



O.M., Renssen, H., Van der Plicht, J., Dergachev, V.A., Meijer, H.A.J., 1999. The role of solar forcing upon climate. *Quaternary Science Review* 18, 331-338. **35.** Varushchenko, S.I., Varushchenko, A.N., Klige, R.K., 1987. Changes in the regime of the Caspian sea and closed basins in time. Moscow, Nauka, 240pp. (in Russian). **36.** Vasiliev, S.S., Dergachev, V.A., 2002. The ~2400 year cycle in atmospheric radiocarbon concentration: bispectrum of  $^{14}\text{C}$  data over the last 8000 years. *Annales Geophysicae* 20, 115-120. **37.** Velichko, A.A., Klimanov, V.A., Belyayev, A.V., 1988. Reconstruction of Volga discharge and water balance of the Caspian at the Eemian and Holocene Climatic Optima. *Bulletin of the Moscow State University, Geographical Series*, Vol. 1, 1988, pp. 27-36 (in Russian). **38.** Vonhof, H., Kasatenkova, M.S., Kasimov, N.S., Kroonenberg, S.B., Lychagin, M.Yu., Slobodyan, V.Yu., 2004. Isotopic composition of biogenic carbonates and Holocene paleogeographic reconstructions of the western Caspian seashore. *Doklady Earth Sciences* 394, 145-147. **39.** Yanina, T.A., Svitoch, A.A., Wesselingh, F., 2005. Mollusc assemblages from Holocene Turali reference section of Caspian, Daghestan. *Bulletin of Moscow Naturalists Association, Geological Series* 80 (1), 56-65 (in Russian). **40.** Zubakov, V.A., Borzenkova, I.I., 1990. *Global Paleoclimate of the Late Cenozoic*. Elsevier, Amsterdam, p. 456.

УДК 504.75.062

## **ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ГЛОБАЛИЗАЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА**

© 2008. **Мунин П.И., Кочуров Б.И.**

Институт географии РАН, Евразийский центр устойчивого развития МГАДА

Исследования, сочетающие социальный, экономический и экологический контент, обнаруживают общность области приложения и цели, образ которой скрыт за термином «устойчивое развитие». Применение «информационного подхода» позволяет раскрыть этот образ наиболее полным образом. Полученные результаты представлены в виде мультипликативного индекса развития, отражающего геоинформационный баланс территориальной единицы.

The researches combining a social, economic and ecological content, find out a generality of appendix area and global purpose. This purpose image is hidden behind the term "sustainable development". These restrictions are presented as the multiplicative index of the development. This index is reflecting an information balance of a territory.

**Ключевые слова:** геоинформатика, устойчивое развитие, глобализация

**Введение.** Термин «устойчивое развитие» по изначальному определению, данному Комиссией Брундланд [28], звучащему в оригинале как «development that meets the needs of the present without compromising the ability of the future generations to meet their own needs», имеет явный социально ориентированный смысл. Однако если вспомнить, что природные «ресурсы – это нечто, извлекаемое нами из природной среды, для удовлетворения своих потребностей и желаний» [11. С. 26], то его экологичность становится явной.

Такой вывод совпадает с мнением определенной части ученых о том, «что не существует внутренней методологической разницы между научным познанием человеческих явлений и научным познанием физических явлений» [3. С. 128].

Практическое признание внутреннего единства социума и природной среды в нашей стране обрело законодательную основу, например, в «Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию», где утверждается, что «улучшение качества жизни людей должно обеспечиваться в <...> пределах хозяйственной емкости биосферы <...> выполнение этих условий гарантирует сохранение нормальной окружающей среды и возможность существования будущих поколений людей» [18].



Более того, если исходить из получающей все большее распространение в мире концептуальной модели устойчивого развития (рис. 1), вывод об основополагающей и определяющей роли окружающей природной среды может быть распространен не только на социальные явления, но и на экономику в целом.

На этом рисунке представлены три основные области человеческой активности: социальная, экономическая и экологическая (окружающая среда), образующие в местах пересечений два типа междисциплинарных направлений исследований.

К первому «двойному» типу относятся шесть направлений, известных под названиями: «Экологическая экономика», «Социальная экономика», «Экономическая экология», «Социальная экология», «Экономическая социология» и «Экологическая социология».



**Рис. 1. Концептуальная модель устойчивого развития [17]**

Направления второго типа, названные областью «устойчивого развития», соответствуют «тройному пересечению». Таких направлений также шесть. Их наименования, соответствующим образом сгруппированные, представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Наименования «тройственных» направлений исследований**

№	Наименование направления исследований			Существующий уровень
1.	Социально-экономическая	}	экология	Глобальная экология
2.	Экономико-экологическая			
3.	Эколога-экономическая	}	социология	Информационное общество
4.	Экономико-экологическая			
5.	Эколога-социологическая	}	экономика	Глобальная экономика
6.	Социально-экологическая			

В последней графе этой таблицы отмечен примерный существующий уровень «тройного» синтеза представлений в области экологии, социологии и экономики. И, если «информационное общество» и «глобальная экономика» находятся еще в процессе становления, то *глобальная экология* уже основательно разработана.

В связи с последним становится понятной изначальная ориентация исследования проблем устойчивого развития в направлении перехода от *социально-экономических* реалий к синтезу более



сложных социально-экономико-экологическим представлений. Вот почему социально-экономическую экологию, а вместе с ней и социально-экономическую географию, можно рассматривать как естественную основу для изучения проблем междисциплинарного направления, скрытого за термином «устойчивое развитие», актуальность которого подчеркнута решением ООН, объявившей десятилетие 2005-2014 гг. «Декадой образования для устойчивого развития».

**Трудности синтеза теории устойчивого развития.** Несмотря на достигнутый в настоящее время уровень понимания, существуют определенные трудности на пути синтеза социальных, экономических и экологических знаний в обобщенную теорию «устойчивого развития». Камнем преткновения на пути ее создания служат как «неопределенность соотношения понятий «устойчивость и изменчивость», так и «неопределенность прогностического времени» [4. С. 19-20]. И, скорей всего, именно по этой причине «устойчивое развитие» продолжает вызывать противоречивые мнения, в которых отражаются те или иные «отраслевые» предпочтения.

В целом создается впечатление, что проблема создания теории устойчивого развития подпадает под действие теоремы Курта Геделя «О неполноте ...». Согласно этой теореме в рамках достаточно богатого класса представлений, например, социально-экономико-экологическом множестве знаний, могут быть сформулированы истинные положения, например, такие как «устойчивое развитие», **недоказуемые** в этом классе. Их доказательство лежит за пределами данного множества. Вот почему в поисках путей создания обобщенной теории и универсального определения устойчивого развития необходимо выйти за пределы социальной, экономической и экологической отраслей знаний.

Такой выход может быть осуществлен, по крайней мере, двумя способами. Один из них, если исходить из когнитивно-психологических особенностей создания отраслевых знаний, содержащих обязательное *определение* изучаемого предмета, состоит в упреждающем его переходе к *неопределенности*, перед лицом которой человечество вновь оказалось в конце XX века [27]. Это позволяет придать последующим построениям предельную независимость и *универсальность*.

Второй способ, если исходить из пространственных представлений, свойственных естественным наукам, включая географию, сводится к выходу на границу экосферы, имеющей две ипостаси – внешнюю и внутреннюю (рис. 1).

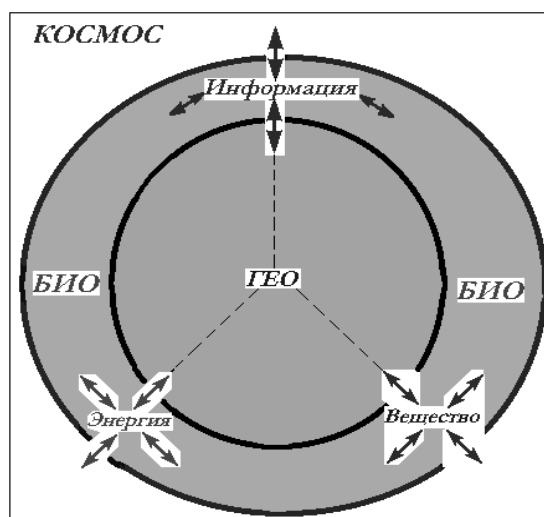


Рис. 1. Экосфера Земли

Внешняя часть этой границы пролегает в верхних слоях атмосферы, а внутренняя проходит где-то в зоне метаморфизации «былых биосфер» [9]. И, если правила описания обмена веществом и энергией между экосферой и окружающей ее средой, основанные на законах сохранения, достаточно развиты [5], то информационный обмен по сути только декларирован в виде соответствующих «направле-



ний». Это и понятно, поскольку отсутствует описание интерфейса и протокола такого обмена. Иными словами, попытки объясниться с природой, например, на языке денег наталкиваются на барьер неопределимости стоимости природных ресурсов. Подобный же барьер отчужденности возникает при отнесении социальных явлений к автомоделным [7], что приводит к парадоксальной независимости, например, темпа роста численности населения мира от мира в целом.

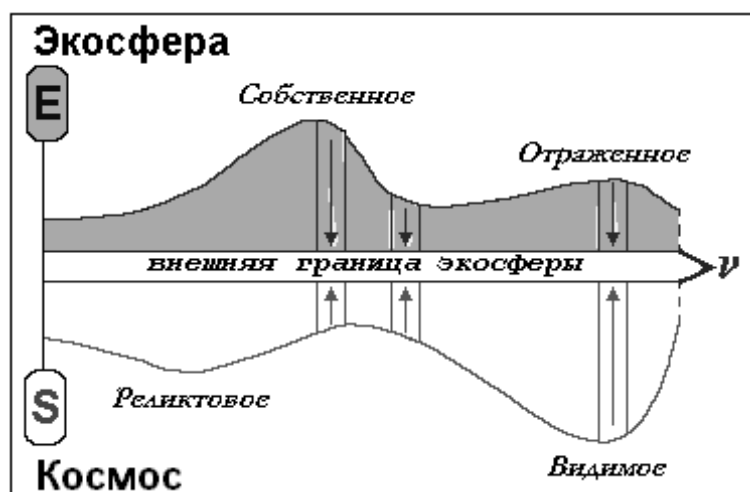
В связи с этим, основываясь на известном высказывании Н. Винера о том, что «информация есть информация, а не материя и не энергия», исходящем, в частности, из безуспешности многочисленных попыток связать информацию с привычными понятиями материи и энергии, а также с энтропией [20. С. 11], можно считать проблему информационного обмена и собственно информации, подпадающими под действие все той же теоремы «О неполноте ...». Внешним проявлением этого действия служит практически безграничное число существующих и множачихся определений понятия «информация»: целая коллекция таких определений собрана в книге [10]. И, следовательно, для отыскания правил информационного обмена также требуется выйти за пределы этих понятий, что в целом ведет к *неопределенности*, возникающей где-то на границе.

**Геоинформационный подход в экологии.** Выход к внешней границе экосферы, осуществленный в глобальной экологии [1], переводит решение возникшей проблемы в область изучения энергетического баланса Земли и ее частей. При этом считается, «что Земля находится в тепловом равновесии: приход тепла от Солнца уравнивается его потерей в космическое пространство» [19. С. 89].

С формальной точки зрения *тепловое равновесие* означает, что отношение площадей графиков, изображенных на рисунке 2 и соответствующих приходящему *извне* космическому излучению (S) и уходящему *вовне* земному излучению (E), включая отраженное солнечное, равно единице, а именно:

$$S/E=1 \quad (1)$$

Однако существуют явные различия, заключенные в *форме* спектров распределения энергии космической и земной радиации.



**Рис. 2. Модель распределения энергии в спектрах космической и земной радиации:**

E, S – земное и космическое излучения, соответственно;  $\nu$  – частота.

Если в качестве спектрального индикатора различия  $(I_\nu)$  в более узких, чем интегральный, диапазонах частот  $(\Delta\nu)$  по аналогии с (1) принять отношение спектральных плотностей космического  $(S_\nu)$  и земного  $(E_\nu)$  излучений, то:



$$I_v = S_v / E_v. \quad (2)$$

Тогда индекс, характеризующий разнообразие рассматриваемых спектров в целом и объединяющим спектральные индикаторы (2), может быть представлен как *мультипликативный индекс разнообразия* (МИР):

$$МИР = \prod_v \left( \frac{S_v}{E_v} \right). \quad (3)$$

Сомножители в (3), соответствующие спектральному распределению энергии космического и земного излучений варьируются в зависимости от частоты в широких пределах. В инфракрасной области, где преобладает собственное излучение Земли, они существенно меньше единицы, а в видимой – значительно больше.

Информационный смысл введенного таким образом индекса (3) проявляется, если его путем логарифмирования перевести в аддитивную форму, а именно:

$$\log(МИР) = \sum_v \log \left( \frac{S_v}{E_v} \right). \quad (4)$$

В таком виде  $\log(МИР)$  (4) пропорционален разности геоинформационных потоков, приходящих в биосферу *извне* и покидающих ее *вовне* [14. С. 8]. Причем оказывается, что современные *приходящие* информационные потоки преобладают над *уходящими*. И, следовательно, геоинформационный баланс – *положителен*.

При этом существует территориальная дифференциация указанного баланса между различными частями и участками экосферы. Так, инфобаланс «ночной» полусферы – отрицателен, а «дневной» – значительно выше нуля. Тем не менее, не все дневные территории находятся под воздействием избыточной информации. Некоторые из них, например, жаркая песчаная пустыня или холодное заснеженное плато имеют отрицательный инфобаланс. В первом случае в основном из-за высокой температуры подстилающей поверхности, во втором – из-за высокого альбедо и низкой температуры. На остальных территориях средние температуры и особенно альбедо существенно зависят от антропогенной деятельности и, следовательно, информационные балансы территорий в определенной мере регулируются людьми.

В целом биосфера и ее части находятся под постоянным «давлением» информационного дисбаланса и должны, следуя принципу Ле-Шателье, стремиться каким-либо образом его выравнять. Идеальным вариантом выравнивания служит равновесие, достигаемое путем установления функциональной зависимости между информационными потоками [14: 9].

В случае обеспечения «функционального» информационного равновесия любому разделению интегрального частотного диапазона на спектральные составляющие будет соответствовать значение мультипликативного индекса (3), равное единице.

Таким образом, когда устанавливается и детальное информационное, и тепловое равновесие, затраты поступающей извне энергии, отнесенные к максимальному разнообразию ответного излучения экосферы, достигают минимума. Иными словами, на обработку единицы приходящей информации в этом случае затрачивается минимум энергии и, следовательно, выполняется одно из необходимых условий «устойчивого развития», заключающееся в эффективной экономии природных ресурсов. Это минимаксное условие, состоящее в требовании использовать доступную энергию наилучшим образом, которое известно под названием «экоэффективность», может быть представлено в виде уравнения:

$$\prod_v \left( \frac{S_v}{E_v} \right) = 1. \quad (5)$$



В связи с уравнением (5) аббревиатура (*МИР*), во-первых, приобретает новый смысл как *мультипликативный индекс развития*. Во-вторых, этот индекс формализует применительно к экосфере, рассматриваемой в виде системы, известный кибернетический «закон необходимого разнообразия» [21. С. 293] в его предельной форме. И, в-третьих, становится понятной уместность перевода термина «sustainable development» как «устойчивое развитие», так как именно *минимизация* затрат ресурсов снижает темп роста и необходимым образом придает *устойчивость* процессу развития.

**МИР и ядерные испытания.** В свою очередь, для оценки уровня обеспеченности функциональной зависимости между геоинформационными потоками в пределах экосферы, если общество берет на себя такую обязанность и ответственность, необходимо включить в *МИР*, помимо природных, индикаторы всех известных процессов, то есть социальных и экономических, которые влияют или могут повлиять на *термодинамическое равновесие*.

По мнению Аурелио Печчеи, основателя Римского клуба, «в настоящее время мы начинаем осознавать человеческое общество и окружающую его среду как единую систему ... кибернетическим элементом эволюции нашей планеты является человек, способный активно воздействовать на формирование своего собственного будущего... при условии контроля над всей сложной системной динамикой человеческого общества в контексте окружающей его среды обитания» [16. С. 123].

Теоретические оценки диапазона возможностей биоты, включая человека, влиять на экосферные процессы простираются от «взмахов крыльев бабочки в Бразилии», которые могут изменить направление движения ураганов, до массированных и синхронных атомных бомбардировок, которые могли бы привести к катастрофическому изменению климата, то есть к «ядерной зиме» [12].

Таким образом, весь остальной спектр возможностей воздействия биоты, находящейся в интервале между слабыми насекомыми и сверхмощными армиями, видимо, имеет какой-то промежуточный эффект на климат. В XX веке, если судить по изменениям глобальной температуры (рис. 3), такие эффекты явно обнаруживаются в период индустриализации (1910-43 гг.), научно-технической революции (1943-80 гг.) и постиндустриального перехода, начавшегося примерно в 1980 г. и продолжающегося по настоящее время.

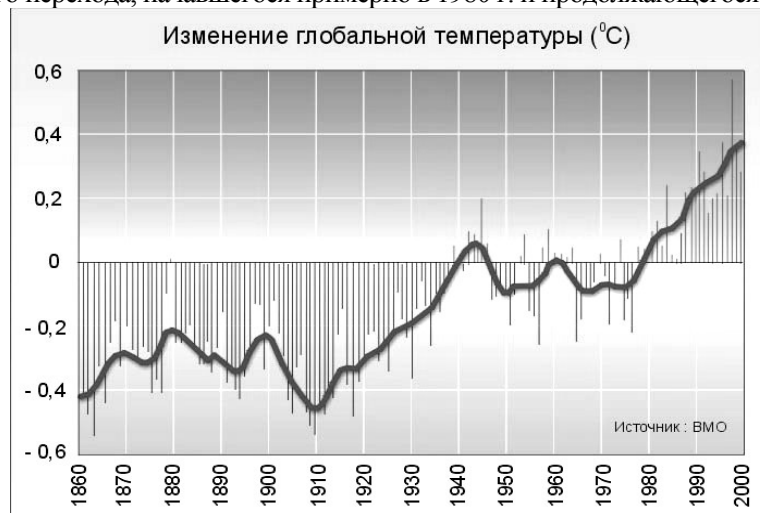


Рис. 3. Изменение глобальной температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ) [23]

Особый интерес вызывает период 1943-80 гг., когда был проведен уникальный социально-экономико-экологический эксперимент по освоению энергии атомных и термоядерных взрывов, произведенных в земных условиях. (У истоков этого эксперимента в России стоял В.И. Вернадский; Институт географии РАН также принимал активное участие в инициировании исследований в данном направлении в лице своего предшественника КЕПС).



Ядерные испытания (ЯИ) начались с наземного взрыва ядерного устройства близ городка Аламогордо в американском штате Нью-Мексико 16 июля 1945 г. Затем в августе 1945 г. по приказу американского президента Г. Трумэна были взорваны плутониевая и урановая атомные бомбы над японскими городами Хиросима и Нагасаки. И, если падение глобальной температуры с 1943 по 1945 гг. можно связать со взрывами обычного тротила, то последующее ее снижение обусловлено, скорее всего, атомными взрывами: Вторая мировая война уже подошла к концу.

Всего на нашей планете было проведено около 520 атмосферных ядерных испытаний, в том числе США и СССР – более чем по 210, Великобританией – 21, Францией – 50 и КНР – 23. Общее энерговыделение этих взрывов составило более 400 Мегатонн в «тротиловом эквиваленте». Характерной точкой на температурной кривой отмечен мораторий на ядерные испытания в 1959-60 гг., когда температура стала расти и достигла предвоенного уровня. Однако в сентябре 1961 г. по приказу президента Кеннеди первым подземным ядерным взрывом в штольне США начали очередную серию ЯИ. Ответом СССР послужила серия мощных воздушных взрывов, включая термоядерный мощностью в 50 миллионов тонн тротила, произведенный 30 октября 1961 г. США также провели серию ядерных взрывов в атмосфере. И температура вновь упала и сравнительно долго находилась на этом уровне.

Возникли обоснованные опасения в необратимости последствий столь массированных испытаний ядерного оружия, вылившийся в знаменитый сценарий «ядерной зимы» [12].

И в Москве 5 августа 1963 г. Советским Союзом, США и Великобританией подписан Договор «О запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой», вступивший в силу 10 октября 1963 г. Свои испытания ядерного оружия в атмосфере завершили: Великобритания – 23 сентября 1958 г., СССР – 25 декабря 1962 г., США – 9 июня 1963 г., Франция – 15 сентября 1974 г. и КНР – 16 октября 1980 г. [8].

К моменту последних испытаний уже набрали силу высокие технологии и началось наведение нового информационного порядка с помощью «электронных вычислительных машин», то есть индустриальными методами, и после 1980 г. глобальная температура возобновила свой «монотонный» рост, прерванный Второй мировой и «холодной» войнами.

Следует отметить, что довоенный рост глобальной температуры начался примерно в 1910 г., когда активизировался процесс замены мускульной силы животных, используемых людьми, на энергию угля, нефти и электричества.

Существенным отличием ЯИ от взрывов обычных химических «эквивалентов» служит мощное электромагнитное излучение и особенно загрязнение атмосферы Земли радиоактивными аэрозолями и газами. Последнее, в частности, можно идентифицировать как глобальное повышение уровня жесткой радиации. Тем более, что с вдыхаемыми радиоактивными газами этот уровень доносится кровью непосредственно в каждую клетку организма, то есть экоэффективность воздействий последствий ЯИ многократно возрастает и приобретает помимо глобальности еще и универсальный характер.

Вот почему внесение в *МИР* поправок, обусловленных последствиями «ядерных испытаний», требует учета именно универсальности воздействия, которое при глобально-экологическом подходе выпадает из рассмотрения.

**Оценка экоэффективности универсальных воздействий ЯИ.** Феномен ЯИ, статистические данные о которых в последнее время стали доступны широким слоям общественности, поражает своей запланированной регулярностью (рис. 4) и глобальной масштабностью настолько, что отпадает всякая мысль о его спонтанности. А долговременность всевозможных последствий этого феномена превращает его в стратегический фактор антропогенного воздействия на экосферу в целом, включая, естественно, и антропосферу с ее экономикой и населением.

Однако при всей своей устрашающей мощности ЯИ обладают несравненно большей экоэффективностью, то есть способностью воздействовать на экосферу, чем аналогичный «тротильный эквивалент». Это становится ясно из сравнения результатов изменения глобальной температуры в период Второй мировой войны и сразу же после ее окончания. Примерно 60 килотонн ЯИ оказали на климатическую систему Земли, если судить по темпу падения глобальной температуры (рис. 3), примерно



такое же воздействие, как регулярные усилия всех воюющих стран, направленные на разрушение существующего порядка в экосфере.

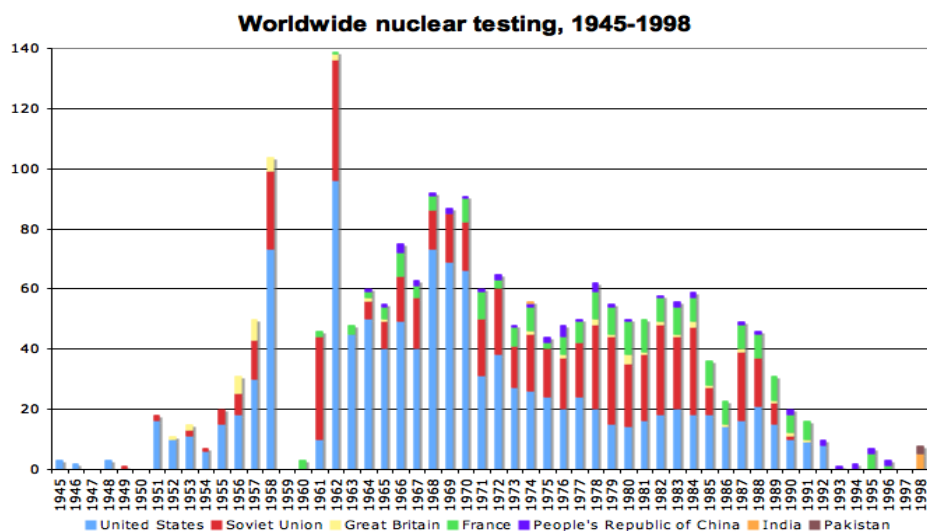


Рис. 4. Испытания ядерного оружия в мире, 1945-98 гг. [<http://upload...>]

Этот порядок, характеризуемый «довоенным» монотонным ростом глобальной температуры со скоростью  $\approx 0,015^\circ\text{C}/\text{год}$ , рухнул, но в 1980 г., когда фактически завершились ЯИ в атмосфере, был восстановлен, и глобальная температура продолжила свой рост примерно с той же скоростью.

Таким образом, изменения глобальной температуры ( $T_g$ ) служат индикатором направленности процесса наведения порядка. В свою очередь, мерой беспорядка, на фоне которого создается та или иная упорядоченность, служит, как известно, энтропия ( $S_e$ ).

Их сочетание, если представить экосферу в виде замкнутой системы, температура которой поддерживается постоянной за счет теплообмена с окружающей ее космической средой, приобретает вид произведения ( $T_g S_e$ ) в известной формуле для свободной энергии ( $F$ ), а именно:

$$F = U - T_g S_e, \quad (6)$$

где  $U$  – внутренняя энергия рассматриваемой системы.

И, поскольку полная энергия, высвободившаяся в результате ЯИ, не столь велика по сравнению с энергией угля, нефти и газа, использованной людьми за этот же период, то отмеченная эквивалентность говорит об «эффекте бабочки», заключающемся в слабом, но универсальном и глобальном воздействии изменившейся фоновой радиации.

Применительно к внесению соответствующих поправок в *МИР* последнее означает, что множитель, отвечающий за соотношение в -диапазоне, возрастает во много раз и требует для своей компенсации адекватной «информационной» реакции со стороны как экосферы в целом, так и антропосферы в частности.

Следует отметить, что эти компенсационные изменения в основном отражаются на процессе информационного обмена экосферы с недрами планеты. В связи с этим наиболее существенным изменениям в результате такого обмена подверглось население планеты.

**Информационно-демографическая модернизация населения мира.** Относительная стабильность глобальной температуры, а вслед за ней согласно модели (6) и энтропии, позволяет сделать вывод об индифферентности этих параметров к научно-техническому прогрессу и социально-экономическому развитию, то есть качественным изменениям характеристик антропосферы, имевшим место в





1945-80 гг. В то же время становится очевидным, что стабилизация температуры и энтропии служит необходимым условием обеспечения процесса глобального перехода к устойчивому развитию.

В связи с этим представляется весьма многообещающим предложение академика М. И. Будыко [2], получившее развитие в докладе международной группы экспертов «Изменения климата - 2007» [26], о регулировании глобального потепления путем намеренного рассеяния мелкой пыли в верхних слоях атмосферы, чтобы увеличить альбедо атмосферы Земли.

Последствиями такой терморегуляции не заставят себя ждать в росте свободной энергии и могут проявиться в ужесточении ураганов и других явлений, то есть в разрушении существующего порядка. Иными словами, начнется рост энтропии, который затем должен быть скомпенсирован посредством наведения «нового» порядка. И, если подобную регулировку производить согласованно и гармонично, чтобы обеспечить функционально связную перестройку процессов, то это может оказаться весомым (глобальным) вкладом в реализацию процесса перехода мирового сообщества к устойчивому развитию. В этом случае стабильность температуры может стать одним из основных индикаторов устойчивости такого перехода.

Тем не менее, теперь уже на уровне простой модели (6), глобализирующей результаты ЯИ, подтверждается «неполнота» термодинамических представлений и необходимость выхода за их пределы в поисках адекватного определения термина «устойчивое развитие».

Эти поиски применительно к глобальной демографической системе позволили обнаружить индикатор, непосредственно связывающий «информационную» реакцию экосферы в лице социума на изменения, возникшие из-за проведения ЯИ.

Таким индикатором оказался *темп роста численности населения мира*, так как с информационной точки зрения [22], информация  $(I)$ , которую приобретает каждый новый член сообщества, определяется по формуле:

$$I = \log_2 |N| \quad (7)$$

Следовательно, изменение информации  $(\Delta I)$  и численности  $(\Delta N)$  связаны между собой следующим соотношением:

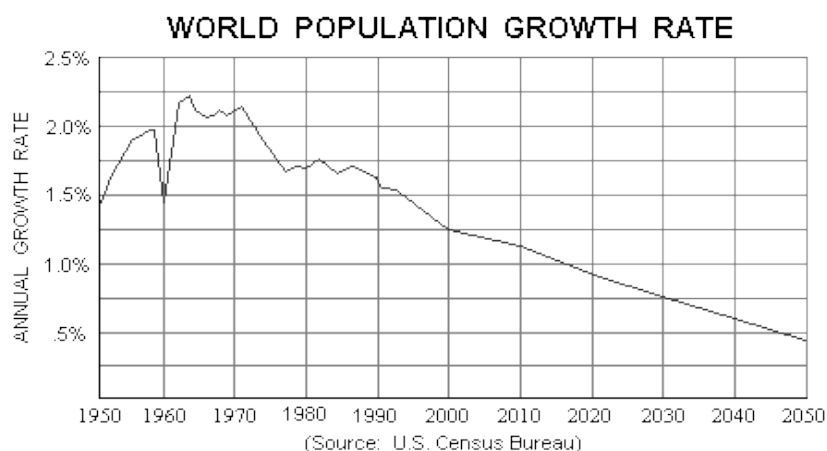
$$\Delta I \approx \frac{\Delta N}{N} \quad (8)$$

Эти изменения достигаются путем рецепции генетической информации каждым новым членом сообщества или потери ее за счет умерших.

Такой подход, во-первых, вполне согласуется с современными демографическими представлениями о том, «что человеческое общество представляет собой самоорганизующуюся сложную систему, постоянно перерабатывающую огромный объем информации. Эта информация отражает состояние внешней и внутренней среды системы и, благодаря наличию множества каналов прямой и обратной связи, корректирует поведение элементов системы. Какая-то часть общего потока информации относится к демографическому поведению и управляет им» [6. С. 546-547]. И, во-вторых, позволяет считать, что поток генетической информации, по крайней мере, новой «впадает» в сообщество извне с рождением его новых членов и «вытекает» вовне с умершими.

Следовательно, соотношение (8) можно трактовать как связь между потоком внешней информации  $(\Delta I)$ , пронизывающим социум, с темпом изменения численности  $(\Delta N/N)$ , отражающим реакцию социума на внешнее воздействие путем регулирования рождаемости и смертности.

Непосредственное измерение емкости указанного потока информации представляется затруднительным, но ее величину сравнительно легко оценить по известным демографическим данным об изменении темпа роста населения мира, например, в период так называемого «демографического взрыва» (рис. 5).



**Рис. 5. Темп роста численности населения мира [25]**

Из этого графика следует, что поток информации достиг своего максимума примерно в 1963 г., а затем пошел на убыль, когда был достигнут необходимый уровень прогресса и решили завершить ЯИ в атмосфере. Затем в основном началось тиражирование полученных результатов путем «глобализации».

Резкий провал темпа роста в 1959-60 гг, по мнению демографов, произошел из-за так называемого «Большого Скачка» в Китае, когда природные бедствия и снижение уровня сельскохозяйственного производства, произошедшие одновременно этой крупнейшей социальной реорганизацией, привели к резкому росту смертности и падению фертильности почти вдвое [25].

С информационной точки зрения в рассматриваемый период в Китае информации, рецептируемая на индивидуальном уровне в виде потока ( $\alpha$ ), перераспределилась между генетическим и «культурным» каналами (рис. 6):

Из-за повышения уровня «культуры» аграриев по выплавке чугуна генетический канал ( $\Delta N/N$ ) вынужден был довольствоваться меньшей емкостью (рис. 7), что, скорее всего, и привело к падению темпа роста численности населения Китая.

В наиболее острый период «демографического взрыва» темп роста численности населения мира вырос по сравнению с довоенным примерно в два раза, что совпадает с оценкой экоэффективности ЯИ как эквивалентной темпу индустриального перехода.

В целом емкость «генетического» канала современного мирового сообщества, находящегося на пути перехода к устойчивому развитию, все еще превосходит емкость «культурного» канала. Тем не менее, когда информационный баланс изменится в пользу последнего и численность населения стабилизируется, этот переход завершится и наступит «информационная эпоха».

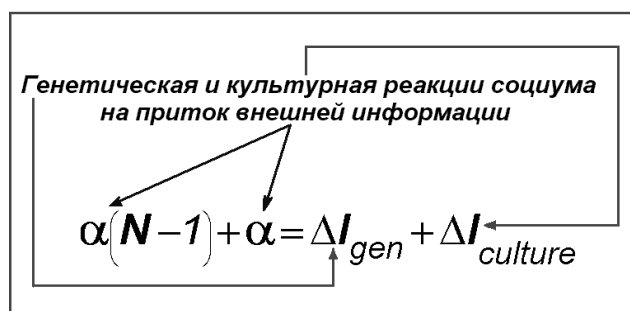




Рис. 6. Генетическая и культурная реакция социума на рецепцию информации

$$\alpha$$

$$\Delta I_{gen} = \alpha N - \Delta I_{culture} \quad \text{- баланс инфопотоков}$$

$$\alpha N - \Delta I_{culture} \approx \frac{\Delta N}{N} \quad \text{- инфообщество}$$

Рис. 7. Информационный баланс в современном обществе

И, как следствие, может быть выдвинута весьма необычная гипотеза о синхронистичности «демографического взрыва» и ЯИ, составлявшими военную и политическую сущность глобального Атомного проекта. Причем, если учесть дополнительно к инициированию взрывного роста численности еще и интенсификацию мутационного процесса с помощью ЯИ, эта гипотеза приобретет вид фантастической информационно-демографической модернизации населения мира путем направленной селекции.

**Информация, неопределенность и устойчивое развитие.** Индекс *МИР* был введен без учета пределов, ограничивающих возможность деления частотного диапазона солнечного излучения на узкие спектральные интервалы  $(\Delta \nu)$ . Аналогичное замечание, но применительно к возможности использования предельно коротких временных интервалов  $(\Delta t)$ , справедливо и для уравнения (8).

Эти пределы имеют фундаментальный смысл и могут быть представлены в виде, подобном соотношению неопределенностей [13], а именно:

$$\Delta t \times \Delta \nu \geq 1 \quad (9)$$

Соотношение (9) задает частотно-временную область определения всех реальных процессов, представленную на рисунке 8 в виде прямоугольного треугольника, гипотенузой которого служит прямая  $\Delta t = \Delta \nu^{-1}$ :

При этом минимальная величина произведения временного и частотного интервалов, входящих в соотношение (9), идентифицируется как единица информации – *бит*.

Эта единица информации обладает свойством индифферентности по отношению к знакам, образующих ее интервалов, а именно:

$$(-\Delta t) \times (-\Delta \nu) = (+\Delta t) \times (+\Delta \nu)$$

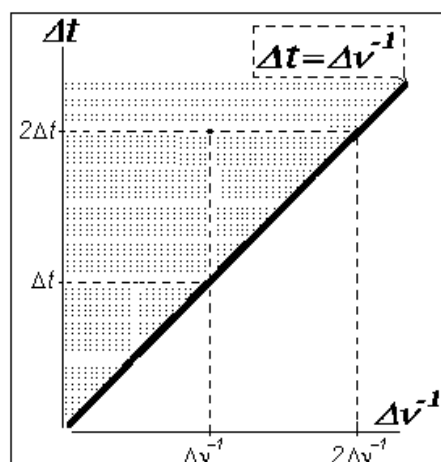


Рис. 8. Частотно-временная область определения реальных процессов

По этой причине любой процесс, попадающий в границы выделенных временного и частотного интервалов, состоит, по крайней мере, из суммы двух информационно идентичных составляющих, а именно:  $(P_i + R_i)$ . Эти составляющие могут быть условно выделены как прогрессивная  $(P_i)$  и регрессивная  $(R_i)$ , но имеющие одинаковую размерность, части единого процесса.

Другие процессы  $(P_i + R_i)$ , находящиеся вне выделенных интервалов, обладают другой размерностью и вместо суммы в совокупности с первым процессом могут составить произведение.

Следовательно, как показано в [15], любой совокупности процессов может быть поставлена в соответствие аддитивно-мультипликативная форма:

$$AM\Phi = \prod (P_i + R_i) \quad (10)$$

Из этой формы (10) путем тождественных преобразований можно выделить соотношение, подобное индексу МИР, которое в принятых обозначениях выглядит следующим образом:

$$МИР = \prod (P_i/R_i) \quad (11)$$

Если все сомножители  $(P_i/R_i) \ll 1$ , то преобразование (11) к аддитивному виду позволяет найти еще одно необходимое условие устойчивого развития, а именно:

$$\sum (P_i/R_i) \approx 0,69 \quad (12)$$

Это условие применительно к экосфере дает величину альбедо Земли, соответствующую согласованному развитию совокупности взаимодействующих процессов, конкурирующих за один и тот же природный ресурс – энергию солнечного излучения – примерно равную 0,31.

При этом движению по траектории  $\Delta t = \Delta \nu^{-1}$  отвечает процесс рецепции информации с максимальной скоростью при минимальных энергетических затратах. Этот процесс идентифицирован как «устойчивое развитие» [15].

#### Выводы:

- Синтез социально-экономико-экологических знаний все еще не привел к созданию обобщенной теории «устойчивого развития».
- Принципиальное препятствие на пути создания подобных синтетических моделей нашло свое формальное выражение в виде теоремы К. Геделя «О неполноте ...».
- Преодолеть данное препятствие можно, только выйдя за пределы ограничений, налагаемых каждой из перечисленных отраслей.



– Когнитивно-психологическим ограничением в этом случае служат определения предмета исследований и представлений, а внешняя и внутренняя границы экосферы задают пространственно-географические пределы.

– Геоинформационный выход за когнитивно-психологические и пространственно-географические границы и пределы позволяет найти траекторию «устойчивого развития», движение по которой обладает минимумом затрат ресурсов и максимальной информационной емкости.

– Необходимые условия движения по выделенной траектории представлены в виде мультипликативного и аддитивного индексов развития.

– Вычисленное из системных соображений теоретическое значение величины альбеда Земли практически совпадает известным измеренным значением.

### Библиографический список

1. Будыко М.И. Глобальная экология. – М.: Мысль, 1977. – 327 с.
2. Будыко М.И. Изменение климата. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 280 с.
3. Валлерштейн Э. Время и длительность: неисключенное среднее. Размышления над Броделем и Пригожиным // Человек перед лицом неопределенности. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – С. 128-136.
4. Глазовский Н.Ф. Состояние, проблемы и перспективы развития образования в области устойчивого развития за рубежом // «Устойчивое развитие и экологический менеджмент» / Материалы международной конференции. Вып.1. – СПб.: СПбГУ, ВВМ, 2005. – С. 3-29.
5. Голубев Г.Н. Геоэкология. – М.: Аспект Пресс, 2006. – 288 с.
6. Демографическая модернизация России, 1900-2000 / Под ред. А.Г. Вишневского. 2006. – С. 546-547.
7. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. – М.: Наука, 1997. – 285 с.
8. Кауров Г., Стебельков В. К 40-летию вступления в силу Договора «О запрещении ядерных испытаний в трех средах». – М.: Бюллетень по атомной энергии, октябрь 2003.
9. Лано А.В. Следы былых биосфер, или Рассказ о том, как устроена биосфера и что осталось от биосфер геологического прошлого. – М.: Знание, 1979. – 176 с.
10. Мелик-Гайказян И.В. Информационные процессы и реальность. – М.: Наука. Физматлит, 1998. – 192 с.
11. Миллер Т. Жизнь в окружающей среде. Т.1 – М.: Прогресс-Пангея, 1993. – 256 с.
12. Моисеев Н.Н., Александров В.В., Тарко А.М. Человек и биосфера: Опыт системного анализа и эксперименты с моделями. – М.: Наука, 1985.
13. Мунин П.И. Информационная модель образования для устойчивого развития // Открытое образование, 2006. №6. – С. 57-61.
14. Мунин П.И. Информационный подход в экологии // Проблемы региональной экологии, 1999. №2. – С. 5-14.
15. Мунин П.И. Устойчивое развитие. Информационные аспекты. – М.: МГИДА, 2003.
16. Печчеи А. Человеческие качества. – М.: Прогресс, 1985.
17. Прайс Ч., Дюбе П. Устойчивое развитие и здоровье в городах Европы. Концепция и организационные принципы // Серия «Устойчивое развитие и здоровье в Европе». Вып. 1. – М.: Центр поддержки проекта «Здоровые города», 1997. – 59 с.
18. Указ № 440 от 01 апреля 1996 года Президента РФ «О концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию».
19. Хромов С.П., Петросяни М.А. Метеорология и климатология. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 520 с.
20. Чернавский Д.С. Синергетика и информация (Динамическая теория информации). – М.: Едиториал Урсс, 2004. – 288 с.
21. Эиби У. Росс Введение в кибернетику. – М.: КомКнига, 2006. – 432 с.
22. Hartley, R.V.L. (1928). Transmission of information. Bell Syst. Tech. J. 7, 535-563.
23. <http://enrin.grida.no/htmls/tadjik/vitalgraphics/rus/html/c6.htm>.
24. [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/worldwide\\_nuclear\\_testing.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/worldwide_nuclear_testing.png).
25. <http://www.vabank.ru/Liveplanet.htm>.
26. IPCC: The Fourth Assessment Report "Climate Change 2007: The Physical Science Basis". – <http://ipcc-wg1.ucar.edu>.
27. Prigogine, I. La fin des certitudes, Paris, Odile Jacob, 1996.