

ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СЛЕДА И ЕГО ВЗАИМОСВЯЗЬ С ДРУГИМИ ИНДЕКСАМИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА

© 2014 Н.В. Костина, А.Г. Розенберг, Г.С. Розенберг, Г.Р. Хасаев*

Ключевые слова: экологический след, устойчивое развитие, Волжский бассейн, социо-эколого-экономическая система.

Обсуждаются представления об экологическом следе (сколько ресурсов может дать нам территория, сохраняя свои природные богатства, и сколько мы в действительности забираем ресурсов на наши нужды) как о мере современного воздействия на социо-эколого-экономические системы. Проведено сравнение этого показателя с другими индексами устойчивого развития - с индексом развития человеческого потенциала, ожидаемой продолжительностью жизни и пр.

Введение

Почти во всех областях науки при сопоставлении каких-либо данных, характеризующих явление или процесс во времени и в пространстве, широкое употребление нашли *индексы* - относительные статистические величины, показывающие, насколько уровень изучаемого явления в данных условиях отличается от уровня того же явления в других условиях. Индексы олицетворяют попытку "поверить алгеброй гармонию" - относительно просто и практически целенаправленно рассчитать и соизмерить сложные объекты или системы, состоящие из непосредственно не сопоставимых элементов. Полученные на основе индексного метода расчетные показатели могут использоваться в более сложных математических моделях для характеристики развития анализируемых процессов во времени или по территории для выявления структуры, взаимосвязей и роли отдельных факторов в динамике сложных систем. Проблема индикаторов и индексов устойчивого развития признана в настоящее время столь важной¹, что ряд стран (США, Великобритания, Бельгия, Кения и др.) открыли специальные институты, занимающиеся разработкой и обоснованием таких показателей.

В экологии и экономике не существует таких объектов и не изобретено таких "лине-

ек", совмещение которых позволило бы путем считывания чисел со шкалы определить, например, объем валовой продукции экосистемы, ее "биоценотическое качество" или темпы сукцессионных изменений, валовой национальной продукт и др. Экологические и экономические измерения почти всегда косвенны или производны; соответствующие величины определяются путем расчета *индексных выражений*, формула исчисления которых задается некоторой субъективно определенной схемой (операциональным определением). Более того, первичные измерения (простые индикаторы²), имеющие, например, в физике фундаментальное значение (счет, физические измерения веса, объема, длины и т. д.), в экологии, как правило, не обладают "экологическим окрасом"³. Сравнимый характер они приобретают лишь после своей *свертки* в экологические величины (агрегированные, интегральные и комплексные), характеризующие объект на уровне популяции, трофической группы или экосистемы в целом.

При изучении сложных систем большинство исследователей сходится в том, что сложные свойства нельзя измерить одним показателем (действует *принцип множественности моделей*⁴). Выходом из этой ситуации яв-

* Костина Наталья Викторовна, кандидат биологических наук, ст. научный сотрудник Института экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти. E-mail: knva2009@yandex.ru; Розенберг Анастасия Геннадьевна, мл. научный сотрудник Института экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти. E-mail: chicadivina@yandex.ru; Розенберг Геннадий Самуилович, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор Института экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти. E-mail: genarozenberg@yandex.ru; Хасаев Габидулла Рабаданович, доктор экономических наук, профессор, ректор Самарского государственного экономического университета, г. Самара. E-mail: gr.khas@mail.ru.

ляется подбор системы индексов, которые могли бы описать эмерджентные свойства социо-эколого-экономических систем (СЭЭС). Но следует учесть и такой факт, что среди известных систем индикаторов устойчивого развития⁵ практически нет таких, которые бы удовлетворяли требованию полноты информации. Выбор индикаторов и индексов всегда своеобразный компромисс между “что хочу” и “что

могу”. Это открывает возможности оптимизации таких систем индексов и их согласования по цепочке: местный - региональный - федеральный - международный уровни. Одной из форм такого рода оптимизации является “построение интегрального, агрегированного индикатора, на основе которого можно судить о степени устойчивости социально-экономического развития”⁶.

Экологический след основных территорий Волжского бассейна и некоторых стран мира в 2010 г.

Административная единица	Водная поверхность, посевные площади с.-х. культур (10 ⁴ га/км ²), лесистость, доля ООПТ, %	Автомобильные дороги (км/1000 км ²), железные дороги (км/1000 км ²), выбросы в атмосферу (т/ км ²), сброс загрязненных вод (тыс. м ³ / км ²), образование токсичных отходов (т/ км ²)	Экологический след (удельный), гга/чел. (EF)
Астраханская область	16	8	4,9
Владимирская область	23	28	10,4
Волгоградская область	13	21	6,9
Ивановская область	13	18	5,6
Калужская область	22	21	8,7
Кировская область	14	5	3,9
Костромская область	17	4	4,3
Московская область	12	62	15,0
Нижегородская область	16	18	6,9
Пензенская область	16	13	5,9
Пермский край	18	9	5,5
Республика Башкортостан	19	22	8,3
Республика Марий Эл	23	11	6,9
Республика Мордовия	22	14	7,3
Республика Татарстан	22	29	10,4
Рязанская область	21	16	7,5
Самарская область	26	34	12,2
Саратовская область	15	14	5,9
Тверская область	13	11	4,9
Тульская область	10	43	10,8
Удмуртская Республика	18	15	6,7
Ульяновская область	18	16	6,9
Чувашская Республика	22	32	11,0
Ярославская область	26	23	9,9
Волжский бассейн			7,7
Россия			4,4
ОАЭ			10,68
Катар			10,51
Дания			8,26
Бельгия			8,00
США			8,00
Эстония			7,88
Канада			7,01
Австралия			6,84
Кувейт			6,32
Ирландия			6,29
Нидерланды			6,19
Финляндия			6,16
Швеция			5,88
Чехия			5,73
Мир в целом (2007 г.)			2,7

URL: <http://ecocrisis.files.wordpress.com/2012/01/personal-fp.png>.

Экологический след на территории Волжского бассейна

В 1992 г. канадским экологом и экономистом В. Ризом (William E. Rees; г. р. 1943) были сформулированы представления об экологическом следе (ecological footprint⁷; *EF*) территории - о мере воздействия человека на среду обитания, которая позволяет рассчитать размеры территории, необходимой для производства потребляемых нами ресурсов и хранения отходов. Экологический след человечества отражает антропогенное давление на биосферу, это площадь биологически продуктивной территории / акватории, необходимой для производства используемых человеком ресурсов и услуг (продовольствие, древесина, морепродукты, земля для строительства и пр.), а также для ассимиляции отходов (оценивается, в первую очередь, по поглощению диоксида углерода) и измеряемой в глобальных гектарах на человека (гга/чел.; гга - гектар со средней способностью к производству ресурсов и ассимиляции отходов). В 2007 г. глобальный экологический след равнялся почти 18 млрд гга, или 2,7 гга / чел., в то время как общая площадь продуктивных территорий и акваторий планеты (ее биоемкость) составляла около 12 млрд га, или 1,8 гга / чел.⁸

Используя разработанную в Институте экологии Волжского бассейна РАН экспертную эколого-информационную систему REGION⁹, рассчитаем экологический след для основных территорий Волжского бассейна (см. таблицу).

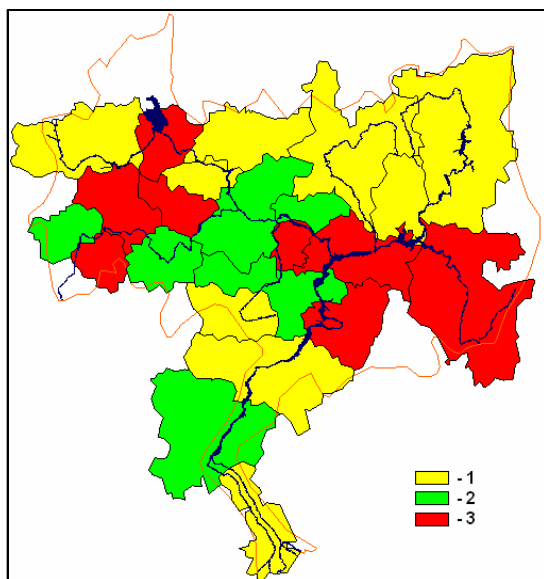


Рис. 1. Распределение показателя экологического следа по территории Волжского бассейна
1 - $EF < 6,8$; 2 - $EF = [6,8 \div 9,7]$; 3 - $EF > 9,7$

Второй и третий столбцы табл. 1 представляют собой суммы баллов параметров ЭИС REGION, перечисленных в заголовке; они условно распределены на две группы: первая из них - это природные компоненты, подверженные эксплуатации, вторые - собственно антропогенная нагрузка промышленности и транспорта. Окончательный показатель (последний столбец табл. 1) получается путем суммирования этих баллов и линейного преобразования их в глобальных гектарах на человека. На рис. 1 представлено распределение параметра "экологический след" по территории Волжского бассейна; оно весьма наглядно и не требует подробного комментария.

Экологический след уже превышает биологическую емкость Земли в среднем в 1,5 раза, в России - почти в 2,5 раза, а в самом напряженном и антропогенно нагруженном регионе страны - в Волжском бассейне - в 4,3 раза.

В Волжском бассейне только Кировская и Костромская области имеют экологический след, который меньше общероссийского; заметно превосходят его по этому показателю (более чем в 2 раза) Московская, Самарская, Тульская области, республики Чувашия и Татарстан. Девять территорий (из 24, включенных в анализ, т.е. 37,5%) имеют экологический след больше, чем средний по США, что свидетельствует о явной антропогенной перегруженности этих территорий.

Для более детальной интерпретации полученного результата рассмотрим, как зависит параметр "экологический след" от других индексов устойчивого развития.

Корреляционный анализ индексов устойчивого развития

Обсудим небольшое количество (из почти 200)¹⁰ индексов устойчивого развития, которые будем сравнивать с экологическим следом.

♦ ИРЧП - индекс развития человеческого потенциала (Human Development Index; HDI; предложен британским экономистом М. Десаи [Meghnad J. Desai; г. р. 1940])¹¹ - отражает базовые возможности, которыми люди должны располагать для активного участия в жизни общества: возможность здоровой и продолжительной жизни, возможность и спо-

способность иметь знания (образование) и доступ к ресурсам, необходимым для достойного уровня жизни. Индикатор рассчитывается на основе статистических данных: региональный ВВП на душу населения (X_1 в долларах США по паритету покупательной способности (ППС), ожидаемая продолжительность жизни (X_2), уровень образования (X_3)). Каждый из компонентов ИРЧП является результатом взаимосвязанных показателей социально-экономического развития и обладает собственной качественной характеристикой. Индекс валового продукта на душу населения показывает экономическую результативность деятельности людей, индекс продолжительности жизни - состояние физического, психологического и социального здоровья населения, индекс образования - профессиональный и культурный потенциал населения, качество трудовых ресурсов.

♦ Обобщенные функции желательности¹² представляют собой способ перевода натуральных значений в единую безразмерную числовую шкалу, определенную на интервале [0, 1]. Обобщенная функция желательности (D) представляет собой среднее геометрическое из частных функций желательности (d_i), причем если хотя бы одна из них равна нулю, то $D = 0$. Чтобы избежать “зануления”, предложены следующие формулы¹³.

Если увеличение показателя x_i является желательным:

$$d_i = \frac{2 \cdot (x_i \cdot x_{max})}{x_i^2 + x_{max}^2}$$

Если увеличение показателя x_i является нежелательным:

$$d_i = \frac{2 \cdot (x_i \cdot x_{min})}{x_i^2 + x_{min}^2}$$

Заметим, что *обобщенная функция желательности* по своей логике построения близка к *индексу соотношения показателей “антропогенная нагрузка”* и *“экологическая емкость”* (см. далее). Для расчета частных функций желательности по 24 административным единицам Волжского бассейна на основе статистических данных и базы данных ЭИС REGION были использованы следующие параметры (средние значения за 2004-2012 гг.).

Нежелательные показатели:

- 1) выбросы в атмосферу твердых загрязняющих веществ от стационарных источников, т/чел. в год;
- 2) выбросы в атмосферу окиси углерода от стационарных источников, т/чел. в год;
- 3) объем загрязненных сточных вод, м³/чел. в год;
- 4) необезвреженные отходы производства и потребления, т/чел. в год;
- 5) число зарегистрированных экологических преступлений на одного жителя.

Желательные показатели:

- 6) площадь зеленых массивов и насаждений в городах на одного городского жителя, м²;
- 7) текущие затраты на охрану окружающей среды в 2012 г., тыс. руб./чел. в год.

Поскольку вопрос о допустимых величинах того или другого показателя является открытым, в качестве X_{min} (X_{max}) принимались минимальные (максимальные) значения в выборке. По полученным значениям d_i ($i = 1-5$ и $i = 1-7$) рассчитаны значения обобщенных функций желательности D_5 и D_7 , и на основе рекомендованных градаций по функции желательности Харрингтона¹⁴ для D_i выделены зоны, соответствующие “очень хорошему” (1,0-0,80), “хорошему” (0,80-0,63), “удовлетворительному” (0,63-0,37), “плохому” (0,37-0,20) и “очень плохому” состоянию (0,20-0).

♦ G - индекс соотношения показателей “антропогенная нагрузка” и “экологическая емкость”¹⁵ дает общее представление о соотношении относительной интенсивности хозяйственного воздействия (“антропогенная нагрузка”, выраженная в 10-балльной шкале, рассмотрена лишь на два компонента природной среды: на воздушный и водный бассейны; “экологическая емкость” регионов представлена также двумя показателями: обеспеченностью водными ресурсами и лесистостью).

♦ $I_{an} = \sum R_i S_i$ - индекс антропогенной преобразованности территории¹⁶. Здесь R_i - ранговый показатель ($R_1 = 1$ - для дорог, $R_2 = 2$ - для сельхозугодий, $R_3 = 3$ - для пастбищ, $R_4 = 4$ - для сенокосов, $R_5 = 5$ - для лесов), S_i - доля площади земельного фонда территории под хозяйственной деятельностью i . Можно несколько модифицировать этот показатель и добавить в сумму еще один член -

$R_i S_i / S$, где $R_g = 10$ - ранговый показатель для ООПТ региона. Чем выше I_{an} , тем меньше антропогенная преобразованность (с учетом ООПТ максимум I_{an} может быть равен 10, если вся территория субъекта Российской Федерации отнесена к ООПТ). Тот факт, что чем выше I_{an} , тем меньше антропогенная преобразованность территории, делает этот показатель не очень удобным (не логичным); более корректным будет, например, $I_{an} = 10 - I_{an}$. Тогда все встает на свои места: минимальное (максимальное) значение I_{an} будет соответствовать минимальной (максимальной) преобразованности территории.

♦ X_2 - ожидаемая продолжительность предстоящей жизни населения (специальный показатель, используемый для оценки состояния здоровья населения, выражается числом лет, которое в среднем предстоит прожить определенной совокупности лиц, родившихся или достигших одного возраста в данном календарном году, при условии, что на всем протяжении их жизни смертность в каждой возрастной группе будет такой же, как в этом году).

♦ PM - заболеваемость населения (на 1000 чел. населения): зарегистрировано больных с диагнозом, установленным впервые в жизни¹⁷.

Естественно, как уже подчеркивалось, список индексов устойчивого развития не ограничивается перечисленными показателями¹⁸. Более того, каждый из них может быть подвергнут тому или иному алгебраическому преобразованию или на их основе может быть синтезирован некоторый новый обобщенный показатель (*комплексный индекс*). Комплексные (интегральные) показатели (composite indices) подвергаются стандартному преобразованию в нормированную шкалу, сохраняются в базе данных (ЭИС REGION) и, наряду с другими индивидуальными показателями, могут быть использованы в дальнейшей обработке методами статистического моделирования или отображены на картограмме.

К рассмотренным выше показателям (в первую очередь, для информации и с надеждой на их более подробное изучение) можно добавить следующие¹⁹:

♦ *экологически ориентированный чистый внутренний продукт* (environmentally adjusted net domestic product) - данный показатель получается путем вычитания экологи-

ческих издержек от чистого внутреннего продукта и его деления на численность населения соответствующей территории;

♦ *индекс физического качества жизни* (physical quality of life index [PQLI]) М. Морриса (Morris D. Morris (1921-2011) - американский экономист); по своей логике близок ИРЧП;

♦ *индекс антропогенного воздействия на окружающую среду* П. Эрлиха (Paul R. Ehrlich (г. р. 1932) - американский биолог, энтомолог, демограф);

♦ *индекс социально-экономической дисгармонии в обществе* М. Китинга (Michael Keating (г. р. 1950) - шотландский политолог);

♦ *истинный показатель прогресса* (Genuine Progress Indicator, GPI; разработан Общественным некоммерческим институтом Redefining Progress);

♦ *индекс развития с учетом неравенства полов* (Gender-related Development Index, GDI);

♦ *индекс гендерного неравенства* (Gender Inequality Index, GII);

♦ *измерение наделенности полномочиями по полам* (Gender Empowerment Measure, GEM);

♦ *план благосостояния Вандерфорда-Райли* (Vanderford-Riley well-being schedule);

♦ *индекс качества жизни по версии журнала "Economist Intelligence Unit"* (The Economist Intelligence Unit's quality-of-life index; у индекса качества жизни и у ИРЧП разные задачи, поэтому различны и рейтинги стран по ним);

♦ *валовое Национальное счастье* (ВНС; Gross National Happiness, GNH) - попытка определить жизненный стандарт через психологические и холистические (системные) ценности; термин и индекс GNH появились в противопоставление Gross National Product (это понятие ввел четвертый король Бутана Джигме Сингье Вангчук (Jigme Singye Wangchuck; г. р. 1955) в 1972 г.; "Счастье народа важнее процентов валового внутреннего продукта", - сказал король);

♦ *индекс недолговечности государства* (Index of the fragility of the state; ISF);

♦ *индекс восприятия коррупции* (Corruption perception index; CPI);

♦ *индекс качества жизни*, разработанный международной организацией International Living;

♦ *индекс роста конкурентоспособности* (разработан организаторами Всемирного экономического форума; этот показатель ежегодно определяется более чем для 120 стран мира и издается в виде так называемого “Global Competitiveness Report”);

♦ *индекс экономической свободы*, разработанный Heritage Foundation;

♦ *коэффициент Джини* (Corrado Gini (1884-1965) - итальянский экономист, статистик) - мера статистической дисперсии, обычно используемой как показатель неравенства в распределении доходов и богатства (по своей логике близок индексу социально-экономической дисгармонии в обществе М. Кинтинга).

В табл. 2 приведены коэффициенты линейной корреляции оценки экологического следа для территорий Волжского бассейна и 7 показателей устойчивого развития этих же регионов.

Таблица 2

Достоверные (90% уровень значимости) корреляционные связи экологического следа (EF) территорий Волжского бассейна с некоторыми индексами устойчивого развития

	ИРЧП (HDI)	D_5	D_7	G	I_{an}	X_2	PM
EF	0,32	0,38	0,45	-0,55	-	-	-

Результаты опять же наглядны и ожидаемы. Наиболее тесная связь *EF* наблюдается с индексом соотношения антропогенной нагрузки и экологической емкости (G) и с функцией желательности D_7 , которые в равной степени учитывают и природные компоненты, и антропогенную нагрузку. Вместе с тем, *EF* не связан с общей заболеваемостью населения (PM), что не позволяет использовать его в качестве индикатора этой важной составляющей устойчивого развития.

Районирование по индексам устойчивого развития

Как и любой индекс, который заведомо упрощает ситуацию (попытка охарактеризовать сложную систему одним числом противоречит системологическим представлениям²⁰), экологический след весьма неоднозначен, но довольно широко распространен в мире²¹. Тесные взаимосвязи данного индекса с другими индексами устойчивого раз-

вития позволяют включить его в систему таких индексов, ординировать территории по признаку антропогенной преобразованности и использовать в процедурах районирования регионов. Так, использование экологического следа совместно с семью проанализированными показателями позволяет на рис. 2 представить картосхему с обобщенным вариантом районирования территории Волжского бассейна, получающуюся при суммировании баллов районирования по этим восьми показателям.

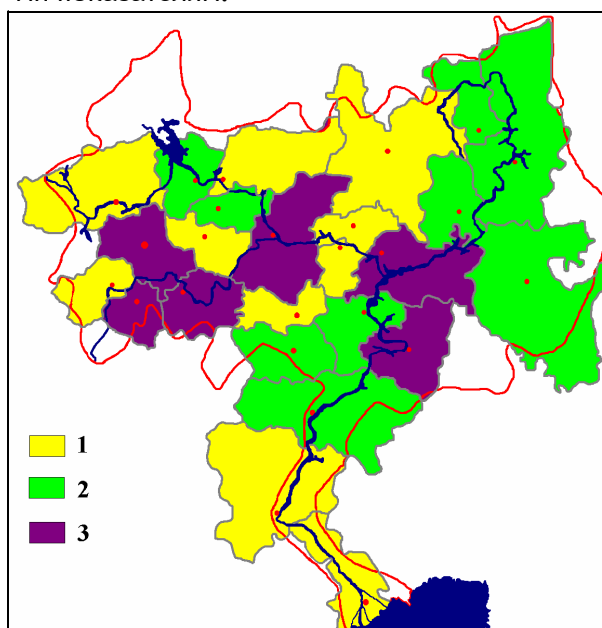


Рис. 2. Обобщенное районирование территории Волжского бассейна по данным 1991-2011 гг.:

- 1 - экономически и социально неудовлетворительные территории, но сравнительно благополучные по параметрам окружающей среды;
- 2 - “переходные” территории;
- 3 - экономически и социально более или менее благополучные и неудовлетворительные территории по качеству окружающей среды

Результаты обобщенного районирования наглядны и не требуют длительного комментария. Практически всеми методами выделяются территории повышенной антропогенной нагрузки - Тульская, Московская, Самарская, Нижегородская, Рязанская области и Республика Татарстан (“старопромышленная” Московская зона и более современные территории с максимально развитой промышленностью). Заметно лучше (естественно, в состоянии окружающей среды) обстоят дела в Твер-

ской, Кировской и Костромской областях, в республиках Марий Эл, Мордовии и Чувашии.

Заклучение

Во-первых, следует отметить, что само понятие “экологический след” очень наглядно (см., например, рис. 3) и сразу вызывает множество ассоциаций.

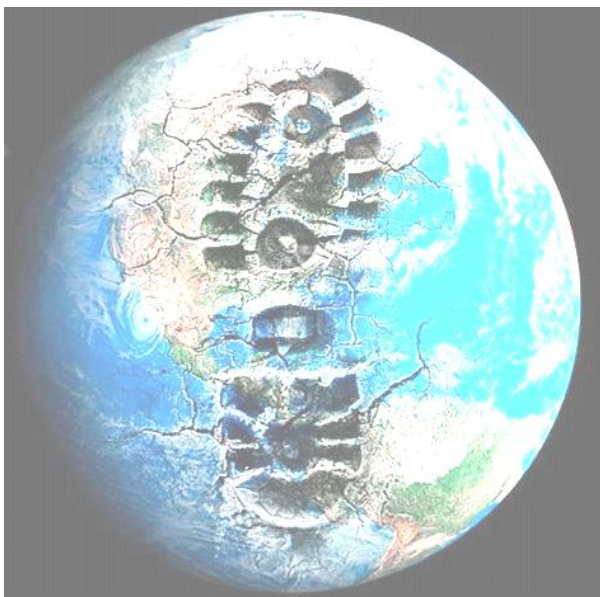


Рис. 3. Один из символов экологического следа

URL: <http://forisma.livejournal.com/383031.html>.

Во-вторых, в Интернете можно найти несколько анкет-программ (например, на <http://jalajalg.positium.ee/?lang=RU>), которые позволяют пользователю подсчитать свой *EF*, узнать, как собственный стиль жизни влияет на устойчивость развития Земли, и задуматься над тем, что можно сделать для уменьшения индекса.

В-третьих, индекс *FL* прост в вычислительном отношении; информация для него доступна по статотчетности.

Наконец, как было показано на примере Волжского бассейна, экологический след хорошо встраивается в систему индексов устойчивого развития территорий, что позволяет рекомендовать его к более широкому использованию у нас в стране.

И еще один момент. Как было уже показано, к представлениям об экологическом следе в конце 80-х гг. прошлого столетия вплотную подошли О.И. Иванова²², Б.И. Кочуров и Ю.Г. Иванов²³, Т.А. Моисеенкова²⁴ и ряд других исследователей, однако они не

смогли предложить столь броского названия показателю, как это сделал В. Риз, и вот она - цена приоритета!..

Авторы благодарны проф. Московского государственного университета С.Н. Бобылеву, подсказавшему нам саму идею сравнения индексов устойчивого развития с показателем экологического следа; мы также благодарны Российскому фонду фундаментальных исследований РФФИ-Поволжье (гранты 14-04-97072, 14-06-97019, 14-06-97048), программе фундаментальных исследований Президиума РАН “Живая природа: современное состояние и проблемы развития” и программе Отделения биологических наук РАН “Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий” за финансовую поддержку данного исследования.

¹ См.: Бобылев С.Н., Соловьева С.В. Методические рекомендации по разработке и внедрению индикаторов устойчивого развития регионального уровня. М.: ЕRM, 2003. 36 с.; Музалевский А.А. Индикаторы и индексы экодинамики. Методологические аспекты проблемы экологических индикаторов и индексов устойчивого развития // Тр. 3-й Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям SCM-2000. СПб., 2000. Т. 1. С. 36-46.

² См.: Бобылев С.Н., Соловьева С.В. Указ. соч.

³ Розенберг Г.С. Процедуры измерения в системе “основания” экологической теории // Теоретические проблемы экологии и эволюции (Вторые Люблинские чтения). Тольятти: Интер-Волга, 1995. С. 47-57.

⁴ См.: Розенберг Г.С. Введение в теоретическую экологию: в 2 т. Изд. 2-е, испр. и доп. Тольятти: Кассандра, 2013. Т. 1. 565 с. Т. 2. 445 с.; Розенберг Г.С., Мозговой Д.П., Гелашвили Д.Б. Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии. Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 1999. 396 с.

⁵ См.: Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие. М.: Прогресс-Традиция, 2000. 416 с.; Indicators of Sustainable Development. Framework and Methodologies. N. Y.: United Nations, 1996. 428 p.

⁶ Наше общее будущее: докл. Междунар. комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР): пер. с англ. М.: Прогресс, 1989. С. 216.

⁷ Rees W.E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out // Environment and Urbanisation. 1992. V. 4, No. 2. P. 121-130.

⁸ Ecological Footprint Atlas 2010 / B. Ewing, D. Moore, S. Goldfinger [et al.]. Oakland (CA) : Global Footprint Network. 2010. 113 p.

⁹ См.: *Костина Н.В.* REGION: экспертная система управления биоресурсами. Тольятти : Изд-во СамНЦ РАН, 2005. 132 с.; *Розенберг Г.С.* Волжский бассейн: на пути к устойчивому развитию. Тольятти : Изд-во ИЭВБ РАН ; Кассандра, 2009. 477 с.

¹⁰ См.: *Розенберг Г.С.* Волжский бассейн; Indicators of Sustainable Development.

¹¹ См.: Доклад о развитии человеческого потенциала в регионах России на 2013 год / Центр гуманитарных технологий. URL: <http://gtmarket.ru/news/2013/06/17/6014>; *Хасяев Г.Р., Розенберг Г.С., Костина Н.В.* Индексы устойчивого развития региональных социо-эколого-экономических систем (на примере Волжского бассейна) // Изв. Самар. НЦ РАН. 2014. Т. 16, № 5.

¹² См.: *Адлер Ю.Н., Маркова Е.В., Грановский Ю.В.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М. : Наука, 1976. 279 с.; *Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г.* Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург : Наука, 1994. 380 с.; *Гелашвили Д.Б., Королев А.А., Басуров В.А.* Зонирование территории по степени нагрузки сточными водами с помощью обобщенной функции желательности (на примере Нижегородской области) // Поволжск. экол. журн. 2006. № 2/3. С. 129-138; *Розенберг Г.С., Костина Н.В., Лифиренко Н.Г., Лифиренко Д.В.* Экологическая оценка территории Волжского бассейна с использованием обобщенной функции желательности // Изв. Самар. НЦ РАН. 2010. Т. 12, № 1/9. С. 2324-2327.

¹³ *Гелашвили Д.Б., Королев А.А., Басуров В.А.* Указ. соч.

¹⁴ *Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г.* Указ. соч.

¹⁵ *Розенберг Г.С.* Волжский бассейн.

¹⁶ *Иванова О.И.* Оценка антропогенной преобразованности природной среды // Прогноз возможных изменений в природной среде под влиянием хозяйственной деятельности на территории Молдавской ССР. Кишинев : Штиинца, 1986. С. 188-189.

¹⁷ Заболеваемость населения России в 2009 году. Статистические материалы. Ч. I. М. : Минздрав РФ, 2010. 120 с.

¹⁸ *Хасяев Г.Р., Розенберг Г.С., Костина Н.В.* Указ. соч.

¹⁹ URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Индекс_человеческого_развития.

²⁰ См.: *Розенберг Г.С.* Введение в теоретическую экологию; *Розенберг Г.С., Мозговой Д.П., Гелашвили Д.Б.* Указ. соч.

²¹ См.: *Bagliani M., Ferlaino F., Martini M.* Ecological Footprint Environmental Account: Study Cases of Piedmont, Switzerland and Rhone-Alpes, Torino. Edizioni IRES del Piemonte, 2005. 75 p.; *Chambers N., Simmons C., Wackernagel M.* Sharing Nature's Interest: Ecological Footprint as an Indicator of Sustainability. Lond and Sterling (VA): Earthscan Publication Ltd, 2000; Ecological Footprint Atlas 2010; *Van Vuuren D.P., Smeets E.M.W.* Ecological footprints of Benin, Bhutan, Costa Rica and the Netherlands // Ecol. Economics. 2000. V. 34. P. 115-130.

²² *Иванова О.И.* Указ. соч.

²³ *Кочуров Б.И., Иванов Ю.Г.* Экологическая экспертиза в землепользовании // География и природные ресурсы. 1988. № 4. С. 23-27.

²⁴ *Моисеевкова Т.А.* Эколого-экономическая сбалансированность промышленных узлов. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1989. 216 с.

Поступила в редакцию 02.07.2014 г.