



“ОКРУЖАЮЩАЯ ПРИРОДНАЯ СРЕДА ПОТЕРЯЛА УСТОЙЧИВОСТЬ И СРЕМТЕЛЬНО РАЗРУШАЕТСЯ...”

О концепции биотической регуляции окружающей среды и роли лесов в поддержании стабильности климата рассказывают ведущие учёные биофизики Петербургского института ядерной физики (ПИЯФ) В.Г. Горшков¹ и А.М. Макарьева².

В наше время проблема устойчивого существования жизни на Земле в условиях наступившей разбалансировки климата и возрастающего воздействия человека на природную среду привлекает всеобщее внимание. Накопленные за последние десятилетия научные данные

свидетельствуют об ускоренном изменении окружающей среды и климата в планетарном масштабе. Снижение климатической стабильности сопровождается глубокими преобразованиями в составе, структуре и энергетике биосферы.

Сегодня мы обсудим эти проблемы и пути их решения с В.Г. Горшковым и А.М. Макарьевой. Наши гости – учёные, отличительная черта которых – способность видеть проблемы не со “стереотипной” стороны, как её видел и продолжает видеть подавляющее большинство специалистов, а с другой – позволяющей открывать в ней новые, совершенно неожиданные стороны.

Учитывая сложность и многоаспектность проблемы, предварим интервью ключевыми фрагментами исследований по обсуждаемой теме.

¹Горшков Виктор Георгиевич – д. физ.-мат. наук, профессор, ведущий научный сотрудник Отделения теоретической физики ПИЯФ.

²Макарьева Анастасия Михайловна – к. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник того же отделения ПИЯФ.

В отделе теории теоретической физики ПИЯФ разработана современная концепция биотической регуляции окружающей среды и климата. Базовые положения Концепции сформированы в монографии В.Г. Горшкова*. Дальнейшее развитие Концепция получила в совместных публикациях В.Г. Горшкова и А.М. Макарьевой (далее – В.Г. и А.М.).

Опираясь на концептуальный подход к рассмотрению взаимодействия биоты (флоры и фауны) с окружающей средой, они доказывают, что:

- ✓ существующий природный биотический механизм управления окружающей средой беспрецедентен во Вселенной по своей сложности и эффективности;

- ✓ в отсутствие биотического управления окружающая среда и климат Земли быстро перейдут в состояние, непригодное для жизни человека;

- ✓ устойчивое поддержание благоприятных параметров окружающей среды невозможно без сохранения естественных экосистем в глобальных масштабах.

В конце 2005 г. А. Макарьевой и В. Горшковым выдвинута теория биотического насоса атмосферной влаги, согласно которой девственные леса и болота обеспечивают транспорт влажного воздуха с океана на сушу. Эта теория однозначно подтверждается анализом накопленных данных по мировым осадкам на суше и в океане.

Уже более 12 лет А.М. и В.Г. стараются привлечь внимание научной общественности и руководящих органов РФ к катастрофическим последствиям широкомасштабной ликвидации лесного покрова во многих странах, в том

числе в России. В открытом письме от 05.05.2006 г. (Леса как гаранты существования русских рек и жизни на суше (к вопросу о принятии нового Лесного Кодекса)** отмечено: *"Получены научные доказательства того, что существование рек и осадков на суше определяется деятельностью ненарушенных естественных лесов. Ненарушенный лес представляет собой живой насос, на основе солнечной энергии закачивающий на сушу атмосферную влагу, испарившуюся с поверхности океана. Показано, что засухи, пожары, наводнения, а также ураганы и смерчи на суше являются следствием нарушения лесного покрова и прекращения действия лесного насоса влаги. Уничтожение лесов приводит к полному опустыниванию континентов. Это новые результаты, до сих пор неизвестные научной общественности"*.

А.М. и В.Г. считают, что окружающая природная среда потеряла устойчивость и стремительно разрушается. Приводя научные аргументы, они утверждают: если современная скорость антропогенного разрушения биосферы сохранится, остановить деградацию климата и окружающей среды будет невозможно. Именно на решении этой задачи – сохранении биосферы – человечество должно незамедлительно сконцентрировать свои усилия чтобы избежать глобального кризиса. Современный фокус на второстепенной задаче по борьбе с загрязнениями (в частности, широко обсуждаемый переход к "чистым" технологиям) зачастую лишь препятствует осознанию и предотвращению значительно более серьезной угрозы – необратимой утраты устойчивости биосферы и самой жизни.

*Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. М., 1995.

**Русский лес: Открытое письмо гражданам России. URL: www.biotic-regulation.pl.ru/les2.htm

Итак, переходим к обсуждению обозначенной темы *"Биотическая регуляция окружающей среды и недооцененная роль лесов в поддержании стабильности климата"*.

– Биотический насос атмосферной влаги является частью разрабатываемой вами теории биотической регуляции окружающей среды. В чём её суть?

– Каждая особь поддерживает устойчивость внутренней среды своего организма. Но живая особь существует во внешней окружающей среде. Поэтому внутренняя среда жёстко связана с внешней. Для организмов экосистемы, образующих сплошной неподвижный живой слой (это растения, синтезирующие органику, и мельчайшие организмы – бактерии и грибы, её разлагающие), внутренняя среда неотделима от внешней.

Суть биотической регуляции состоит в утверждении, что жизнь поддерживает устойчивость окружающей среды, оптимальной для своего существования. Регуляция окружающей среды является таким же неотъемлемым свойством жизни как, например, питание и размножение.

Упорядоченные физические процессы (например, атмосферные вихри, лавины, цунами) возникают в окружающей среде спонтанно. Затем они обязательно распадаются, истратив всю доступную энергию. Живые объекты – сверхсложные, поэтому они спонтанно возникать не могут. Живые объекты появляются только как копии других, столь же сложных живых объектов.

Поэтому жизнь не может себе позволить истратить все ресурсы и подвергнуться распаду, как торнадо или ураганы. Уже из этого рассуждения следует, что в генетическую программу живых организмов обязательно должна быть заложена информация о том, как устойчиво существовать в окружающей среде и управлять ею. Это и есть биотическая регуляция. Она и есть жизнь.

– Какие экспериментальные данные подтверждают теорию биотической регуляции?

– Какие экспериментальные данные подтверждают основной физический закон – закон сохранения энергии? Все. Такая же ситуация и с биотической регуляцией, которая является законом жизни. Не существует данных, противоречащих теории биотической регуляции. Принятие биотической регуляции как основного закона жизни откладывается лишь потому, что эти данные относятся ко всем без исключения областям науки. Современное научное сообщество, состоящее, в основном, из узких профессионалов, не может пока должным образом оценить всеобщность и важность этих данных.

Не существует альтернативного биотической регуляции непротиворечивого взгляда на жизнь и окружающую среду, который мог бы объяснить наблюдаемое существование жизни в течение почти четырёх миллиардов лет. Парадоксальная ситуация, в которой существование биотической регуляции требуется доказывать, обусловлена историческим развитием современной естественной науки. Она сформировалась в нестационарной, непрерывно деградирующей окружающей среде современной цивилизации, и впитала эту нестационарность как основополагающий принцип.

– Опишите, пожалуйста, ключевые процессы биотической регуляции.

– Главным параметром биотической регуляции любого необходимого для жизни элемента окружающей среды является время оборота – отношение запаса этого элемента в окружающей среде к скорости потока синтеза или разложения его биотой (жизнью). Например, глобальный запас органического углерода в верхних слоях почвы имеет порядок двух тысяч гигатонн углерода ($M \sim 2 \cdot 10^3 \text{ Гт С}$)³. Глобальная

³Jackson R.B. et al. (2017) *The Ecology of Soil Carbon: Pools, Vulnerabilities, and Biotic and Abiotic Controls*. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 48: 419–445. URL: <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054234>

скорость синтеза и разложения органического углерода биотой имеет порядок $P \sim 100 \text{ Гт С/год}$. При этом синтез и разложение органики производится разными организмами: синтез – растениями, а разложение, в основном, бактериями и грибами. И если скорость синтеза ограничена мощностью солнечной радиации, то скорость разложения может быть произвольной, определяясь численностью популяции бактерий и грибов.

Разбалансировка потоков синтеза и разложения органики могла бы привести к деградации почв и исчезновению экосистемы всего лишь за несколько десятков лет ($\tau \sim M/P \sim 20 \text{ лет}$). (Что и наблюдается в нарушенных человеком областях⁴). Между тем известно, что экосистемы существуют устойчиво десятки миллионов лет. Это означает, что функционирование всех организмов в экосистеме скоррелировано так, чтобы поддерживать оптимальный состав почвы в устойчивом состоянии. Только недавно к исследователям почв начало приходить понимание, что скорость оборота различных почвенных компонентов полностью определяется не их химическим составом, а состоянием экологического сообщества. Вещества, быстро разлагающиеся в лаборатории, могут быть стабилизированы в почве на многие годы, и наоборот⁵.

При разрушении экосистемы запускается процесс её восстановления (сукцессия), в течение которого восстанавливаются утраченные запасы почвенной органики⁶. С другой стороны, не существует искусственной экосистемы, в которой удалось бы обеспечить

стационарность почвенного состава без постоянного притока удобрений извне. Также безуспешными оказались многолетние усилия по построению стационарной замкнутой искусственной экосистемы⁷. Они аналогичны попыткам построить вечный двигатель в физике и характеризуют тот исторический этап, на котором находится современная наука о жизни при игнорировании биотической регуляции.

Раз жизнь способна стабилизировать мощные биологические потоки синтеза и разложения, она также будет компенсировать любые отклонения, связанные с геофизическими потоками, которые на много порядков слабее. На Земле происходит медленный выброс углекислого газа из недр планеты со скоростью порядка 10^{-2} Гт С/год , то есть в десять тысяч раз слабее потоков биологического синтеза и разложения. За время фанерозоя (последние 600 млн лет) этот поток мог привести к катастрофическому увеличению количества углекислого газа в атмосфере. Однако, как свидетельствуют экспериментальные данные, биота за это время вывела из атмосферы такое же количество углерода, захоронив его в форме органических отложений в осадочных породах.

Это один из примеров компенсации абиотического воздействия на окружающую среду. Но главная проблема жизни – это стабилизация окружающей среды, находящейся под воздействием биотических процессов, по мощности превосходящих любые абиотические.

– Как происходит биотическая регуляция в океане?

– Это такой же самый сложный процесс, как и на суше. Что касается регуляции потоков углерода, в океане, благодаря

⁷Nelson M., Pechurkin N.S., Allen J.P., Somova L.A., Gitelson J.I. (2010) Closed Ecological Systems, Space Life Support and Biospherics. In: Wang L., Ivanov V., Tay J.H. (eds) Environmental Biotechnology. Handbook of Environmental Engineering, vol 10. Humana Press, Totowa, NJ. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-60327-140-0_11

⁴Wei X. et al. (2014) Global pattern of soil carbon losses due to the conversion of forests to agricultural land. *Scientific Reports* 4: 4062. URL: <https://dx.doi.org/10.1038/srep04062>

⁵Schmidt M.W.I. et al. (2011) Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature* 478: 49–56. URL: <https://dx.doi.org/10.1038/nature10386>

⁶Brown S., Lugo A.E. (1990) Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen content of soils in Puerto Rico and US Virgin Islands. *Plant and Soil* 124: 53–64.

существованию буферных бикарбонатных и карбонатных ионов, концентрация растворённого CO_2 изменяется от атмосферной величины (растворимость близка к единице) у поверхности океана до концентрации в несколько раз выше поверхностной в глубине океана. Это результат функционирования биоты. Если жизнь в океане прекратится, то поверхностная и глубинная концентрации сравняются, и концентрация CO_2 в атмосфере вырастет в несколько раз. Жизнь в океане, а именно аутотрофы, поглощающие углекислый газ в поверхностном фотическом слое, и гетеротрофы, разлагающие органику в глубине океана, удерживают атмосферную концентрацию CO_2 от увеличения в несколько раз. Изменяя распределение глубин, на которых происходит синтез и разложение органики, биота океана может эффективно регулировать концентрацию атмосферного углекислого газа.

– Возможен ли технический аналог биотической регуляции?

– Технический аналог биотической регуляции принципиально невозможен потому, что потоки и запасы информации в биоте, необходимые для управления окружающей средой, с учётом их ценности на 20 порядков превосходят таковые в цивилизации⁸ (см. табл. 1).

– В чём противоречивость существующих взглядов на жизнь и окружающую среду?

– Если не принимать во внимание биотическую регуляцию, единого взгляда на жизнь и окружающую среду в науке не существует. Теоретическая физика, эволюционная биология, экология и климатология существуют в параллельных мирах.

В физике открыты два фундаментальных закона: закон сохранения энергии (отсутствие вечных двигателей первого рода) и закон нарастания энтропии (отсутствие вечных двигателей второго рода). Любое упорядоченное состояние

с течением времени может в отсутствие притока внешней упорядоченности только терять свою упорядоченность, то есть, подвергаться распаду. Эти законы всеобщие и действуют в биологии, экологии и климатологии.

Необратимость течения времени определяется во всех процессах физического распада законом полураспада. Согласно этому закону, из числа начальных распадных состояний, спустя время полураспада, остаётся половина состояний, тождественных первоначальным. Вторая половина претерпевает спонтанный или индуцированный необратимый распад.

Уравнения движения в физике предполагают изотропию времени, то есть возможность замены начальных условий на конечные и наоборот, что соответствует изменению направления времени. Это связано с тем, что возникающие неупругие процессы происходят с образованием короткоживущих связанных состояний (резонансов), которые распадаются за времена, на много порядков меньшие времён измерения. Распадающихся возбуждённых состояний нет ни в начале, ни в конце наблюдения. Уравнения движения в физике описывают, в основном, переходы потенциальной энергии в кинетическую. Время при этом описывает периоды колебания маятника (без трения), вращение комет и планет по эллиптическим орбитам и массу взаимодействующих объектов, вращающихся по круговым орбитам (Земля – Солнце). Уравнения движения не содержат информации о скоростях распада упорядоченных процессов (кинетической энергии, возбуждённых распадающихся состояний). Турбулентное трение, вызывающее эти процессы распада, вводится произвольно и подгоняется к наблюдениям.

Биология, экология и климатология имеют в своём распоряжении только однонаправленное время, определяемое полураспадом первоначальных состояний. Время полураспада в этих науках всегда больше времени измерений (или того же порядка). Замена конечных

⁸ Горшков В.Г. *Физические и биологические основы устойчивости жизни*. М., 1995.

Таблица 1

Запасы и потоки информации в биоте и цивилизации

| Объект | Потоки, бит/сек | Запас информации (не расшифрованный) | Ценность информации (расшифровка смысла) | Запас с учётом ценности, бит |
|-----------------------------|-----------------|--|--|------------------------------|
| Солнце | 10^{38} | | | |
| Биота | 10^{35} | 10^{16} число видов: 10^7 размер генома: 10^9 бит | 10^{24} живых особей ("смысловая основа" окружающей среды) | 10^{40} |
| Цивилизация | 10^{15} | 10^{16} число людей: 10^{10} память человека: 10^9 бит уникальная часть памяти: 10^{-3} | 10^4 слов (смысловая основа языка) | 10^{20} |
| Google | 10^{13} | 10^{21} Интернет: информационное загрязнение в $10^5 = 10^{21}/10^{16}$ раз больше уникальной информации | | |
| Отношение биота/цивилизация | 10^{20} | | | 10^{20} |

Каждый бит информации в компьютере цивилизации учитывает связь со всеми другими объектами информации. В языке каждое слово связано с другими словами языковой основы, что приводит к увеличению информационной ёмкости каждой буквы слова. В биоте каждый бит генетической информации связан с информацией всей окружающей среды, которую можно выразить общим числом живых организмов.

условий на начальные принципиально невозможно. Это не учитывается должным образом в этих науках.

Неуничтожимость жизни связана с многократным копированием квантовой генетической программы, подчиняющейся закону полураспада. В образовавшейся после копирования популяции квантовых генетических программ необходимо удалить распавшиеся программы, не допуская их копирования. В этом случае во всех поколениях сохранится только нераспавшаяся генетическая программа. Не существует физического процесса, позволяющего отличать

норму от распада и удалять распадных особей из популяции. Жизнь открыла уникальную возможность различать норму и распад и удалять распадную часть из популяции. Эта возможность состоит в построении неклассических (классических) особей с конечными размерами тела и внутренней средой организма.

Жизнь особи заключается, во-первых, в построении внутренней среды организма, в которой может быть выполнено копирование квантовой программы (как нормальной, так и распадной) и передача её последующему поколению и, во-вторых, в узнавании нормальными

особями распадных особей путём конкурентного взаимодействия всех особей в популяции и удалении распадных особей нормальными из популяции. Именно для этого необходим конечный размер тел особей популяции. Внутренняя среда организма особей построена на квантовой генетической программе, но состоит из классических органелл и органов, которые не подчиняются квантовому закону полураспада и распадаются, не сохраняя информацию о начальном состоянии. Поэтому все особи, нормальные и распадные, выполнив основные две функции жизни, умирают. Неумирающей остаётся только нормальная генетическая программа.

В эволюционной биологии проблема распада генетической информации жизни отодвинута на задний план и практически не рассматривается. Считается, что все виды адаптируются к меняющейся окружающей среде за счёт генетического разнообразия, генерируемого за счёт ошибок при копировании генетического материала. Выживает наиболее приспособленный. Однако в эволюционной биологии не существует независимого количественного определения приспособленности ("fitness"). Эволюционная биология ничего не может сообщить о том, какие именно свойства обеспечивают видам выживание. Не даёт она и ответа на вопрос, почему произвольно меняющаяся окружающая среда остаётся пригодной для жизни и при любых изменениях обязательно найдётся генетический вариант, приспособленный к новой среде. И почему виды, имеющие наибольшее количество особей (и, следовательно, генетических вариантов), не эволюционируют быстрее тех, у кого этих вариантов мало⁹.

В климатологии не существует теории устойчивости климата. Этот вопрос практически не обсуждается. Экология

традиционно фокусируется либо на крупных животных, принципиально неспособных к биотической регуляции, либо на отдельных видах растений, вырванных из своей экологической ниши.

Так называемый антропный принцип подразумевает, что если бы окружающая среда вышла за пределы, пригодные для жизни, то мы бы "здесь не сидели и не могли задать этого вопроса", то есть, окружающая среда оставалась пригодной для жизни случайно. Однако, учитывая, что случайная раскоррелированность синтеза и разложения может привести к деградации биосферы в течение нескольких лет, случайное поддержание приемлемой для жизни окружающей среды в течение нескольких миллиардов лет невероятно, даже не принимая во внимание физическую неустойчивость климата Земли.

Эту (не) вероятность эволюционная биология оценить не может. Фундаментальные параметры биосферы такие, как времена оборота основных жизненно важных элементов, не являются частью теоретических построений ни в эволюционной биологии, ни в экологии, ни в климатологии.

– Можете привести конкретные примеры противоречий на стыке различных дисциплин?

– Яркий пример противоречий, возникающих на стыке экологии и климатологии, – круговорот углерода, в частности, так называемая проблема *исчезнувшего стока* ("missing sink").

В шестидесятых годах прошлого века, с появлением работ Килинга (C.D. Keeling), человечество узнало о росте концентрации атмосферного углерода. Последовали более точные оценки скорости выбросов углекислого газа при сжигании ископаемого топлива, а также оценки поглощения углерода физико-химической системой океана. Стало ясно, что бюджет углерода не сходится: скорость накопления углерода в атмосфере меньше разницы между сжиганием ископаемого топлива и океаническим стоком.

⁹Makariev A.M., Gorshkov V.G. (2004) On the dependence of speciation rates on species abundance and characteristic population size. *Journal of Biosciences* 29: 119–128.

Казалось бы, сразу нужно было обратить внимание на биосферу. Ведь продукция биосферы порядка 100 Гт С/год более чем на порядок превышает антропогенные выбросы углерода. Это значит, что даже небольшой дисбаланс между синтезом и разложением углерода биотой мог играть значимую роль в бюджете углерода. Однако, поскольку экологи считали, что биота лимитируется биогенами, а не регулирует их, они долгое время просто не могли поверить, что такая реакция может существовать¹⁰. То есть, поскольку количество азота и фосфора, якобы лимитирующих рост растений, не меняется, то не могла, с точки зрения экологического мейнстрима, меняться и продуктивность биосферы.

Таким образом, долгое неприятие идеи существования биотического стока, доказанного впоследствии непосредственными наблюдениями, связано именно с отрицанием биотической регуляции. Если же принять биотическую регуляцию как главный принцип организации жизни, то очевидно, что биота должна реагировать на увеличение концентрации CO₂ (возмущение окружающей среды) в соответствии с принципом Ле Шателье. То есть, ненарушенная, нормально функционирующая биота должна препятствовать накоплению излишнего атмосферного CO₂. При неизменной концентрации азота и фосфора эти излишки биота может убирать в виде не содержащей азота и фосфора органики (углеводов), не доступной для разложения гетеротрофами¹¹.

Тот факт, что глобальная биота не способна полностью скомпенсировать антропогенные выбросы CO₂ (поглощая лишь около трети из них), свидетельствует

о том, что антропогенное разрушение биосферы превысило порог устойчивости биоты по отношению к регуляции CO₂. Устойчивость климата также была нарушена, однако полной дестабилизации пока могло не произойти, так как главным регулятором приземной температуры является вода – атмосферный водяной пар и облачность.

– В чём суть вышеупомянутой физической неустойчивости климата Земли?

– Физическая неустойчивость климата Земли связана с зависимостью атмосферной концентрации водяного пара от температуры. Суть парникового эффекта в том, что атмосфера относительно прозрачна для солнечной радиации, но поглощает тепловую, возвращая к Земле (рис. 1 а, б). При этом концентрация тепловых фотонов около земной поверхности увеличивается, и поверхность нагревается.

Водяной пар – основное парниковое вещество наряду с облачностью и углекислым газом. Его концентрация в атмосфере увеличивается примерно вдвое с ростом температуры на десять градусов. Чем больше водяного пара в атмосфере, тем ниже пропускная способность атмосферы по отношению к тепловому излучению и, следовательно, тем сильнее нагревается поверхность, а значит, увеличивается концентрация водяного пара и т.д. Эта дестабилизирующая положительная обратная связь может быстро вывести приземную температуру из узкого, пригодного для жизни интервала¹².

Жизнь имеет несколько механизмов для предотвращения такого сценария и стабилизации климата Земли. Облачность, помимо того, что является парниковым веществом, также обладает большой отражательной способностью (альбедо). Варьируя свойства облачности

¹⁰Popkin G. (2015) *The hunt for the world's missing carbon*. Nature 523: 20–22. URL: <https://dx.doi.org/10.1038/523020a>

¹¹Gorshkov V.G., Sherman S.G., Kondratyev K.Ya. (1990) *The global carbon cycle change: Le Chatelier principle in the response of biota to changing CO₂ concentration in the atmosphere*. Il Nuovo Cimento C, 13(5), 801–816.

¹²Горшков В.Г., Макарьева А.М. (2006) *Природа наблюдаемой устойчивости климата Земли*. Геоэкология, № 3 (2006): 483–495.

Рис. 1. Схематическое изображение парникового эффекта Земли.

Жёлтая стрелка – солнечное излучение, поглощаемое поверхностью Земли.

Красные стрелки – тепловое излучение поверхности и парниковых веществ.

Синяя стрелка – поток испарения.

Числа около стрелок обозначают относительные величины соответствующих потоков энергии. (а) Нулевой парниковый эффект; атмосфера прозрачна по отношению к тепловому излучению.

(б) Парниковые вещества поглощают тепловое излучение Земли и перенаправляют половину его обратно к поверхности; Земля излучает в два раза больше и потому теплее чем в (а).

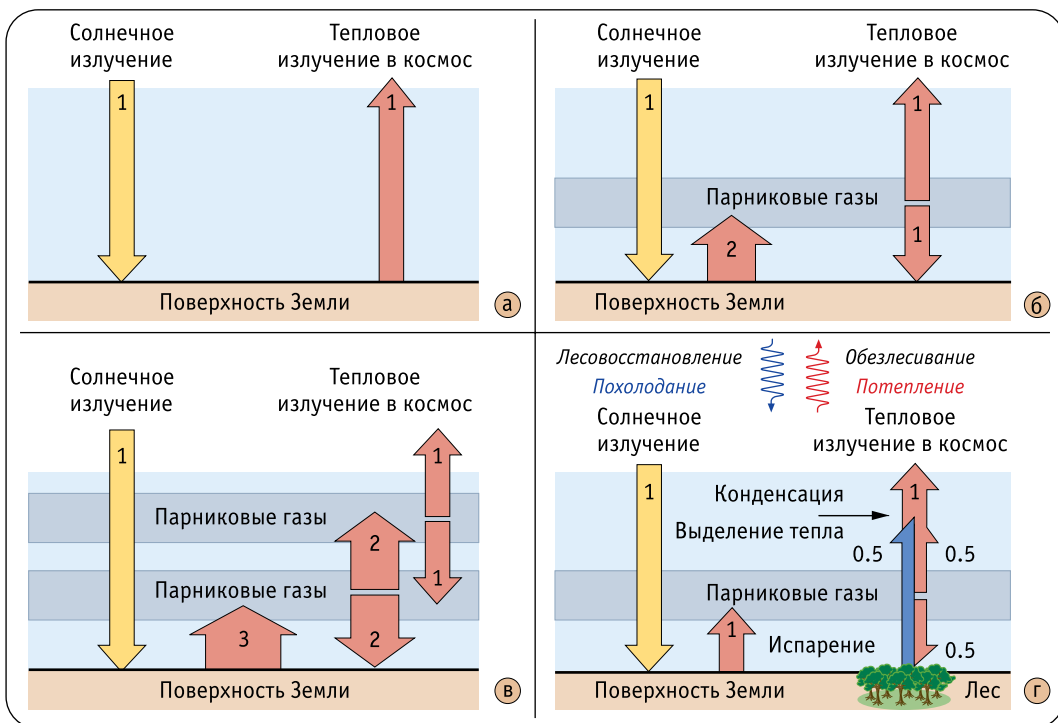
(в) Удвоенное количество парниковых веществ; Земля ещё теплее чем в (б).

(г) Растения затрачивают половину солнечной радиации на транспирацию; в виде водяного пара эта энергия выносится за пределы “парниковой шубы”; там происходит конденсация с выделением тепла. Эта часть теплового излучения беспрепятственно уходит в космос, парниковый эффект близок к нулю.

с помощью биогенных ядер конденсации, экосистема может либо усилить парниковый эффект (если стало слишком холодно), либо увеличивать альбедо и отражать в космос больше солнечной радиации (если стало слишком тепло).

Второй механизм связан собственно с процессами испарения и конденсации (рис. 1г). Лесные экосистемы в активном состоянии затрачивают более половины поступающей на поверхность солнечной энергии на испарение водяного пара – разрыв межмолекулярных связей воды. Водяной пар поднимается вместе с воздухом и конденсируется в среднем на высоте 4–5 км¹³. Там происходит выделение скрытого тепла, которое беспрепятственно испускается в космос, минуя “парниковую шубу”. Связано это с тем, что концентрации атмосферных

¹³ Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Nefiodov A.V., Sheil D., Nobre A.D., Bunyard P., Li B.-L. (2013) The key physical parameters governing frictional dissipation in a precipitating atmosphere. *Journal of the Atmospheric Sciences* 70: 2916–2929.



газов экспоненциально убывают с высотой, поэтому основная масса парниковых веществ (углекислого газа и водяного пара) находится в нижней части атмосферы ниже высоты конденсации (рис. 1г).

– **Что является причиной глобального потепления?**

– Как видно из рис. 2, максимальное разрушение ненарушенных экосистем суши произошло в девятнадцатом и двадцатом веках. За послед-

ние сто пятьдесят лет древесная растительность была уничтожена примерно на 14% поверхности суши¹⁴.

Легко оценить, что это разрушение способно объяснить наблюдаемый подъём температуры. Поверхность Земли поглощает около 170 Вт/м² солнечной радиации. Часть уходит с поверхности земли в виде тепловых фотонов, ещё часть – в виде явного тепла (подъём теплого воздуха), а почти половина – по крайней мере 70 Вт/м² – идёт на испарение, за которое на суше отвечают растения, в первую очередь, леса (рис. 1г). Теперь представим, что 14% от 70 Вт/м² на суше, которая составляет около трети площади поверхности Земли, не затратились на испарение, а превратились в явное тепло на поверхности планеты и усилились парниковым эффектом (рис. 1б). Это привело бы к изменению теплового баланса поверхности планеты не менее чем на $70 \cdot 0.14 \cdot 1/3 = 3$ Вт/м². Это величина того же порядка, что и так называемый радиационный форсинг (radiative forcing) от увеличения количества углекислого газа, оцениваемый из подгонных глобальных циркуляционных моделей.

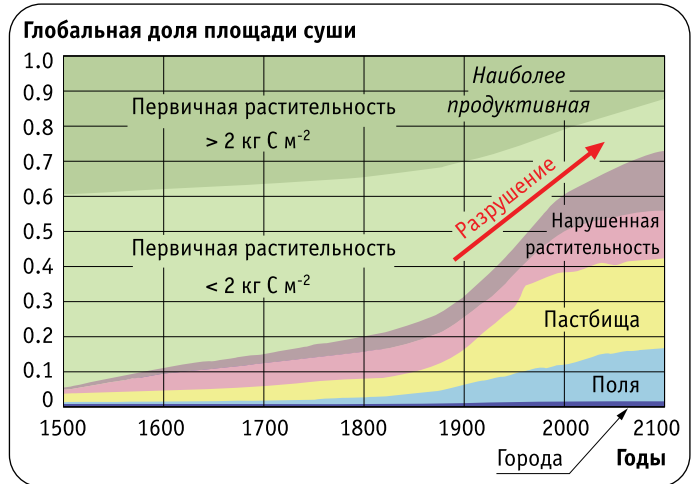


Рис. 2.
Динамика разрушения естественных (первичных) экосистем суши за последние пятьсот лет.

Источник: данные взяты из рис. 9а работы Hurtt et al. (2011) *Harmonization of land-use scenarios for the period 1500–2100: 600 years of global gridded annual land-use transitions, wood harvest, and resulting secondary lands*. *Climatic Change* 109: 117–161.
URL: <https://dx.doi.org/10.1007/s10584-011-0153-2>

– **В ваших работах утверждается, что для современной цивилизации основная проблема не в накоплении CO₂, а в наращивании энергопотребления. Переход на возобновляемые источники энергии проблемы не решит. Пояните, пожалуйста, это утверждение.**

– Если основная причина дестабилизации климата не CO₂, а разрушение естественных экосистем, то борьба с CO₂ не сможет восстановить устойчивости климата. Более того, некоторые меры по борьбе с выбросами CO₂, игнорирующие биотическую регуляцию, только ухудшат ситуацию.

Это относится к такой популярной идее возобновляемых источников энергии как биотопливо. Отведение дополнительных площадей под биотопливо приводит к разрушению естественной биоты на этих площадях и, следовательно,

¹⁴ Andrews T.A. et al. (2016) *Effective radiative forcing from historical land use change*. *Climate Dynamics*. URL: <https://dx.doi.org/10.1007/s00382-016-3280-7>

Таблица 2

Взгляд на некоторые аспекты климатических изменений в традиционной "зелёной" повестке и в концепции биотической регуляции

| | | Традиционная повестка | Биотическая регуляция |
|---|---|--|--|
| 1 | Главные парниковые вещества | Вода и CO ₂ | Вода и CO ₂ |
| 2 | Причина устойчивости климата Земли | Не приоритетный вопрос науки ("не знаем и не интересуемся") | Регуляция климата ненарушенными естественными экосистемами суши и океана (важнейший вопрос атмосферной науки) |
| 3 | Главная причина глобального потепления | Выбросы CO ₂ от сжигания ископаемого топлива | Изменение водного режима (облачности, испарения) в результате уничтожения лесов (рис. 2) |
| 4 | Стратегия борьбы с климатическими изменениями | Уменьшение концентрации CO ₂ любыми способами | Восстановление лесов как климатического регулятора (см.п. 2) |
| 5 | Биотопливо | Возможный вариант борьбы с климатическими изменениями | Экологическое планетарное самоубийство: расширение сельскохозяйственных земель ускоряет уничтожение лесов (см.п. 3) |
| 6 | Роль ископаемого топлива (ИТ) и энергетических компаний | Мировое зло, ответственное за накопление CO ₂ и разрушение климата | Возможный спаситель планеты (если бы в XIX веке не начали бы использовать ИТ, леса были бы уничтожены полностью и наступил бы климатический коллапс, см.п. 3 и рис. 3) |
| 7 | Шансы остановить климатические изменения | Нулевые: экономика основана на ИТ, несмотря на все разговоры, глобальное потребление только растёт | Реальные: остановить уничтожение лесов и начать их восстановление можно, т.к. лесной сектор составляет малую долю в мировой экономике |

к усугублению климатической неустойчивости. Напротив, использование ископаемого топлива при современной численности населения является единственной возможностью сохранить ещё оставшиеся естественные экосистемы (табл. 2).

Глобальный переход на ископаемое топливо в конце XIX века уменьшил антропогенное давление на находившиеся на грани исчезновения леса (рис. 3). Леса начали естественный процесс вос-

становления, который затормозился лишь во второй половине XX века в связи с ростом численности населения.

– Вы пишете, что "сохранение глобальной управляющей функции естественных экосистем возможно только при сокращении энергопотребления на порядок величины". Однако в вероятном сценарии мировое потребление первичной энергии за 2015–2040 гг. увеличится на 4 млрд т н.э. и составит 17.5 млрд т н.э.

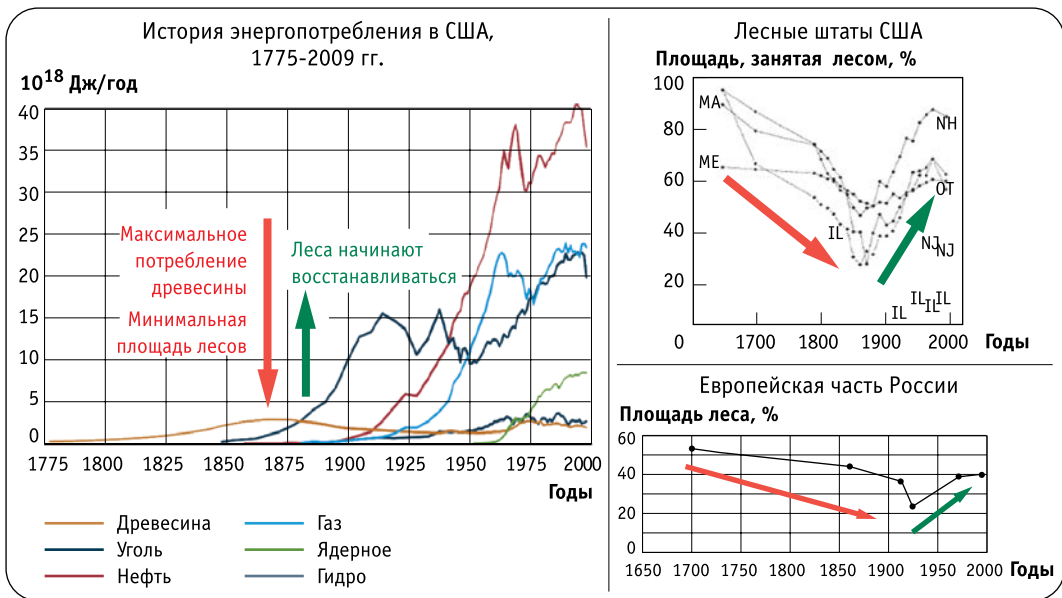


Рис. 3.
Потребление ископаемого топлива и динамика лесного покрова в США. В развивающейся индустриальной цивилизации основным источником энергии была древесина. Потребление древесины неуклонно росло, а площадь лесов сокращалась вплоть до середины девятнадцатого века. Когда потребление ископаемого топлива достигло величины потребления древесины, последнее начало падать, а леса – восстанавливаться. Аналогичные процессы с задержкой на несколько десятилетий произошли в России. Данные Annual Energy Review 2009 (U.S. Energy Information Administration) (левая панель), Fitzjarrald et al. (2001) (лесной покров США*) и Паленовой (2004) (лесной покров России**).

* Fitzjarrald D.R. et al. (2001) Climatic Consequences of Leaf Presence in the Eastern United States. Journal of Climate 14: 598–614.

** Паленова М.М. (2004) Общая характеристика видового и возрастного состава древостоев современных лесов, сс. 314–324 в “Восточно-европейские леса”, книга 1, отв. ред. О.В. Смирнова, Москва, Наука.

(Прогноз развития энергетики мира и России 2016). Возникает вопрос, реально ли такое кардинальное сокращение энергопотребления?

– Человек долгое время наращивал подудшее энергопотребление, так как вышел из своего естественного ареала, а вне этого ареала человеку холодно, негде жить, негде взять одежду, нечего есть. Либо погибнуть, либо наращивать энергопотребление до тех пор, пока не будут покрыты все перечисленные нужды. В развитых странах, где эти базовые потребности удовлетворены, потребление энергии на душу населения больше не растёт. Поэтому современный рост энергопотребления в первую очередь отражает рост численности населения, который напрямую связан с разрушением ещё оставшихся нетронутых экосистем и заменой их на сельскохозяйственные угодья. Так что единственным решением проблемы является сокращение численности народонаселения.

– Чем, с вашей точки зрения, объясняется выход человека из своего естественного ареала?

– Человек не просто вышел из своего естественного ареала и захватил практически всю сушу, он продолжает попытки

экспансии в глубины океана и за пределы планеты. Экспансия – неотъемлемое свойство всего живого, но у крупных животных она приходит в конфликт с устойчивостью.

Управление окружающей средой возможно только при устойчивой, не распадающейся со временем генетической программе. Способностью к биотической регуляции обладает только неподвижная биота, образующая экосистему: растения, создающие органические вещества, богатые энергией, и грибы, и бактерии, разлагающие отмершие части растений на неорганические составляющие, образующие экосистему и замыкающие тем самым круговорот веществ.

Неподвижная биота покрывает сплошным непрерывным живым слоем всю площадь земной поверхности на суше (до образования пустынь животными и человеком). Она находится в условиях отсутствия изобилия пространства¹⁵, вещества и энергии. Поэтому организмы неподвижной биоты не могут увеличить свою численность – некуда и не из чего. Питается неподвижная экосистема только потоком солнечной радиации и отмершими своими частями. Живая биомасса неподвижной экосистемы остаётся без изменения и сохраняет неизменной во времени всю генетическую информацию об управлении окружающей средой. Если возникают внешние разрушения окружающей среды с уничтожением неподвижной биоты, за кратчайшие сро-

ки после разрушений неподвижная экосистема восстанавливается. Это и есть биотическая регуляция окружающей среды¹⁶.

Передвигающиеся животные разрушают неподвижную биомассу, управляющую окружающей средой. Это передвижение и разрушение биомассы растений вызвано тем, что потребление пищи на единицу площади проекции животного на земную поверхность в тысячи раз превосходит продукцию органического вещества растениями. Животные не имеют и не могут иметь генетической информации об управлении окружающей средой, потому что не могут быть распластаны в неподвижном живом слое и одновременно присутствовать во всех областях своей кормовой территории. Поэтому все животные являются паразитами неподвижной экосистемы, приготавливающей для них пригодную для жизни окружающую среду.

Цивилизация старается не допускать, чтобы бандиты и гангстеры, отнимающие у трудового населения производимую ими продукцию, потребляли значительную часть полной продукции цивилизации. Естественная биота поступает точно так же. В генетической программе всех естественных животных (но не культурных пород и сортов) записано единственное условие сохранения биотической регуляции и жизни. Согласно наблюдениям, в ненарушенных устойчивых экосистемах суши крупные животные в совокупности потребляют не более 1% продукции неподвижной экосистемы¹⁷. Эта величина соответствует естественным нарушениям неподвижной экосистемы (извержениям вулканов, ветровалам, половодьям). Это условие задаёт строго определённую кормовую территорию

¹⁵Отсутствие изобилия пространства подразумевает, что всё доступное для жизни пространство занято. Растительность захватывает всё трёхмерное пространство вблизи земной поверхности (у деревьев это корни в почве и крона, поддерживаемая стволом в воздухе на высоте до нескольких десятков метров). Невозможно добавить другое растение на территорию, занимаемую другим растением. Передвигающиеся же животные существуют в условиях изобилия пространства: на индивидуальной кормовой территории, занимаемой одним животным, может разместиться большое количество таких же животных.

¹⁶Искусственно разреженный древостой в Финляндии и Швеции, удобный для использования лесопромышленности, не способен к управлению окружающей средой.

¹⁷Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Li B.-L. (2004) Body size, energy consumption and allometric scaling: a new dimension in the diversity-stability debate. *Ecological Complexity*, 1, 139–175. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2004.02.003>

животного, отточенной по величине за сотни миллионов лет эволюции¹⁸.

Все виды биоты производят потомков с нормальной и распавшейся в соответствии с временем полураспада генетической программой. Распадные особи с неправильной программой удаляются из популяции. Все территории ареала должны быть заняты нормальными особями. Для распадных особей места не должно оставаться. Это условие выполнено только для организмов неподвижной экосистемы.

Для животных, живущих в изобилии биомассы, пищи и пространства на кормовой территории, существует труднопреодолимая неустойчивость по отношению к росту численности особей на кормовой территории и уничтожению всей живой биомассы (гибели животных вместе с неподвижной экосистемой) в ареале этих животных.

Таким образом, животные существуют в тисках двух противоречащих друг другу требований, записанных в их генетической программе. Это, с одной стороны, ограничение потребления продукции неподвижной экосистемы величиной порядка 1%. С другой стороны, это необходимость ликвидации существующего изобилия пищи, вещества и энергии. Выполнение обоих этих требований, гарантирующих устойчивое существование вида животного в экосистеме, осуществимо лишь в пределах ограниченного естественного ареала (карты распространения вида).

При любых естественных разрушениях частей ареала нормальным особям необходимо в кратчайшие сроки заполнить ареал, не допустив распространения в нём распадных особей с искажённой генетической программой. Это достигается экспансией популяций, увеличением рождаемости, ликвидацией изобилия пространства в образовавшейся

части ареала и быстрым возвращением к нормальной рождаемости, стационарно компенсируемой смертностью.

Благодаря дополнительному энергопотреблению (сжиганию биомассы деревьев) человек не вымер, выйдя за пределы своего естественного ареала. Вне этого ареала генетическая информация об ограничении потребления в естественном ареале утратила смысл. Осталась активизированная только вторая часть генетической программы – необходимость экспансии. Именно она стоит за попытками человека освоить всю земную поверхность, проникнуть в глубины океана и космоса.

– Таким образом, вы полагаете, что сокращение глобальной численности населения – единственный способ избежать планетарного экологического коллапса?

– Как мы обсудили выше, человек – крупное передвигающееся животное, генетически запрограммированное на разрушение живой биомассы. Несмотря на свою отличительную особенность – способность к накоплению и передаче другим поколениям культурной информации – человек, как и остальные животные, не обладает информацией об управлении окружающей средой. Разрушительная роль таких животных в биосфере может быть ограничена единственным способом – уменьшением их численности. У человека, как и у других животных, нет как такового биологического инстинкта к продолжению рода. Есть инстинкт спаривания, за которым в природе неизбежно следует рождение потомства. Генетическая программа заботы о потомстве не активируется до появления потомства. Поэтому люди испытывают физические страдания, не имея возможности заниматься сексом, но не от отсутствия деторождения. В силу этих биологических особенностей человека распространение контрацептивов и привело к добровольному глобальному падению рождаемости.

Именно с добровольным сокращением рождаемости связан единственный

¹⁸ Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Li B.-L. (2005) *Why do population density and inverse home range scale differently with body size? Implications for ecosystem stability. Ecological Complexity, 2, 259–271. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2005.04.006>*

оптимистичный сценарий развития нашей цивилизации. Можно надеяться на то, что окружающая среда и климат Земли не успеют необратимо разрушиться, пока население сокращается до экологически приемлемой величины (то есть на два порядка).

Если рост населения не заменится его добровольным сокращением, реализуется пессимистичный сценарий развития нашей цивилизации с ядерной войной, коллапсом наземных и океанических экосистем и полным вымиранием человечества вместе с остальными крупными передвигающимися животными. Восстаноят ли одноклеточные организмы биотическую регуляцию после этой катастрофы, узнать будет некому.

– **Вернёмся к лесам и биотическому насосу. Опишите, пожалуйста, ключевые моменты новых научных результатов, отмеченных в Открытом письме (см. вводную часть интервью).**

– Новое можно понять на основе старого. В качестве основной причины возникновения ветра в метеорологии рассматривается горизонтальный градиент температуры. Давление тёплого воздуха с высотой убывает медленнее, чем давление холодного. Если мы нагреем какую-то область у земной поверхности, в верхних слоях атмосферы над ней образуется избыточное давление, и воздух вверху начнёт оттуда уходить. Давление на поверхности Земли не зависит от температуры и равно весу атмосферного столба. Поэтому, как только воздух вверху уйдёт из нагретой области, давление у поверхности упадёт. В образовавшуюся область пониженного давления начнёт поступать воздух из близлежащих более холодных областей. Для замыкания циркуляции в тёплой области воздух должен подниматься, а в холодной – опускаться. Эта картина не позволяет количественно оценить мощность образовавшейся циркуляции. При заданных градиентах давления для определения скорости ветра необходимо знать силу турбулентного трения. Общей теории атмо-

ферной турбулентности не существует. Поэтому параметры турбулентности в моделях атмосферной циркуляции подгоняются так, чтобы наблюдаемые горизонтальные градиенты температуры генерировали наблюдаемые ветры. При этом возникают множественные нестыковки, указывающие на то, что основная физическая идея неверная.

Новая картина состоит в следующем. На горизонтальных масштабах, превышающих высоту атмосферы, основной вклад в трение на земной поверхности вносит вес атмосферного столба, по аналогии с трением покоя¹⁹. Простыми словами, самое “трудное” – “оторвать” воздух от земли, чтобы он начал подниматься. Во влажной атмосфере при конденсации возникает некомпенсированный вертикальный градиент давления, связанный с исчезновением водяного пара из газовой фазы (в первых работах мы назвали его “силой испарения”). Сила испарения направлена вверх и работает против силы трения, позволяя влажному воздуху относительно легко подниматься. В сухом воздухе сила испарения отсутствует, и трение покоя препятствует возникновению циркуляции. Таким образом, при одних и тех же градиентах давления (какова бы ни была их природа) циркуляция во влажном воздухе оказывается по крайней мере на порядок интенсивнее, чем в сухом. Предсказанием этой теории является утверждение о том, что мощность ветровой циркуляции должна быть пропорциональна мощности осадков.

В наших первых работах мы описали силу испарения, используя фундаментальные атмосферные параметры (высоты распределения воздуха и водяного пара). В последующих работах мы показали, что наблюдаемая мощность ветровой циркуляции как в глобальном масштабе, так и на масштабе конденсационных вихрей (ураганов и торнадо),

¹⁹ Makarieva A.M., Gorshkov V.G. (2009) Condensation-induced dynamic gas fluxes in a mixture of condensable and non-condensable gases. *Physics Letters A* 373: 2801–2804.

хорошо согласуется с предсказаниями новой теории. Альтернативной теоретической оценки мощности глобальной циркуляции в метеорологической литературе нет.

Из этой новой физической картины следуют важные для человечества следствия. Поскольку лес эффективно запасает влагу в почве и интенсивно её испаряет, воздух над лесом всегда влажный и, следовательно, легко поднимается (так как при подъёме происходит охлаждение и конденсация). Этот подъём компенсируется притоком влажного воздуха из близлежащих областей, например, с океана. Приносимая с океана влага выпадает в виде осадков над лесом и компенсирует речной сток. Таким образом, пока есть лес, идёт дождь, и текут реки. Можно сказать и так: чтобы ходить, необходимы ноги, чтобы летать – крылья, а чтобы распространить жизнь из океана вглубь суши, биоте нужно было создать леса. Если лес исчезнет, то круговорот воды на суше станет в среднем на порядок менее интенсивным, а в глубине суши прекратится вовсе. Это утверждение также является новым. Оно составляет суть концепции биотического насоса атмосферной влаги (лесного насоса)²⁰.

– В ваших расчётах указывается, что запас пресной воды на суше может стечь в океан через речной сток за 4 года, если не будет восполняться. Традиционно считается, что ветер приносит влагу на сушу в количестве, не зависящем от присутствия или отсутствия леса. Согласно вашей теории, биотический насос обеспечивает постоянный приток влаги и равномерное распределение осадков на территориях, удалённых на тысячи километров от океана. Каким образом работает лесной насос и что способствует перемещению водяного пара на такие расстояния?

– Глобальные оценки запасов пресной воды на суше и речного стока впервые были проведены российским гидрологом Марком Исааковичем Львовичем. Эти оценки впоследствии неоднократно уточнялись и в настоящее время хорошо известны специалистам, так что это не наш результат. Интересно, что время оборота пресной воды на суше (то есть отношение запаса воды к речному стоку) имеет тот же порядок величины (несколько лет), что и время оборота атмосферного углерода через продукцию биоты (запас 700 Гт С при потоке 100 Гт С/год).

Лес способен управлять испарением, конденсацией и переносом водяного пара из области испарения над океаном в область конденсации над лесом (см. ответ на предыдущий вопрос). Стягивая водяной пар, испарившийся над океаном, лес уносит с океанов энергию, необходимую для возникновения ураганов и распределяет эту энергию на осадки и ветер над лесом, компенсируя речной сток в океан. Процессы в биоте на много порядков величины сложнее любых геофизических процессов. Описать в деталях биофизику действия биотического насоса вряд ли когда-либо удастся. Поэтому указание на существование биотического лесного насоса может быть получено из непосредственных наблюдений за распределениями осадков, ветров, давления и температуры над лесом, океанами, соприкасающимися с речными лесными бассейнами и лишёнными леса территориями суши. Это сделано нами для основных глобальных территорий суши и океанов. Мы указываем, что сплошной ненарушенный лес зрелых высоких деревьев, покрывающий несколько миллионов квадратных километров, обладает возможностями 1) увеличивать испарение в десятки раз по сравнению с открытой поверхностью океанов, 2) распределять осадки испарившейся влаги с помощью регуляции давления и ветра, вызываемых конденсацией и испусканием биологических

²⁰ Gorshkov V.G., Makarieva A.M. (2007) Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. *Hydrology and Earth System Sciences* 11: 1013–1033.

аэрозольных ядер конденсации²¹, 3) устранять возникновение ураганов и смерчей с помощью регуляции сопротивления ветру листового покрытия древесных крон высоких деревьев и множеством других особенностей леса, которые пока неизвестны.

– Как показали ваши работы, уничтожение лесного покрова береговой полосы свыше 600 км обрывает действие лесного насоса, и осадки в глубине континента перестают компенсировать речной сток. Почему же тогда Западная Европа, на 9/10 лишившаяся своих естественных лесов, не подверглась опустыниванию?

– Западная Европа не является естественным ареалом вида *Homo sapiens*. Освоение чужих ареалов (ареал – это карта обитания вида) стало возможным только благодаря использованию древесины леса для отопления, постройки домов и приготовления пищи. Без уничтожения лесов человек не смог бы выйти из своего ареала. Почему Западная Европа стала “колыбелью цивилизации”? Потому, что до человека это была самая богатая жизнью, устойчивым климатом, влагооборотом область на всей планете. После уничтожения лесов, осадки влаги, испарившейся в океанах, перестают поступать в глубины континента и выпадают на прибрежной полосе, вызывая наводнения, чередуемые с засухами. Биота суши теряет над ними управление. На островных государствах (Ирландии, Англии) после полного уничтожения лесного покрова осадки остаются под властью “прихотей” океанов.

Западная Европа, благодаря Средиземному морю, по сути является островным государством и страдает то от наводнений, то от засух. Она не стала пустыней из-за существования Евразийского лесного пояса России, засасыва-

ющего влагу, в основном, с Атлантического океана через Западную Европу. Уничтожение лесов России скажется, в первую очередь, на климате Западной Европы. Последняя должна была бы быть крайне заинтересована в сохранении российских лесов.

Леса необходимо защищать для сохранения осадков и рек, и регуляции климата. Лес это не возобновляемый “ресурс” биосферы, не запас углерода древесины, пригодной для использования человеком. Лес не источник кислорода. Кислород атмосферы имеет массу, в тысячу раз большую массы всего органического углерода в лесах. Кислород атмосферы не может управляться биотой и человеком. Даже если будет сожжена вся биомасса лесов и всего ископаемого топлива, включая каменный уголь, масса кислорода в атмосфере изменится не более чем на 1% (это однозначно следует из наблюдаемого количества кислорода в атмосфере и органического углерода в ископаемом топливе). Это меньше величины разницы концентрации кислорода между Петербургом и Москвой, определяемой разницей в атмосферных давлениях. Кислород регулируется водной биотой только в растворённом виде в океанах, озёрах и реках.

– В каких регионах проводилась количественная оценка климатического влияния лесов, и каковы основные результаты?

– Мы продемонстрировали воздействие лесов на наблюдаемые осадки в Евразийском лесном поясе длиной 7 тыс. км и шириной более 1 тыс. км, в Амазонии и Конго, в Австралии, в Канаде и на Аляске²². Показано, что летом евразийский лес стягивает осадки с океанов. Осадки в океанах летом меньше, чем над лесом. Зимой, когда лес не активен, наоборот. Зимний

²¹ Muller A. et al. 2017 Evidence of a reduction in cloud condensation nuclei activity of water-soluble aerosols caused by biogenic emissions in a cool-temperate forest. Scientific Reports URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08112-9>

²² Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Li B.-L. (2013) Revisiting forest impact on atmospheric water vapor transport and precipitation. Theoretical and Applied Climatology 111: 79–96. URL: <https://dx.doi.org/10.1007/s00704-012-0643-9>

лесной покров подобран так, чтобы осадки в виде снега были оптимальны, вплоть до весны и паводков. То же в Амазонии и Конго, в Канаде и на Аляске. В Австралии осадков над сушей всегда намного меньше, чем над океаном и в сухой, и в относительно влажный сезоны.

– К чему приведёт дальнейшее игнорирование определяющей роли ненарушенных экосистем Земли в поддержании устойчивости окружающей среды и климата?

– К разрушению пригодной для жизни человека окружающей среды. Разрушение лесов приведёт к разрушению круговорота воды на суше, полному опустыниванию и прекращению жизни на суше. Жизнь может сохраняться только в прибрежных областях суши, граничащих с мировым океаном. При современной эксплуатации лесов это может произойти в течение столетия.

Климат Земли, пригодный для жизни в океане, может сохраниться из-за невозможности разрушения биотической регуляции окружающей среды океана ничтожным по величине биомассы фитопланктоном, недоступным для поедания крупными животными и человеком.

– Какие первоочередные меры позволят снизить наносимый ущерб природным экосистемам?

– Первоочередные меры должны быть направлены на сохранение лесов мира с полной ликвидацией лесопромышленности в них (с переводом производства древесины на плантации) и запретом проведения дорог через леса, запретом средств технического передвижения по лесным рекам и по воздуху над лесом. Леса должны быть доступны только для естественной, немоторизованной рекреации. Необходимо, чтобы средства массовой информации формировали представления о непрестижности занятости в любых отраслях, связанных с уничтожением лесов.

Важная задача – повышение образованности людей в области знаний о природе, лишь в этом случае такие меры будут поддержаны и населением, и руководителями государств. Наша глобально скоррелированная цивилизация²³ подобна многоклеточному организму, который пытается регулировать свою внутреннюю среду, а взаимоотношения с внешней средой свёл к поглощению ресурсов и выбросу экскрементов. Специалистов, имеющих общее представление об окружающей среде и биосфере и принципах её функционирования, просто нет. Подобно узкоспецифичным клеткам тела животного, современные эксперты обладают знаниями лишь в какой-то одной области. Необходимо прорваться через границы этих областей и сформировать компетентное сообщество учёных-универсалов²⁴. Нельзя не отметить такие усилия в России, в частности, организацию нового международного журнала Russian Journal of Ecosystem Ecology (главный редактор Ольга Всеволодовна Смирнова). Цель журнала – способствовать изучению функционирования экосистем во всей его полноте.

Нам удалось сформировать международную научную группу из выдающихся специалистов, заинтересовавшихся идеями биотической регуляции. Это небольшая, но очень активная группа. Например, наш соавтор профессор Антонио Донато Нобре из Бразилии ведёт активную общественную образовательную деятельность с использованием наших общих результатов. Сейчас он участвует в подготовке общественного иска граждан Бразилии к правительству, которое

²³ *Некоторые аспекты глобальной скоррелированности нашей цивилизации входят в понятие "глобализации"; людей, протестующих против неё, называют антиглобалистами.*

²⁴ *Помимо этого, распространение компьютерных моделей и распределение грантов на основании цитируемости в естественных науках привели к частичному вытеснению научных исследований профанацией.*

своими действиями по уничтожению лесов и распродаже ресурсов ставит под угрозу выживание страны как таковой. Мы полагаем, что, несмотря на все трудности, идеи биотической регуляции будут распространяться, этому может

способствовать любой человек. Наш сайт www.bioticregulation.ru, телеграм канал @bioticregulation.

**Беседу вел
кандидат технических наук
А.Б. АНАПОЛЬСКИЙ**

Российская конференция по теплофизическим свойствам веществ РКТС-15

Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН) с участием Московского энергетического института (Национальный исследовательский университет), Московского физико-технического института (государственный университет) и Национального исследовательского технологического университета (МИСиС) с 15 по 19 октября 2018 года проводят Российскую конференцию по теплофизическим свойствам веществ РКТС-15 (с международным участием) и Международную научную школу молодых ученых и специалистов на базе ОИВТ РАН, МФТИ, МЭИ и МИСиС.

Научная программа конференции предусматривает пленарные доклады приглашенных докладчиков и секций по направлениям:

- уравнения состояния, фазовые переходы и критические явления;
- транспортные, оптические и радиационные свойства веществ;
- термодинамические свойства веществ в конденсированном состоянии;
- теплофизические свойства веществ при высоких температурах;
- экстремальные состояния вещества;
- базы данных по теплофизическим свойствам веществ;
- наноматериалы, наножидкости, межфазные явления;
- техника теплофизических измерений;
- компьютерное моделирование в теплофизике;
- теплофизические свойства материалов для ракетно-космической отрасли и атомной энергетики;
- теплофизические свойства нефтей, газовых конденсатов, газогидратов и природного газа.

Веб-сайт: www.ihed.ras.ru/rctp2018

E-mail: rctp2018@ihed.ras.ru

Телефоны:

7 (495) 485-10-00

(Морозов Игорь Владимирович, ученый секретарь)

7 (495) 485-96-66

(Терешонок Дмитрий Викторович, председатель лок. оргкомитета)

Адрес для корреспонденции:

125412, ОИВТ РАН, Россия, Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2

ЭНЕРГИЯ ENERGY

ЭКОНОМИКА · ТЕХНИКА · ЭКОЛОГИЯ

5'2018

Ежемесячный научно-популярный
и общественно-политический
иллюстрированный журнал
Издаётся с января 1984 г.

© Российская академия наук, 2018 г.
© ФГУП «Издательство «Наука»
© Составление. Редколлегия журнала
“Энергия: экономика, техника,
экология”, 2018 г.

2

В. М. ЗАЙЧЕНКО

Энергетическая утилизация
отходов – приоритетное
направление создания
энергоэффективной экономики

7

П. Ю. МИХЕЕВ

Эксергия и устойчивое
развитие

15

Г.А. ГУХМАН

Качество окружающей среды
при современных уровнях
нагрузки на неё

23

**Окружающая природная среда
потеряла устойчивость
и стремительно разрушается...**
(беседа корреспондента журнала
А. Б. Анапольского
с В. Г. Горшковым и А. М. Макарьевой)

42

ПРЕСС-КЛИП

44

Н. Н. ПРОХОРЕНКО

О старушке ректификации

49

АЛЕКСАНДР ОРЛОВ

“Зелёная” энергетика России
растёт количественно
и качественно

53

ВАДИМ КИРИЛЛОВ

Износ электросетевой
инфраструктуры в России.
Масштабы и перспективы...

58

**Применение спутниковой связи
для управления и мониторинга
подстанций**

60

А. Г. ВАГАНОВ

От квантовой телепортации –
к машине времени

65

Р. Н. ЩЕРБАКОВ

Ньютон и его картина мира

76

АНДРЕЙ МОРОЗОВ

Потерянная Луна



Москва
2018

Журнал издаётся под руководством
Президиума Российской академии наук