "Current Ocean Data Browsers. Level 1&2 Browser." *NASA's OceanColor Web*. NASA, n.d. Web. <<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/browse.pl?sen=am>>.
22. NOAA. "Sea Surface Temperature (SST) Contour Charts." *NOAA Office of Satellite and Product Operations*. National Oceanic and Atmospheric Administration, n.d. Web. <<http://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst/contour/index.html>>.
23. Obzhairov A., Shakirov R., Salyuk A., Suess E., Biebow N., Salomatin A. "Relations between Methane Venting, Geological Structure and Seismo-Tectonics in the Okhotsk Sea." *Geo-Marine Letters* 24.3 (2004): 135 – 139.
24. *World Data Center for Greenhouse Gases (WDCGG)*. Japan Meteorological Agency in cooperation with the World Meteorological Organization, 2001 – 2015. Web. <<http://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdcgg/>>.
25. Yan T.F., Walia V., Chyi L.L., Fu C.C., Chen C-H., Liu T.K., Song S.R., Lee C.Y. Lee M.. "Seismo-Geochemical Variations in SW Taiwan: Multi-Parameter Automatic Gas Monitoring Results." *Pure and Applied Geophysics* 163.4 (2006): 693 – 709.

Цитирование по ГОСТ Р 7.0.11–2011:

Люшвин, П. В., Кухарский, А. В. Энергетическая компонента фотосинтеза [Электронный ресурс] / П.В. Люшвин, А.В. Кухарский // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. — 2016. — Т. 11. — Вып. 1: Система планета Земля. — Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-aprov_r_e-ast11-1.2016.32.

ENERGETIC COMPONENT OF PHOTOSYNTHESIS

Peter V. Lushvin, Sc.D. (Geography), Consultant at LIKO, Ltd., Moscow
E-mail: petr-v-lushvin@j-spacetime.com; p.v.lushvin@mail.ru

Alexander V. Kukharsky, M.Eng., Head of Laboratory at State Research Center "Planeta" (SRC "Planeta"), Moscow
E-mail: alexander-v-kukharsky@j-spacetime.com; kuha@mail.ru

Discovering and investigation of thermal components caused by phytogenic processes is an interesting theoretical and practical task that contributes to the understanding of correlations between natural processes. For identification of such thermal anomalies, we used shipboard measurements of temperature, CO₂ and CH₄ in the water and air in the north-western part of the Pacific Ocean, as well as satellite maps of sea surface temperature and chlorophyll content; we also measured the temperature and the concentration of carbon dioxide in the air in Europe, Japan, Africa, Alaska and the Pacific Islands.

Our studies have clearly shown that in the circuit of carbon dioxide associated with photosynthesis, there is an energy component, determined by the synthesis and degradation of glucose, the conversion of solar radiation into energy of chemical bonds, and then heat. Uncompensated changes in glucose synthesis and degradation contribute to a change in amplitudes of seasonal and diurnal variation of ambient temperature. During our field research, we also observed raising concentrations of carbon dioxide and methane in the environment upon activation of the earthquakes. The analysis of values of the concentrations of oxygen, carbon dioxide and methane allows us to assess the genesis of the cold and warm lenses in water and to carry out the adjustment of predicted curve of surface temperature of air.

Keywords: carbon dioxide, photosynthesis, temperature of water and air, methane, seismic activity.

References:

1. Alekseev V.V., Sapozhnikov V.V. "Experimental Ecosystem – 'Etekos'." *Priroda [Nature]* 10 (1979): 70–75. (In Russian).
2. "ANSS Composite Catalog Search." *Northern California Earthquake Data Center*. NCEDC, n.d. Web. <<http://www.ncedc.org/anss/catalog-search.html>>.
3. Bakhanova M.V. "Photosynthesis." *Plant Physiology (Tests)*. Buryat State University, n.d. Web <http://www.bsu.ru/content/page/1415/hecadem/bahanova_mv/cl_718/index1.htm>. (In Russian).
4. Bordovsky O.K., Ivanenkov V.N., eds. *Oceanology. Chemistry of the Ocean. Volume 1: Chemistry under Ocean*. Moscow: Nauka Publisher, 1979. 518 p. (In Russian).
5. Cappa F., Rutqvist J. "Impact of CO₂ Geological Sequestration on the Nucleation of Earthquakes." *Geophysical Research Letters* 38.17 (2011): L17313.
6. Fischer D., Mogollón J.M., Strasser M., Pape T., Bohrmann G., Fekete N., Spiess V., Kasten S. "Subduction Zone Earthquake as Potential Trigger of Submarine Hydrocarbon Seepage." *Nature Geoscience* 6.8 (2013): 647–651.
7. Irwin W.P., Barnes I. "Tectonic Relations of Carbon Dioxide Discharges and Earthquakes." *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 85.B6 (1980): 3115–3121.
8. Jerlov N. G. *Optical Oceanography*. Moscow: Mir Publisher, 1970. 223 p. (In Russian).
9. Kokorin A.O. Study of Gas Exchange at the Interface Water-Air and Dynamics of Dissolved Gases O₂ and CO₂ in Reservoirs under Different Hydrodynamic Conditions. Ph.D. diss. Moscow, 1984. 150 p. (In Russian).
10. Kramer P.J., Kozlowski T.T. *Physiology of Woody Plants*. Moscow: Lesnaya promyshkennost Publisher, 1983. 464 p. *Bonsai*. N.p., 7 Jan. 2003. Web. <<http://www.bonsai.ru/dendro/physiology5.html>>. (In Russian).
11. Lein A.Yu., Ivanov M.V. *Biochemical Cycle of Methane in the Ocean*. Moscow: Nauka Publisher, 2009. 576 p. (In Russian).
12. "List of URLs, Ordered from Newer to Older, from www.osdpd.noaa.gov." *Archive.is* Web. <<http://archive.is/www.osdpd.noaa.gov>>.
13. Mau S., Rehder G., Arroyo I. G., Gossler J., Suess, E. "Indications of a Link between Seismotectonics and CH₄ Release from Seeps off Costa Rica." *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 8.4 (2007). PDF-file. <http://eprints.uni-kiel.de/4415/1/2007_MauSuess_G3.pdf>.
14. NASA. "Current Ocean Data Browsers. Level 1&2 Browser." *NASA's OceanColor Web*. NASA, n.d. Web. <<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/browse.pl?sen=am>>.

ЛЮШВИН П.В., КУХАРСКИЙ А.В. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПОНЕНТА ФОТОСИНТЕЗА

15. NOAA. "Sea Surface Temperature (SST) Contour Charts." *NOAA Office of Satellite and Product Operations*. National Oceanic and Atmospheric Administration, n.d. Web. <<http://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst/contour/index.html>>.
16. Obzhairov A., Shakirov R., Salyuk A., Suess E., Biebow N., Salomatin A. "Relations between Methane Venting, Geological Structure and Seismo-Tectonics in the Okhotsk Sea." *Geo-Marine Letters* 24.3 (2004): 135 – 139.
17. Ochakovsky Yu.E., Kopelevich O.V., Voytov V.I. *Light in the Sea*. Moscow: Nauka Publisher, 1970. 175 p. (In Russian).
18. "Photosynthesis in the Aquarium Or Why Plants Blow Bubbles." *AQA.ru: Transparent World*. N.p., n.d. Web. <<http://www.aqa.ru/photosintez>>. (In Russian).
19. Vinogradov M.E., ed. *Oceanology. Biology of the Ocean*. Moscow: Nauka Publisher, 1977, volume 2. 399 p. (In Russian).
20. "Warming." *My Point of View*. N.p., 26 Aug. 2008. Web. <<http://isfari.ru/?p=30>>. (In Russian).
21. *World Data Centre for Greenhouse Gases (WDCGG)*. Japan Meteorological Agency in cooperation with the World Meteorological Organization, 2001 – 2015. Web. <<http://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdcgg/>>.
22. Yan T.F., Walia V., Chyi L.L., Fu C.C., Chen C-H., Liu T.K., Song S.R., Lee C.Y. Lee M.. "Seismo-Geochemical Variations in SW Taiwan: Multi-Parameter Automatic Gas Monitoring Results." *Pure and Applied Geophysics* 163.4 (2006): 693 – 709.
23. Zaborsky O.R. "Biomass. Algae." *Biomass Conversion Processes for Energy and Fuels*. Moscow: Mir Publisher, 1985. *Bibliotekar.Ru*. N.p., n.d. Web. <<http://bibliotekar.ru/spravochnik-151-biomassa/21.htm>>. (In Russian).
24. Zakharov L.A. *Introduction to Field Oceanography*. Kaliningrad: Kaliningrad State University Publisher, 1998. 84 p. (In Russian).
25. Zubov N.N., Chigirin N.I. *Oceanological Tables*. Moscow: Gidrometeoizdat Publisher, 1940. 367 p. (In Russian).

Cite MLA 7:

Lushvin, P. V., and A. V. Kukharsky. "Energetic Component of Photosynthesis." *Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time* 11.1 ('The Earth Planet System') (2016). Web. <2227-9490e-aprov_r_e-ast11-1.2016.32>. (In Russian).