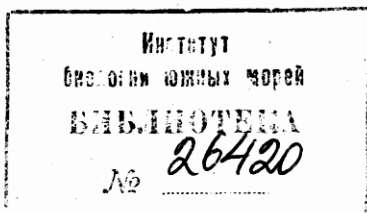


АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ПРОВ 98

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
В ТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЕ ОКЕАНА



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКОВА ДУМКА»
КИЕВ - 1975

БИООКЕАНИЧЕСКИЕ ТЕПЛОВЫЕ МАШИНЫ И ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ОПТИМУМА В СОВРЕМЕННОЙ БИОСФЕРЕ

Г.В.Баринов

По представлениям акад.В.И.Вернадского (1967), вся современная атмосфера является продуктом жизнедеятельности организмов. Так как химический состав атмосферы, в частности концентрация углекислоты, существенно влияет на так называемый парниковый эффект атмосферы, то можно допустить, что, изменяя концентрацию углекислоты в атмосфере, организмы, особенно растения, в состоянии регулировать температурный оптимум на биосферном уровне организации жизни. Проблема регулирования температурного оптимума в биосфере имеет не только научно-познавательное, но и весьма актуальное практическое значение для всего человечества.

В настоящее время промышленное производство энергии человеком достигло таких масштабов и темпов, которые требуют глобального количественного подхода к оценке возможных экологических и эволюционных последствий изменения климата. Для экологических и эволюционных прогнозов последствий нарушения температурного оптимума в современной биосфере имеет важное значение знание механизма смены климатических эпох в геологическом прошлом.

Физической основой периодической смены климатических эпох могут быть долгопериодические колебания солнечной постоянной, изменения скорости вращения Земли (Монин, 1972) или периодичность тектонических процессов, в частности вулканическая деятельность, изменяющая прозрачность атмосферы (Будико, 1971).

В более ранней работе автора (Баринов, 1972) обращено внимание на возможное участие биологических процессов в регулировании температурного оптимума на нашей планете посредством изменения концентрации углекислоты в атмосфере, так что сравнительно незначительное изменение концентрации CO_2 в атмосфере (примерно в 2 раза) может заметно влиять на ее температуру (Пласо, 1966; Keeling, 1970).

Здесь предпринимается попытка развить представление, согласно которому смена климатических эпох может происходить не только в результате периодического колебания прозрачности атмосферы, но и прозрачности поверхностных вод океана, что приводит к периодическим изменениям их теплосодержания. Изменение прозрачности поверхности океана может быть связано с периодическими колебаниями биологической продуктивности океана как следствие периодических изменений концентрации питательных веществ и скорости вертикальной циркуляции океанических вод, которая, очевидно, не является констан-

той. Влияние тектонической деятельности земной коры на скорость вертикального обмена океанических вод, по-видимому, несущественно, так как поступление тепловой энергии из недр Земли на поверхность в $5 \cdot 10^3$ раз меньше поступления энергии на земную поверхность от Солнца (Кинг, 1967).

В качестве исходной физической модели механизма смены климатических эпох могут быть взяты представления об океанических тепловых машинах, работающих за счет температурного градиента между низкими и высокими географическими широтами (Шулейкин, 1968). Не исключено, что в этих тепловых машинах функцию регулятора автоколебательного процесса, период которого охватывает геологический климатический цикл в принципе может выполнять океанический фитопланктон. Развитие фитопланктона влияет на концентрацию углекислоты в атмосфере и океане, а также на глубину проникновения солнечных лучей в толщу воды. Другими словами, океанический фитопланктон влияет на оптические и энергетические характеристики как поверхностных вод океана, так и атмосферы. Из работ Богуславского (1966, 1967) следует, что уменьшение слоя поглощения солнечных лучей в 2 раза дополнительно нагреет поверхность океана на несколько градусов. Коротко опишем работу биоокеанической машины.

Цикл охлаждения. В результате поглощения океаническим фитопланктоном углекислоты, фосфора, азота, ряда микроэлементов и отложения их в донных осадках, происходило постепенное обеднение поверхности океана питательными веществами и падение концентрации CO_2 . Некоторое уменьшение парциального давления CO_2 в атмосфере и поверхностных океанических водах способствовало переходу фосфатов в нерастворимые соединения и выпадению их в осадок. Биологическая продуктивность океана уменьшалась. Соответственно уменьшалось количество растворенного и взвешенного мертвого органического вещества, которого по данным Стрикленд (Strickland, 1965), примерно, на два порядка больше, чем органического вещества в годовой продукции фитопланктона. Поверхностные воды океана становились более прозрачными. Этому процессу предшествовало (или происходило одновременно) увеличение прозрачности атмосферы к уходящему тепловому излучению Земли в результате падения парциального давления CO_2 . Поверхность океана и нижние слои атмосферы в полярных широтах резко охлаждались, что служило пусковым механизмом начала цикла оледенения. В результате саморазвития процесса оледенения (Будыко, 1971) наступала ледниковая эпоха. Биомасса и продукция наземной растительности резко сокращалась. Соответ-

ответственно уменьшалось потребление углекислоты. Скорость образования свободной углекислоты за счет биогеохимических и вулканических процессов начинала превышать скорость ее потребления растительностью. Концентрация CO_2 в атмосфере и поверхностных океанических водах постепенно начинала расти.

Цикл разогревания. По мере развития оледенения происходило увеличение температурного градиента между высокими и низкими географическими широтами. Это способствовало увеличению КПД и мощности работы тепловых биоокеанических машин и, как следствие, усиливалась океаническая циркуляция океанических вод и атмосферная циркуляция воздуха. Усиление вертикальной циркуляции в океане соответственно увеличивало скорость поступления питательных веществ из глубин к поверхности. Постепенно происходило увеличение биологической продуктивности океана, уменьшение прозрачности поверхностных вод и, возможно, некоторое увеличение их температуры. Мощность работы биоокеанической тепловой машины возрастала до некоторого максимального значения, а потом начинала падать, так как разогревание атмосферы способствовало таянию ледников, уменьшению температурного градиента между тропической и полярными широтами. Одновременно происходило обеднение атмосферы углекислотой в результате увеличения биомассы и продукции фитопланктона и наземной растительности, усиления процесса органического осадконакопления и углеобразования. Падение мощности тепловых машин ослабляло вертикальную циркуляцию вод. Происходило обеднение поверхностных вод углекислотой, фосфором и азотом. В результате биологическая продуктивность резко падала, но прозрачность вод, к падающему и атмосфере к уходящему излучению увеличивалась. Температура океанических тропических вод несколько уменьшалась, но значительно больше падала температура на полюсах. Согласно расчету К.Я. Кондратьева и Х.Ю. Нийлиск (1963), изменение концентрации CO_2 в атмосфере в первую очередь влияет на изменение температуры полярных широт, где низко содержание паров воды. С падением температуры на полюсах резко возрастает температурный градиент между тропической и полярной зонами, что ведет к усилению океанической и атмосферной циркуляции. Цикл работы тепловой биоокеанической машины замкнулся.

Таким образом, цикл биоокеанической тепловой машины последовательно включает следующие процессы: оледенение, увеличение температурного градиента между высокими и низкими географическими широтами, усиление океанической и атмосферной циркуляции, уменьше-

ние прозрачности поверхности океана, разогревание поверхностных океанических вод, таяние ледника, уменьшение температурного градиента между высокими и низкими географическими широтами, ослабление океанической и атмосферной циркуляции, увеличение прозрачности поверхности океана, оледенение.

Недостатком предлагаемой гипотезы является трудность построения численной модели биосфереокеанической тепловой машины в связи с большим количеством входящих в нее переменных величин и отсутствием информации о работе ряда составляющих ее механизмов. Этот недостаток в некоторой степени может быть восполнен путем экспериментального исследования по искусственному изменению продуктивности и прозрачности некоторой площади поверхности океана в тропической зоне, где эффект нагревания поверхностных вод должен быть наиболее заметным.

Изменение прозрачности поверхностных вод может быть достигнуто путем распыления растворимого азотно-фосфорного удобрения или тонко размолотой почвы для увеличения биомассы и продукции фитопланктона. Проведение подобного эксперимента в океане позволит ответить на следующие вопросы: 1) эффективность повышения биологической продуктивности олиготрофных тропических районов океана; 2) исследование роли биологических факторов в изменении прозрачности поверхностных вод и их нагревании; 3) возможные последствия повышения продуктивности океана (его эвтрофикации) в глобальном масштабе как результат промышленной деятельности человека, в частности обогащения поверхностных вод углекислотой, их запылением, загрязнение нефтью и ее продуктами и т.д.

Под влиянием человеческой деятельности скорость изменения газового состава атмосферы на несколько порядков величин превышает скорость соответствующего естественного процесса (Давитая, 1971; Баринов, 1972). Не случайно поэтому, что накопление CO_2 в атмосфере наблюдается вот уже, примерно, полстолетия (Юнге, 1965).

Как следствие стремительного роста промышленно-энергетических мощностей человечества, удвоение которых в настоящее время происходит каждые 10 лет, возникает потенциальная опасность глобального нарушения теплового оптимума в современной биосфере (Давитая, 1971; Виноградов, 1971). Согласно расчетам климатологов (Будыко, 1971), увеличение ежегодного производства любых видов энергии (за исключением водной, ветровой и солнечной) до 1% от общего количества солнечной энергии, падающей на земную поверхность, приведет к глобальному изменению климата. Из эволюционной теории известно (Дубинин, 1966; Шмальгаузен, 1968; Шварц, 1969;

Тимофеев-Ресовский, Воронцов, Яблоков, 1969), что изменение среды обитания организмов, особенно смена климатических эпох, является мощным фактором биологической эволюции, которая может коснуться и человека. Биологическая наука пока не располагает данными о степени устойчивости человека к дополнительному энергетическому воздействию и глобальному изменению климата. Учитывая неравномерность распределения промышленного тепла по земной поверхности и возможные отрицательные последствия для человечества нарушения экологического равновесия в биосфере как результата стремительного роста энергетического потенциала, уровень ежегодного производства энергии должен быть, очевидно, значительно ниже уровня 1% от общего количества солнечной энергии, падающей на Землю.

По сравнению с 1970 г. в 2000 г. производство энергии при современных темпах его удвоения увеличится, примерно, в 8 раз. Соответственно возрастет вредное действие продуктов и отходов промышленного производства и энергетики на состояние экологического равновесия, т.е. окружающую живую и неживую природу, а также, естественно, и на человека. Поэтому наступило время количественно оценить энергетическую емкость системы поверхность Мирового океана - нижняя граница атмосферы. Экологически необоснованный подход к возможностям энергетического прогресса может привести к необратимым последствиям. Климатологи и биогеохимики (Будыко, 1971; Виноградов, 1972; Федоров, 1972) развивают представления о неустойчивом (квазиравновесном) состоянии современного климатического режима и связанного с ним газового состава атмосферы. Сдвиг теплового равновесия приведет к таянию ледников и поднятию уровня Мирового океана, что потребует от человечества дополнительного увеличения энергетического потенциала для ликвидации последствий нарушения климатического оптимума. Но увеличение производства энергии еще более ускорит отклонение геофизических систем от состояния равновесия. Может возникнуть своеобразная самоускоряющаяся цепная реакция производства энергии, которая будет все больше выводить биогеофизические системы из состояния равновесия. Поэтому в целях сохранения экологического равновесия, человечеству необходимо будет регулировать производство энергии таким образом, чтобы оно не нарушало современный температурный оптимум.

В первом приближении уровень производства энергии не должен превышать, по-видимому, уровня 0,1% от общего количества солнеч-

ной энергии, падающей на Землю. Такого уровня производства энергии при современных темпах ее удвоения человечество достигнет, примерно, через 40-50 лет. Однако необходимо учитывать не только непосредственный эффект увеличения производства тепла, но и биогеофизические процессы, способствующие накоплению энергии в ноосфере, т.е. сфере жизни человека (термин акад. В.И.Вернадского, 1967). К этим процессам относится в первую очередь накопление углекислоты, которая, обладая известным свойством "парникового эффекта", вызывает нагревание атмосферы.

Следующим мощным накопителем энергии является океан, точнее, его поверхностные воды в пределах зоны фотосинтеза. Океан поглощает около 50% промышленной углекислоты (Peterson, 1969). Однако было бы неправильно считать, что поглощенная океаном углекислота не дает теплового эффекта. Дополнительное обогащение поверхностных вод океана углекислотой, органикой, фосфором, азотом, нефтью, которая разрушается микроорганизмами (Миронов, 1973) и водорослями обрастания (Поликарпов и др., 1971), способствует эвтрофикации океана, что сопровождается помутнением его поверхности, как следствие увеличения биологической, органической и минеральной взвеси. Помутнение поверхности океана может вызвать эффект, аналогичный по своим последствиям накоплению CO_2 в атмосфере. При прочих равных условиях эвтрофные районы должны отдавать в атмосферу значительно большее количество тепловой энергии, чем прозрачные олиготрофные воды океана. Расширение площади океана с повышенной продуктивностью и общее повышение его биологической продуктивности может сопровождаться увеличением отдачи тепла из океана в атмосферу.

Следующим важным биогеофизическим механизмом накопления солнечной энергии является изменение альбедо земной поверхности в результате сведения лесов, распашки земель, усиление ветровой эрозии, запыления поверхности океана и, что особенно опасно, запыление поверхности ледников. Последнее способствует их быстрому таянию и разрушению.

В результате функционирования биогеофизических механизмов накопления солнечной и промышленной энергии оптимальный уровень производства энергии человеком должен определяться не ее годовым производством, а общим интегральным количеством произведенной энергии за всю историю цивилизации человечества. Так как основное количество промышленной энергии произведено в последние десятилетия, то эти расчеты можно проводить с 50-х годов XX века. При удвоении производства энергии каждые 10 лет к 2000 г. будет сум-

марно произведено, примерно, 0,4% от падающей на поверхность Земли солнечной энергии, а к 2020 г. эта величина достигнет 1,5%, что может вызвать заметное нарушение теплового баланса в среде обитания человека. При удвоении производства энергии каждые 20 лет 1% интегрального производства энергии будет достигнут к 2070 г. Относительно безопасный уровень интегрального производства промышленной энергии, условно равный 0,1% от общего количества падающей солнечной энергии, будет достигнут уже к 1990 г. при темпе удвоения производства каждые 10 лет, и к 2030 г. при темпе удвоения производства энергии каждые 20 лет.

До сих пор, рассматривая возможный верхний уровень производства энергии, мы учитывали устойчивость геофизических систем. Однако биологические системы могут оказаться более чувствительными к увеличению энергетического потенциала, чем геофизические системы. Любое удвоение производства энергии сопровождается соответствующим увеличением концентрации во внешней среде биологически вредных отходов промышленного и энергетического производства — токсических, канцерогенных и мутагенных веществ, увеличением мощности ионизирующих излучений и переменных электромагнитных полей.

Существуют следующие источники потенциальной опасности нарушения экологического равновесия в биосфере, возникающие в связи с ускоренным ростом энергетического потенциала человечества.

1. Повышение температуры в современной биосфере, точнее, ноосфере как следствие выделения тепла от различных действующих промышленных источников энергии. Можно допустить в принципе такую организацию производства, когда оно будет работать постоянно на замкнутом цикле и во внешнюю среду не будут выбрасываться различные отходы производства, включая вредные газы и углекислоту. Однако в любом случае во внешнюю среду будет поступать отработанное тепло.

2. Повышение температуры системы поверхность океана — атмосфера как следствие накопления углекислоты в атмосфере при сжигании органического топлива.

3. Повышение температуры поверхности океана как следствие изменения его прозрачности в результате загрязнения, а также увеличения биомассы и продукции планктона.

4. Изменение альбедо земной поверхности как следствие сведения лесов, распашки почвы, ветровой эрозии, запыления атмосферы, поверхности ледников и океанов.

5. Накопление в биосфере различных токсических, канцерогенных и мутагенных веществ искусственной природы как следствие развития химической промышленности, добычи, переработки и транспорта различных полезных ископаемых.

6. Возможное повышение мощности дозы ионизирующей радиации как следствие развития атомной промышленности и атомной энергетики. Ожидается, что к 2000 г., примерно 50% электрической энергии будут производить атомные электростанции (Петросьянц, 1972).

7. Повышение мощности дозы переменных электромагнитных полей и волн как следствие развития мощных электрических станций, средств передачи электрической и других видов энергии, средств связи и т.д.

8. Усиление биологического загрязнения среды как следствие нарушения экологических равновесий в природе, в том числе массовой гибели ряда видов дикой флоры и фауны. Биологическое загрязнение биосферы может сопровождаться вспышками размножения болезнетворных организмов (микробов, вирусов), вредителей, паразитов, а также организмов, выделяющих во внешнюю среду различные токсические, канцерогенные и мутагенные вещества биологической природы. Биологическое загрязнение усиливает действие промышленных факторов нарушения биологического равновесия. Так, например, исследования Института гидробиологии АН УССР показали, что развитие в загрязненных водоемах синезеленых водорослей еще более ухудшает качество воды, так как эти водоросли выделяют токсины, опасные для жизни рыб и здоровья людей.

Все перечисленные факторы нарушения экологического равновесия в биосфере составляют звенья одной цепи и являются следствиями одной причины. Эти следствия должны изучаться не изолированно, а в общем комплексе наук о биосфере и биосферных экологических равновесиях.

По-видимому, уже настало время, когда каждому удвоению производства энергии должна предшествовать исследовательская работа биологов, экологов и медиков, обосновывающая безопасность для человечества дальнейшего роста производства энергии. Разумеется, это потребует увеличения научных кадров, специальных научно-исследовательских учреждений, формирования новых научных направлений, концепций, увеличения в 3-4 раза скорости роста биологических знаний. Оправданием дополнительных усилий является гарантия безопасности существования человеческой цивилизации. Жизненно необходимо, чтобы темп роста биологических знаний не отставал, а существенно опережал промышленный и энергетический

прогресс. Несоответствие в темпах роста научных знаний и энергетических мощностей должно быть ликвидировано как можно в более короткий срок. При отставании роста биологических знаний от промышленно-энергетического прогресса биологи вынуждены лишь констатировать вредность того или иного фактора, тогда как необходимо любую опасность прогнозировать и заранее предупреждать.

Уже в настоящее время необходимо достижение международного соглашения об оптимальном уровне ежегодного производства энергии в пределах нашей планеты. По мере углубления наших знаний о закономерностях функционирования современной биосферы, а также достижений в области энергетики, понятие об оптимальном уровне ежегодного производства различных видов энергии всем человечеством будет эволюционировать. Проблемы сохранения экологического равновесия биосферы сравнительно легко могли быть разрешены в рамках единой Мировой социалистической системы. Однако приходится учитывать реальную обстановку, когда мир разделен на государства и системы с различными политическим и экономическим строем, что существенно затрудняет решение указанных проблем на нашей планете.

Важным международным событием, положившим начало широкому научному сотрудничеству, является подписание соглашения между СССР и США (май 1972 г.) об охране окружающей среды, а также соглашение в области медицины. Можно надеяться, что дальнейший прогресс в отношениях между СССР и США предотвратит потенциальную опасность нарушения глобальных экологических равновесий. Последовательная борьба Советского Союза за мир, за всеобщее и полное разоружение является важным условием сохранения природных равновесий и человеческой цивилизации.

Л и т е р а т у р а

- Баринов Г.В. 1972. Биосферные ритмы и проблемы сохранения кислородного равновесия. - Журнал общей биологии, т.33, № 6.
- Богуславский С.Г. 1966. Исследования непосредственного нагрева солнечной радиацией верхнего слоя Тропической Атлантики. - Тр. Морского гидрофизического института АН УССР, т. 35.
- Богуславский С.Г., Шугов А.П. 1967. Непосредственное влияние солнечной радиации на температурное поле тропической части Тихого океана. - В сб.: Гидрофизические исследования Тихого и Атлантического океанов в кругосветном плавании нис "Михаил Ломоносов" (20-й рейс). Изд. МГИ АН УССР, Севастополь.
- Будыко М.И. 1971. Энергетика биосферы и ее преобразование под воздействием человека. - Изв. АН СССР, сер. географ., № 1.

- Вернадский В.И. 1967. Биосфера. "Мысль", М.
- Виноградов А.П. 1972. Изменения атмосферы под влиянием человеческой деятельности. - Геохимия, № 1.
- Давитая Ф.Ф. 1971. Загрязнение земной атмосферы и изменение ее газового состава. - Изв. АН СССР, серия географ., № 4.
- Дубинин Н.П. 1970. Общая генетика. "Наука", М.
- Кинг Л. 1967. Морфология Земли. "Прогресс", М.
- Кондратьев К.Я., Нийлоск Х.Ю. 1963. К вопросу о тепловом излучении углекислого газа в атмосфере. - В сб.: Проблемы физики атмосферы. Вып.2. Изд.ЛГУ.
- Миронов О.Г. 1973. Нефтяное загрязнение и жизнь моря. "Наукова думка", К.
- Монин А. С. 1972. Вращение Земли и климат. Гидрометеиздат, Л.
- Петросьянц А.М. 1972. От научного поиска к атомной промышленности. Изд.2. "Атомиздат", М.
- Пласс Г.Н. 1966. Влияние молекул газов, поглощающих инфракрасное излучение, на климат. - В сб.: Солнечная активность и изменения климата. Гидрометеиздат, Л.
- Поликарпов Г.Г. и др. 1971. Нефтяные поля как экологическая ниша. - Природа, № 11.
- Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. 1967. Краткий очерк теории эволюции. "Наука", М.
- Федоров Е.К. 1972. Актуальные проблемы взаимодействия общества и природной среды. - Коммунист, № 14.
- Шварц С.С. 1969. Эволюционная экология животных. Свердловск.
- Шмальгаузен И.И. 1968. Факторы эволюции. "Наука", М.
- Шулейкин В.В. 1968. Физика моря. Изд.4. "Наука", М.
- Юнге Х. 1965. Химический состав и радиоактивность атмосферы. "Мир", М.
- Keeling Ch. 1970. Is carbon dioxide from fossil fuel changing man's environment? - Proc. Amer. Philos. Soc., 114, N 1.
- Peterson E. 1969. Carbon dioxide affects global ecology. - Environ. Sci. and Technol., 3, N 11.
- Strickland J. 1965. Production of organic matter in the primary stages of the marine food chain. - Chemical Oceanography, N 4. London, Acad. Press.

ИССЛЕДОВАНИЕ АССИМИЛЯЦИИ УГЛЕРОДА-14 ФИТОПЛАНКТОНОМ СУБТРОПИЧЕСКОЙ И ТРОПИЧЕСКОЙ АТЛАНТИКИ НА ОСНОВЕ КИНЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Г.В.Баринов, Л.Н.Лещенко

В гидробиологии принято считать, что первичный продукционный процесс в океане в функции от времени протекает с некоторой постоянной скоростью (Богоров, 1970; Steeman-Nielsen, 1951). На основе этих постулируемых представлений разработан ряд статических методов исследования первичной продукции в морских и пресноводных водоемах (Винберг, 1960). Однако, как совершенно справедливо отмечает В.Г.Богоров (1970), общепринятые методы исследования первичной продукции дают представление лишь о порядке вели-