



- культур в практике сельского хозяйства // Сельскохоз. биология. 1987. Вып. 1. С. 51–58.
4. Коннова С. А., Федоненко Ю. П., Макаров О. Е., Игнатов В. В. Исследование влияния условий выращивания бактерий *Azospirillum brasilense* на состав их внеклеточных полисахаридсодержащих материалов // Изв. РАН. Сер. биол. 2003. Вып. 4. С. 430–437.
  5. Burdman S., Jurkevitch E., Schwartsburd B., Hampel M., Okon Y. Aggregation in *Azospirillum brasilense*: effects of chemical and physical factors and involvement of extracellular components // Microbiology. 1998. Vol. 144. P. 1989–1999.
  6. Халэпа Я. В., Суркина А. К., Гринёв В. С. Различия в структуре капсульных полисахаридов бактерий *Azospirillum brasilense* при планктонном и иммобилизованном культивировании // Исследования молодых учёных в биол. и экол. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2013. Вып. 11. С. 101–106.
  7. Каневский М. В., Коннова С. А., Бойко А. С., Федоненко Ю. П., Сигида Е. Н., Игнатов В. В. Влияние флавоноидов на состав гликополимеров поверхности *Azospirillum lipoferum* Sp59b // Микробиология. 2014. Т. 83, № 2. С. 143–151.
  8. Fischer S. E., Miguel M. J., Mori G. B. Effect of root exudates on the exopolysaccharide composition and the lipopolysaccharide profile of *Azospirillum brasilense* Cd under saline stress // FEMS Microbiol. Lett. 2003. Vol. 219. P. 53–62.
  9. Konnova S. A., Makarov O. E., Skvortsov I. M., Ignatov V. V. Isolation, fractionation and some properties of polysaccharides produced in a bound form by *Azospirillum brasilense* and their possible involvement in *Azospirillum*-wheat root interactions // FEMS Microbiol. Lett. 1994. Vol. 118. P. 93–100.
  10. Егоренкова И. В., Коннова С. А., Федоненко Ю. П., Дыкман Л. А., Игнатов В. В. Роль полисахаридсодержащих компонентов капсулы *Azospirillum brasilense* в адсорбции бактерий на корнях проростков пшеницы // Микробиология. 2001. Т. 70, №1. С. 45–50.
  11. Sawardeker J. S., Sloneker J. H., Jeanes A. Quantitative determination of monosaccharides as their alditol acetates by gas liquid chromatography // Anal. Chem. 1965. Vol. 37. P. 1602–1604.
  12. Mayer H., Tharanathan R. N., Weckesser J. Analysis of lipopolysaccharides of Gram-negative bacteria // Methods Microbiol. 1985. Vol. 18. P. 157–207.
  13. Позднякова Л. И., Каневская С. В., Леванова Г. Ф., Барышева Н. Н., Пилипенко Т. Ю., Богатырёв В. А., Фёдорова Л. С. Таксономическое изучение азоспирилл, выделенных из злаков Саратовской области // Микробиология. 1988. Т. 57, №2. С. 275–278.
  14. Baldani V. L. D., Baldani J. I., Döbereiner J. Effects of *Azospirillum* inoculation on root infection and nitrogen incorporation in wheat // Can. J. Microbiol. 1983. Vol. 29. P. 924–929.
  15. Molinaro A., Lanzetta R., Evidente A., Parrilli M., Holst O. Isolation and characterisation of the lipopolysaccharide from *Xanthomonas hortorum* pv. *vitians* // FEMS Microbiol. Lett. 1999. Vol. 181. P. 49–53.
  16. Kumada H., Watanabe K., Nakamu A., Haishima Y., Kondo S., Hisatsune K., Umemoto T. Chemical and biological properties of lipopolysaccharide from *Seleonomonas sputigena* ATCC 33150 // Oral. Microbiol. Immunol. 1997. Vol. 12. P. 162–167.
  17. Tripathi A. K., Mishra B. M., Tripathi P. Salinity stress responses in the plant growth promoting rhizobacteria, *Azospirillum* spp // J. Biosci. 1998. Vol. 23. P. 463–471.

УДК 502.31 + 332.01 + 304.442

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИНДЕКСА РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА (на примере Волжского бассейна)

Н. В. Костина<sup>1</sup>, Г. С. Розенберг<sup>1</sup>, Г. Р. Хасаев<sup>2</sup>, Г. В. Шляхтин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти

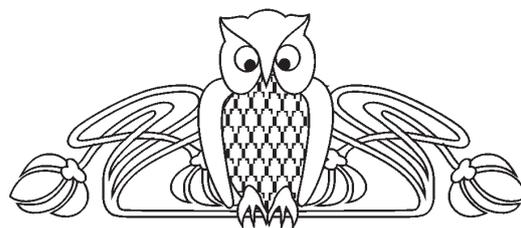
<sup>2</sup>Самарский государственный экономический университет

<sup>3</sup>Саратовский государственный университет

E-mail: biofac@sgu.ru

Обсуждаются индексы оценки устойчивого развития территории Волжского бассейна. С использованием экспертной информационной системы REGION проведен статистический анализ индекса развития человеческого потенциала, показана его связь с некоторыми экологическими параметрами.

**Ключевые слова:** индекс развития человеческого потенциала, Волжский бассейн, устойчивое развитие.



### Statistical Analysis of the Human Development Index (for Example, Volga Basin)

N. V. Kostina, G. S. Rozenberg,  
G. R. Khasaev, G. V. Shlykhtin

Assessment indexes of sustainable development of the territory of the Volga basin are discussed. Using expert information system



of the REGION statistical analysis of the index of human potential development was held, its connection with certain environmental parameters shown.

**Key words:** human development index, Volga basin, sustainable development.

### Введение

Процесс перехода к устойчивому развитию сводится, в конечном итоге, к широко понимаемому *процессу принятия решений*. Важнейшим условием для выработки и реализации эффективных управленческих решений является наличие разнообразного информационного обеспечения, что предполагает поиск и обоснование обобщенных показателей устойчивого развития, характеризующих структуру (состояние и взаимодействие) и динамику *социо-эколого-экономических систем (СЭЭС)* всех уровней. Последнее означает также необходимость разработки показателей, оценивающих техногенное воздействие на экосистемы и контролирующих их состояние и качество. Проблема индикаторов и индексов признана в настоящее время столь важной [1–3], что ряд стран (США, Великобритания, Бельгия, Кения и др.) открыли специальные институты, занимающиеся разработкой и обоснованием таких показателей.

Так, в США была создана специальная правительственная группа, включающая специалистов из нескольких ведомств (Министерство энергетики, Министерство городского строительства, Министерство сельского хозяйства, Управление геологических и биологических ресурсов Министерства внутренних дел, Агентство по охране окружающей среды, Совет по устойчивому развитию при Президенте и др.), которые по основным критериям отобрали 400 показателей (экономические, экологические и социальные), а с помощью дополнительных критериев сократили их число до 40 [3]. Потом было выделено 14 экономических и экологических проблем, по каждой из которых выбраны наиболее представительные индикаторы. Из европейских стран укажем [4] на систему из 14 базовых индикаторов (сгруппированы по 4 темам, соответствующим целям Стратегии устойчивого развития Великобритании) и 150 национальных индикаторов устойчивого развития, разработанную в Великобритании в 1999 г.

*Цель введения индикаторов и индексов* (интересный анализ соотношения понятий «индикатор» и «индекс» провел А. А. Музалевский [5]) – оценка состояния СЭЭС, прогноз и поддержка принятия решений по обеспечению устойчивого развития.

В экологии не существует таких объектов и не изобретено таких «линеек», совмещение которых позволило бы путем считывания чисел со шкалы определить, например, объем валовой продукции экосистемы, её «биоэкологическое качество» или темпы сукцессионных изменений. Экологические измерения, почти всегда, – косвенные или производные. Экологические величины определяются путем расчета *индексных выражений*, формула исчисления которых задается некоторой субъективно определенной схемой (операциональным определением). Более того, первичные измерения (простые индикаторы по Музалевскому), имеющие, например, в физике фундаментальное значение (счет, физические измерения веса, объема, длины и т. д.), а в экологии, как правило, не обладают «экологическим окрасом» [6]. 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.

Почти во всех областях науки при сопоставлении каких-либо данных, характеризующих явление или процесс во времени и в пространстве, широкое употребление получили *индексы* – относительные статистические величины, показывающие, насколько уровень изучаемого явления в данных условиях отличается от уровня того же явления в других условиях. Используя индексы, можно («поверить алгеброй гармонию») относительно просто и практически целенаправленно рассчитать и соизмерить сложные объекты или системы, состоящие из непосредственно непоставимых 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.

В табл. 1 собраны лишь некоторые эколого-экономические показатели [7], которые могут выступать в качестве индикаторов (индексов) устойчивого развития территорий.

Данный список индексов (см. табл. 1), естественно, не полон; 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*).



Таблица 1

**Индексы устойчивого развития**

Параметр	Формула	Обозначения
Индекс биоразнообразия (один из многих)	$H = -\sum p_i \log(p_i)$ $p_i = N_i/N$	$N_i$ – численность вида $i$ , $N$ – численность всех видов
Индекс валового национального продукта	$I = ВВП/N$	$N$ – численность населения территории
Экологически ориентированный чистый внутренний продукт (environmentally adjusted net domestic product)	$EDP = NDP - DN - ED$	$NDP$ – чистый внутренний продукт, $DN$ – стоимость истощения природных ресурсов, $ED$ – оценка экологического ущерба
Общая экономическая ценность (стоимость) природы (total economic value)	$TEV = DUV + IUV + OV + EV$	$DUV$ – прямая стоимость использования, $IUV$ – косвенная стоимость использования, $OV$ – стоимость отложенной альтернативы, $EV$ – стоимость существования
Индекс антропогенной преобразованности территории [8]	$I_{an} = \sum R_i S_i$	$R_i$ – ранговый показатель ( $R_1 = 1$ для дорог, $R_2 = 2$ – с/х угодий, $R_3 = 3$ – пастбищ, $R_4 = 4$ – сенокосов, $R_5 = 5$ – лесов), $S_i$ – доля площади земельного фонда территории под хозяйственной деятельностью $i$
Соотношение «антропогенной нагрузки» и «экологической емкости» [7, 9, 10]	$G = (\sum A_i - \sum E_i)$	$\sum A_i$ – сумма баллов антропогенных нагрузок, $\sum E_i$ – сумма баллов состояния экосистем
Коэффициенты удельных загрязнений ( $e_z$ ) и удельных затрат природных ресурсов ( $e_N$ ; [3, 4])	$e_z = Z/ВВП$ $e_N = N/ВВП$	$Z$ – объемы загрязнений, $ВВП$ – валовой внутренний продукт, $N$ – затраты природных ресурсов
Индекс антропогенной нагрузки территории [11]	$I_{an} = (\alpha^{-1}/n) \times \sum I_i$	$\alpha$ – отношение фактической лесистости к оптимальной, $I_i$ ( $i = 1, n$ ) – индексы антропогенного пресса ( $i = 1$ – плотность автотранспорта, $2$ – эмиссия $CO_2$ , $3$ – сброс без очистки к $V$ (суммарному объему сточных вод), $4$ – $V$ к площади территории, $5$ – плотность населения, $6$ – рождаемость, $7$ – смертность, $8$ – общая заболеваемость, $9$ – инвалидность)
Индекс В. Г. Горшкова [12, 13]	$I_\Gamma$	Процент нарушенной территории
Индекс физического качества жизни (physical quality of life index [PQLI]) М. Морриса (Morris D. Morris) [14]	$I_{фкж} = (I_{мс} + I_{пж} + I_{уг})$	$I_{мс}$ – младенческая смертность, $I_{пж}$ – ожидаемая продолжительность жизни, $I_{уг}$ – уровень грамотности взрослого населения, %; все показатели в 100-балльной шкале
Индекс антропогенного воздействия на окружающую среду П. Эрлиха (Paul R. Ehrlich)	$I_E = P \times A \times T$	$P$ – плотность населения, $A$ – благосостояние, $T$ – технологический уровень
Индекс устойчивости развития А. П. Федотова [15]	$I_{sd} = D / D_{sd}$	$D$ – реальная плотность мощности антропогенной нагрузки, $D_{sd}$ – тоже допустимая величина
Индекс развития человеческого потенциала (human development index [HDI]) М. Десаи (Meghnad J. Desai)	$I_{чп} = (I_d + I_{пж} + I_o)/3$	$I_d$ – индекс доходов, $I_{пж}$ – индекс продолжительности жизни, $I_o$ – индекс образования
Индекс социально-экономической дисгармонии в обществе М. Китинга (Michael Keating) [16]	$K_d = S_{бор} / S_{бед}$	$S_{бор}$ – доходы 20% наиболее богатого населения, $S_{бед}$ – то же для бедного населения



Все это делает актуальной задачу нахождения границ устойчивого развития территорий для тех или иных показателей (например, хотелось бы, чтобы  $I_{sd} < 1$ , или  $K_d < 10$ ; [7, 15]), оценки эффективности и оптимизации такой системы показателей. Однако последняя задача может быть решена только после анализа границ применимости этих индексов на реальных объектах. В качестве одного из них был взят Волжский бассейн.

#### **Несколько слов о Волжском бассейне**

Волга – крупнейшая река Европы, национальная гордость России – протянулась на 3531 км; площадь водосбора (территория Волжского бассейна) в границах поверхностного стока оценивается в 1358 тыс. км<sup>2</sup> (62,2% европейской части и 8% всей площади России или почти 13% территории Европы), в том числе бассейн Камы – 507 тыс. км<sup>2</sup>, бассейн Оки – 244 тыс. км<sup>2</sup>. Территория включает 41 административную единицу (республики и области; две из них – в Казахстане, остальные – в России); российские территории объединены в 6 экономических районов. Современной экологической обстановке в Волжском бассейне посвящены специальные монографии [7, 10], и потому мы не будем подробно останавливаться на её характеристике, а только приведем некоторые цифры.

Население бассейна составляет более 38% от населения России; это наиболее плотно заселенный регион РФ.

В р. Волгу и её водохранилища непосредственно впадает 2600 рек, а всего в бассейне насчитывается более 150 тыс. водотоков (рек и речек длиной более 10 км; водосбор малых рек составляет 45% общего водосбора бассейна). В Каспийское море Волга ежегодно приносит примерно 240 км<sup>3</sup> воды. В своем движении от истоков к устью крупнейшая река Европы пересекает лесную (до г. Казань), лесостепную (до г. Самара), степную (до г. Волгоград), полупустынную и пустынную зоны.

Строительство водохранилищ на р. Волге (Иваньковское, Угличское, Рыбинское, Горьковское, Чебоксарское, Куйбышевское, Саратовское и Волгоградское) более чем в 10 раз замедлило течение реки, что привело к существенному изменению гидробиоценозов и наземных экосистем. Суммарная площадь водного зеркала водохранилищ каскада чуть более 23 тыс. км<sup>2</sup>, или 1,5% от площади бассейна. Из зоны водохранилищ было переселено около 650 тыс. чел., затоплено 265 тыс. га пашни и 735 тыс. га сенокосов и пастбищ. Все ГЭС Волжского каскада

в средний по водности год вырабатывают примерно 35 млрд кВт/час электроэнергии; иными словами, 1 м<sup>2</sup> затопленной территории дает чуть более 1,5 кВт/час энергии.

Промышленность и сельское хозяйство в Волжском бассейне дают весомую часть всей продукции России и соответственно пропорционально этому велика антропогенная нагрузка на регион. В Волжском бассейне размещено более 45% общего производства и около 30% сельскохозяйственных угодий России. В бассейн р. Волги ежегодно сбрасывается до 20% всех загрязненных вод России, в атмосферу густонаселенных городов Поволжья выбрасывается 25–27% вредных веществ (от общего объема выбросов по России). На территории Волжского бассейна произведено 26 ядерных взрывов (более 20% от всех мирных ядерных взрывов в России).

Из биоресурсов остановимся только на рыбных ресурсах. Вылов леща за последние 30 лет сократился в 4,5 раза, воблы – в 8, сельди – в 16, судака – в 24 раза. В результате строительства гидросооружений площадь нерестилищ осетровых на Волге сократилась в 8 раз (до 450 га); полностью ликвидированы нерестилища белорыбицы и проходной сельди.

**Все это делает регион Волжского бассейна одним из наиболее напряженных по экологической обстановке в стране.**

#### **Несколько слов об экспертной системе REGION**

Разработанная в ИЭВБ РАН экологическая (экспертная) информационная система (ЭИС) REGION [7, 17, 18] и соответствующая ей база пространственно-распределенных эколого-экономических данных региона, основу которой составляет ретроспективная многоплановая статистика, формально может быть отнесена к ГИС «неклассического типа». Основное её отличие от типовых баз данных ГИС – это отказ от тщательной детализации чисто географических аспектов территории. Показатель произвольной этиологии (экономический, экологический, климатический и даже чисто географический) «привязывается» к некоторому участку квадратной или прямоугольной формы, имеющему зачастую достаточно большую площадь. Каждый из этих участков приближенно (имея в виду точные географические координаты или элементы ландшафта) отображается на картосхеме региона. Пожертвовав географической эстетичностью, которая по отношению к пространственно-размытым данным вряд ли оправдана необходи-



мостью, такая информационная система приобретает не менее привлекательные качества: дешевизну, экономичность в ресурсах, простоту в освоении, эксплуатации и интерпретации выходных данных.

Эколого-экономическая информация по Волжскому бассейну собиралась в виде различного рода карт распределения тех или иных параметров (рабочие масштабы – 1 : 2 500 000 и 1 : 4 000 000). Масштаб ЭВМ-карт примерно равен 1 : 10 000 000. Вся территория Волжского бассейна была разделена на 210 квадратов, каждый площадью около 6,5 тыс. км<sup>2</sup> (примерно 80 × 80 км).

Основная задача ЭИС REGION – не только накапливать текущую или ретроспективную информацию, но и проводить комплексный анализ состояния экосистем региона, выполнять прогноз условий устойчивого социально-экологического развития территории. Для этого в составе программного обеспечения системы сформирована развитая библиотека методов и алгоритмов исследования причинно-следственных связей между факторами эколого-экономической системы.

Для оценки сценариев возможного развития территорий в условиях различного антропогенного воздействия и моделирования связей используются методы множественного регрессионного анализа, самоорганизации и нейросетевого моделирования, что предоставляет широкие возможности для построения моделей разного типа и уровня сложности. В качестве надстройки к библиотеке методов разработана эвристическая процедура формирования «коллектива» прогнозных моделей [19], эффективность которого практически всегда оказывается значительно выше любого из его членов. Структурные связи в «коллективе» выбираются таким образом, чтобы положительные свойства той или иной модели дополняли друг друга, а отрицательные – компенсировались (т. е. срабатывал бы эффект системности типа «целое больше суммы своих частей»).

Используя информацию ЭИС REGION, были проанализированы различные зависимости некоторых индексов устойчивого развития (из табл. 1) с природными параметрами и антропогенными факторами для территорий Волжского бассейна (для сравнения в некоторых случаях приведены данные и по другим областям России). Была проведена полная статистическая обработка пространственно распределенной информации, построены уравнения регрессии.

### Индекс развития человеческого потенциала для Волжского бассейна

Содержание составляющих параметров индекса развития человеческого потенциала (ИРЧП,  $I_{ЧП}$ , табл. 1, 2) отражает базовые возможности, которыми люди должны располагать для активного участия в жизни общества: возможность здоровой и продолжительной жизни, возможность и 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 ( $X_2$ ) и 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.

Приведенная в табл. 2 и на рис. 1 динамика ИРЧП (за 10 лет) позволяет сделать следующие выводы:

- ИРЧП по стране в целом вырос на 10%;
- для территорий Волжского бассейна г. Москва сохранила лидирующее положение (1-е место в стране и рост на 7,8%), а Ивановская область осталась на последнем месте (77-е в стране; рост на 11%); Нижегородская, Ярославская, Челябинская области практически также сохранили свое положение «в середине таблицы» (20-е, 30-е места) при среднем росте ИРЧП, как и по стране в целом, на 10%;

- другие территории демонстрируют весьма хаотичную динамику (например, Астраханская область с 28-го места «перешла» на 44-е, Самарская область с 11-го опустилась на 25-е, а Саратовская область с 38-го поднялась на 28-е место), причины которой следует анализировать специально.

Величина ИРЧП служит критерием разделения регионов на группы с различным уровнем человеческого развития. Вне зависимости от уровня экономического развития к регионам с высоким уровнем человеческого развития относятся те, в которых  $ИРЧП > 0,8$ ; к регионам со средним уровнем – те, в которых  $0,5 < ИРЧП < 0,8$ ; к регионам с низким уровнем –



Таблица 2

## Индекс развития человеческого потенциала в 2000 и 2010 гг. [20]

2000 г.

Территория	$X_1$ , (ВВП в ППС USA \$)	Индекс дохода	$X_2$ , лет	Индекс долголетия	$P_{6-23}$ *, %	$X_3$	ИРЧП	Место в РФ
Российская Федерация	6747	0,703	65,3	0,671	75,0	0,913	0,763	
Республика Башкортостан	7664	0,724	66,8	0,696	76,8	0,919	0,780	4
Республика Мордовия	4811	0,646	67,0	0,699	78,1	0,924	0,756	19
Республика Татарстан	10871	0,783	67,5	0,709	77,0	0,920	0,804	3
Астраханская область	5403	0,666	65,4	0,673	72,7	0,906	0,748	28
Ивановская область	2828	0,558	62,7	0,628	75,4	0,915	0,700	76
г. Москва	17279	0,860	67,8	0,714	106,8**	1,019	0,864	1
Московская область	4819	0,647	65,2	0,671	69,3	0,894	0,737	44
Нижегородская область	5383	0,665	65,1	0,668	72,3	0,904	0,746	31
Пермская область	7566	0,722	63,7	0,646	72,5	0,905	0,758	17
Рязанская область	4646	0,641	65,0	0,666	72,7	0,906	0,738	42
Самарская область	7562	0,722	64,5	0,658	76,3	0,918	0,766	11
Саратовская область	4465	0,634	65,1	0,668	77,1	0,920	0,741	38
Свердловская область	5675	0,674	63,9	0,649	73,4	0,908	0,744	35
Челябинская область	6331	0,692	64,8	0,663	75,0	0,913	0,756	20
Ярославская область	6017	0,684	65,2	0,670	73,5	0,908	0,754	22
Новосибирская область	4204	0,624	66,5	0,692	80,3	0,931	0,749	27
Томская область	6835	0,705	65,0	0,667	84,5	0,945	0,772	9

2010 г.

Российская Федерация	19674	0,882	68,8	0,731	75,5	0,916	0,843	
Республика Башкортостан	16266	0,850	68,8	0,730	75,3	0,915	0,832	18
Республика Мордовия	10895	0,783	69,1	0,735	78,3	0,926	0,828	23
Республика Татарстан	23747	0,913	70,4	0,757	77,1	0,922	0,864	6
Астраханская область	12298	0,803	68,5	0,725	73,9	0,908	0,812	44
Ивановская область	7623	0,723	67,0	0,701	73,6	0,910	0,778	77
г. Москва	39226	1,000	73,6	0,809	95,3	0,984	0,931	1
Московская область	17488	0,862	68,6	0,726	61,8	0,872	0,820	35
Нижегородская область	15755	0,844	67,0	0,700	75,7	0,917	0,820	33
Пермский край	17626	0,863	66,7	0,695	77,9	0,924	0,827	26
Рязанская область	11873	0,797	67,7	0,712	77,8	0,924	0,811	47
Самарская область	16028	0,847	67,8	0,713	77,2	0,922	0,827	25
Саратовская область	13581	0,820	69,0	0,733	76,1	0,918	0,824	28
Свердловская область	18081	0,867	69,0	0,733	78,4	0,927	0,842	12
Челябинская область	15692	0,844	68,4	0,724	78,3	0,926	0,831	20
Ярославская область	14702	0,833	68,5	0,726	78,3	0,926	0,828	23
Новосибирская область	13745	0,822	69,2	0,736	80,6	0,933	0,830	22
Томская область	20638	0,890	68,6	0,727	82,8	0,941	0,852	9

Примечание. \* – процент учащихся среди возрастов 6–23 года; \*\* – индекс образования для Москвы завышен из-за невозможности выделить учащихся из других регионов, получающих образование в федеральных городах; по этой же причине занижены показатели образования для Московской области.

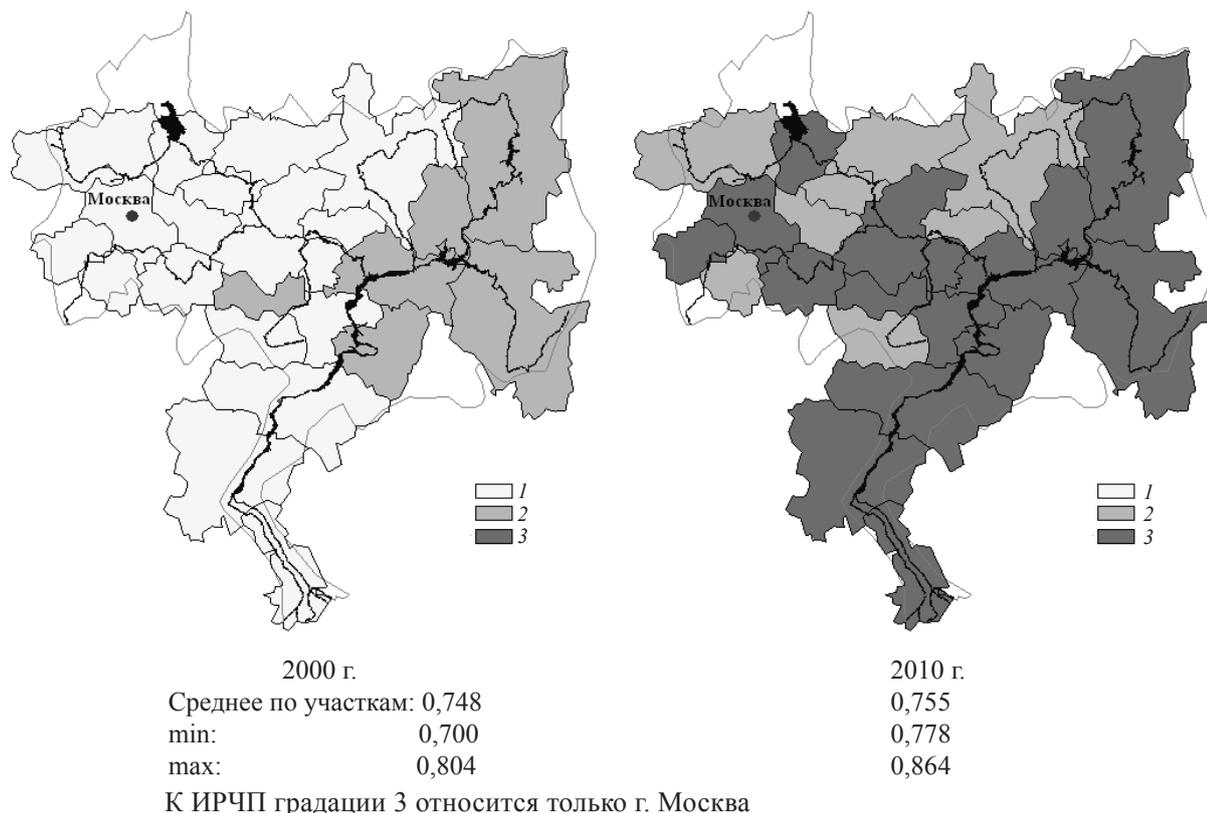


Рис. 1. Распределение ИРЧП по территории Волжского бассейна в 2000 и 2010 гг.: 1 – 0,700–0,755; 2 – 0,755–0,809; 3 – более 0,809

те, в которых ИРЧП < 0,5. В целом региональная дифференциация по ИРЧП для Волжского бассейна изменилась за 10 лет весьма существенно (в отличие от России, где немногим более 20% населения живет в относительно благополучных регионах (в том числе 8% в Москве), около 10% – в регионах-аутсайдерах, а более двух третей – в регионах со средним уровнем человеческого развития). К регионам первой зоны в Волжском бассейне в 2010 г. относилось 35 российских административных единиц (в то время как в 2000 г. таких регионов было всего два – г. Москва и Республика Татарстан), а ко второй зоне – Ивановская область, Республика Калмыкия – Хальмг Тангч, Республика Марий Эл и Тверская область (в 2000 г. таких регионов было 37). Выше средней величины ИРЧП по стране в 2000 г. (0,763) было 7 территорий (г. Москва, Республики Татарстан, Башкортостан и Коми, Липецкая, Вологодская и Самарская области), а в 2010 г. их осталось 3 (г. Москва, Республики Татарстан и Коми) – чем выше в гору, тем труднее... Так, например, для Самарской области очевидна тенденция снижения рейтинга за последние 25 лет – 4-е место в 1988 г. и 5-е место в 1999 г.; сложившаяся тенденция требует также дополнительного анализа.

Используя ЭИС REGION, были получены уравнения множественной линейной регрессии методом наименьших квадратов (при числе наблюдений  $n = 210$ ) для зависимости ИРЧП от некоторых факторов, имеющихся в базе данных, а также проведена проверка существенности влияния исследуемых факторов по методу И. Я. Липы [7, 17, 18, 21]; результаты анализа представлены в табл. 3.

Отметим, прежде всего, что накопленная сумма удельного влияния факторов в обоих случаях оказалась достаточно высокой (почти 75 и 66%). Только два фактора ( $X_3$  и  $X_7$ ) достоверно вошли в оба уравнения регрессии. В 2000 г. «социальные» факторы ( $X_2$  и  $X_7$ ) дали 41,3% общего варьирования, «экологические» ( $X_3$ ,  $X_4$  и  $X_5$ ) – 32,4%; в 2010 г. к «социальным» ( $X_7$ ; 18,2%) и «экологическим» факторам ( $X_3$ ; 4,1%) добавились «экономические» ( $X_1$  и  $X_6$ ), которые дали 43,6% общего варьирования. Столь заметный разброс значений позволяет сделать вывод о том, что, во-первых, региональный ИРЧП (для Волжского бассейна) существенно менее устойчив, чем показатель для страны в целом (об этом прямо говорится в работе [22, с. 156]), и, во-вторых, что ИРЧП в большей степени является социально-экономическим показателем



Таблица 3

## Регрессионный анализ ИРЧП в ЭИС REGION

Факторы воздействия, включенные в регрессионную модель	2000 г.		2010 г.	
	коэффициенты регрессии	удельный вес влияния фактора, %	коэффициенты регрессии	удельный вес влияния фактора, %
Свободный член	0,661		0,735	
Густота автомобильных дорог с твердым покрытием (км/1000 км <sup>2</sup> ; 100 × X <sub>1</sub> )	–	–	0,004	3,1
Заболеваемость на 1000 чел. населения с впервые установленным диагнозом (100 × X <sub>2</sub> )	–0,005	4,2	–	–
Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные источники (млн м <sup>3</sup> /тыс. чел.; X <sub>3</sub> )	0,103	6,8	0,129	4,1
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников (т/чел.; X <sub>4</sub> )	0,131	18,3	–	–
Лесовосстановление (% от лесной площади; X <sub>5</sub> )	0,046	7,3	–	–
Посевные площади всех с/х культур (тыс. га/тыс. км <sup>2</sup> ; X <sub>6</sub> )	–	–	1,193	40,5
Общий коэффициент рождаемости (X <sub>7</sub> )	0,011	37,1	0,006	18,2
Коэффициент множественной корреляции	–	0,883	–	0,855
Накопленная сумма удельного влияния факторов, %	–	73,7	–	65,9

и нуждается в «экологической корректировке». В сложном, многоаспектном анализе показателей устойчивого развития не будем забывать о том, что идеология устойчивого развития первоначально исходила из равновеликого вклада основных составляющих – экологических, социальных и экономических [23, 24]. Сегодня, несмотря на все политические декларации и обоснование приоритетности экологических аспектов устойчивого развития, наиболее значимыми, как и прежде, остаются экономические вопросы, далее следуют социальные и «по остаточному принципу» – эко-

логические. ИРЧП для Волжского бассейна (особенно в 2010 г.) демонстрирует ту же тенденцию.

Еще одно уравнение регрессии (зависимость ИРЧП от некоторых факторов, имеющих в базе данных, и других индексов устойчивого развития, о которых речь пойдет далее, представлено в табл. 4 (в анализ было включено 12 показателей X<sub>i</sub>, определенных для 7 наиболее антропогенно нагруженных регионов – Республики Татарстан и Башкортостан, Пермский край, Нижегородская, Самарская, Свердловская и Челябинская области).

Таблица 4

## Регрессионный анализ ИРЧП в ЭИС REGION

Факторы воздействия, включенные в регрессионную модель	2010 г.	
	коэффициенты регрессии	удельный вес влияния фактора, %
Свободный член	1,744	
Обобщенная функция желательности D <sub>7</sub> (100 × X <sub>1</sub> )	–0,206	3,3
Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды (% ко всем инвестициям в регионе; X <sub>2</sub> )	0,0026	2,4
Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные источники на единицу ВРП (млн. м <sup>3</sup> /руб.; X <sub>3</sub> )	–4,988	13,8
Заболеваемость населения (на млн чел. населения) с впервые установленным диагнозом (X <sub>4</sub> )	–0,946	19,6
Число всех видов чрезвычайных ситуаций в 2009 г. (100 × X <sub>5</sub> )	–0,284	59,0
Коэффициент множественной корреляции	–	0,989
Накопленная сумма удельного влияния факторов, %	–	98,1



Отдавая себе отчет в том, что данный пример носит скорее иллюстративный характер, можно все-таки сделать некоторые выводы. Так,  $X_3$  (сброс загрязненных сточных вод на единицу ВРП) оказался значимым фактором как для расчета по всем регионам Волжского бассейна (см. табл. 3), так и для «укороченной» выборки (см. табл. 4); в последнем случае показательным является знак «-» коэффициентов регрессии: чрезвычайные ситуации, заболеваемость, загрязнение воды, которые «корректируют» ИРЧП в сторону уменьшения, что выглядит совершенно логичным.

Главный вывод, который напрашивается из анализа ИРЧП для Волжского бассейна, состоит в том, что анализ устойчивого развития должен выполняться системой показателей, которые в оптимальном варианте равновелико представляли бы все три основных аспекта такого развития.

### Несколько слов о других индексах устойчивого развития

Индекс соотношения «антропогенной нагрузки» и «экологической емкости» ( $G$ , см. табл. 1; табл. 5) дает общее представление о соотношении относительной интенсивности хозяйственного воздействия («антропогенная нагрузка», выраженная в 10-балльной шкале, рассмотрена лишь на два компонента природной среды: воздушный и водный бассейны) и «экологической емкости» регионов (представлена также двумя показателями: обеспеченностью водными ресурсами и лесистостью). (Этот пример носит иллюстративный характер, поэтому «антропогенная нагрузка» и «экологическая емкость» характеризуются всего двумя параметрами; при наличии достаточной пространственно распределенной информации списки параметров могут быть расширены.)

Таблица 5

Индекс соотношения «антропогенной нагрузки» и «экологической емкости» ( $G$ ) в 2000 г.

Территория	«Антропогенная нагрузка» (А)			«Экологическая емкость» (Э)			$G = Э - А$
	на воду	на воздух	сумма А	водообеспеченность	лесистость	сумма Э	
Российская Федерация	1	1	2	3	6	9	7
Республика Башкортостан	1	4	5	1	7	8	3
Республика Татарстан	1	4	5	9	3	12	7
Нижегородская область	2	4	6	9	7	16	10
Пермская область	2	3	5	1	8	9	4
Московская область	10	8	18	2	5	7	-11
Рязанская область	1	5	6	2	4	6	0
Тульская область	2	10	12	2	2	4	-8
Республика Мордовия	1	2	3	10	4	14	11
Пензенская область	1	1	2	0	4	4	2
Республика Чувашия	1	4	5	10	6	16	11
Республика Марий Эл	1	1	2	10	9	19	17
Саратовская область	1	2	3	9	1	10	7
Волгоградская область	1	2	3	9	1	10	7
Астраханская область	2	2	4	9	1	10	6
Самарская область	2	7	9	9	2	11	2
Свердловская область	4	7	11	4	6	10	-1
Челябинская область	4	5	9	3	4	7	-2
Волжский бассейн (средняя $\pm$ ошибка)	—	—	5,1 $\pm$ 0,7	—	—	10,3 $\pm$ 0,9	5,2 $\pm$ 1,3
Новосибирская область	4	3	7	8	7	15	8
Томская область	3	5	8	8	7	15	7

Самая напряженная обстановка наблюдается в Московской, Тульской и Самарской областях, где суммарная антропогенная нагрузка выше 9 баллов. Выбросы вредных веществ в атмосферу в Тульской области превышают

25 т/км<sup>2</sup> (в 12,5 раз выше, чем в среднем по России), сброс сточных вод в Московской области составляет 166 тыс. т/км<sup>2</sup> (среднее по России – 4,4 тыс. т/км<sup>2</sup>). Можно считать, что все территории, где значения разницы ( $Э - А$ ) меньше



среднего уровня по России (или по Волжскому бассейну), – это зоны повышенной экологической опасности, а где  $(Э - А)$  меньше половины этого среднего уровня, – зоны экологического бедствия (правда, ниоткуда не следует, что среднероссийский уровень воздействия на окружающую среду представляет собой экологически благоприятную ситуацию...). Аналогично, при выполнении гипотезы о том, что среднее значение  $(Э - А)$  по России соответствует вполне нормальному уровню нагрузки можно воспользоваться и статистическими критериями. Тогда, по «правилу трех сигм», с высокой степенью уверенности можно считать зонами экологического бедствия все территории, где  $(Э - А) < (Э - А)_{\text{Рос}} - 1,4\sigma$ .

Естественно, такие выводы надо делать с большой осторожностью и с высокой степенью уверенности и достоверности, а не по двум показа-

телям как с одной, так и с другой стороны. Территория Волжского бассейна крайне неоднородна по большому и сложному природно-климатическому комплексу характеристик и антропогенных воздействий на СЭЭС, и поэтому необходим более детальный подход к поставленной проблеме. И все-таки даже такой «упрощенный» анализ соотношения антропогенной нагрузки и устойчивости к ней природной среды в бассейне позволяет констатировать, что ситуация приблизилась к критическому состоянию, при котором способность среды к полному самоочищению и самовосстановлению может быть утрачена навсегда.

*Индекс антропогенного воздействия на окружающую среду* ( $I_E$ , см. табл. 1; табл. 6) – чем выше этот (достаточно искусственный) показатель, тем ниже степень устойчивого развития территории.

Таблица 6

## Индекс антропогенного воздействия на окружающую среду

2000 г.

Территория	Индекс дохода	Уровень износа основных фондов, %	Плотность населения	$I_E$
Российская Федерация	0,703	42,4	8,15	243
Республика Башкортостан	0,724	44,8	27,0	876
Республика Татарстан	0,783	42,1	50,8	1675
Нижегородская область	0,665	40,7	49,4	1337
Пермская область	0,722	47,0	18,7	635
Самарская область	0,722	56,1	58,5	2369
Свердловская область	0,674	46,8	23,1	727
Челябинская область	0,692	45,5	39,6	1247
Новосибирская область	0,624	49,0	14,9	456
Томская область	0,705	46,8	2,8	92

2010 г.

Российская Федерация	0,882	45,7	8,28	334
Республика Башкортостан	0,850	52,9	28,4	1277
Республика Татарстан	0,913	54,7	55,7	2782
Нижегородская область	0,844	49,2	44,3	1840
Пермский край	0,863	58,1	16,4	822
Самарская область	0,847	51,7	60,0	2627
Свердловская область	0,867	50,3	22,1	964
Челябинская область	0,844	49,6	39,6	1658
Новосибирская область	0,822	46,4	15,0	572
Томская область	0,890	45,8	3,3	135

По отношению к Российской Федерации в 2000 г. самое плохое положение у Самарской области ( $I_E / I_{\text{РФ}} = 9,7$ ), далее идет Татарстан (6,7), а потом – Нижегородская область (5,5); в 2010 г. «лидер» сменился: Татарстан (8,3), Самарская (7,9) и Челябинская области (5,0).

*Площадь особо охраняемых природных территорий* (ООПТ) – индикатор сохранения

дикой природы, биоразнообразия, культурного наследия, генофонда, рекреации, условие долгосрочной устойчивости. ООПТ являются объектами национального достояния. Сохранение биоразнообразия является обязательным для человеческого существования и устойчивого развития. Индикатор отражает эффективность мероприятий по сохранению биоразнообразия,



потребность в таких мероприятиях, поддержание биоразнообразия на территории области. Положительная динамика характеризует устойчивое развитие.

В частности, на территории Самарской области имеется заповедник и «1,5» национальных парков («Самарская Лука» и половина недавно образованного совместно с Оренбургской областью «Бузулукского бора»), государственный ландшафтный заказник, особо ценный лесной массив, курорт, ботанический сад, 17 заказников, 288 памятников природы, из которых 13 – федерального значения, 175 – областного, 11 ключевых орнитологических территорий. Общая площадь ООПТ Самарской области составляет 2054,39 км<sup>2</sup>, или 3% от площади области. Это сравнимо с удельным весом ООПТ федерального значения, который составляет 2,97% территории Российской Федерации. Региональная сеть ООПТ Саратовской области состоит из 2 ООПТ федерального значения (национальный парк «Хвалынский» и зоологический заказник «Саратовский»), 81 ООПТ регионального и 4 местного значения (см. табл. 1), а также 21 ключевой орнитологической территории (КОТР) международного значения. Общая площадь ООПТ Саратовской области составляет 142,8 тыс. га, или 0,7% территории области.

На рис. 2 приведено распределение показателя «доля площади ООПТ (заповедники и национальные парки) в общей площади субъекта Федерации».

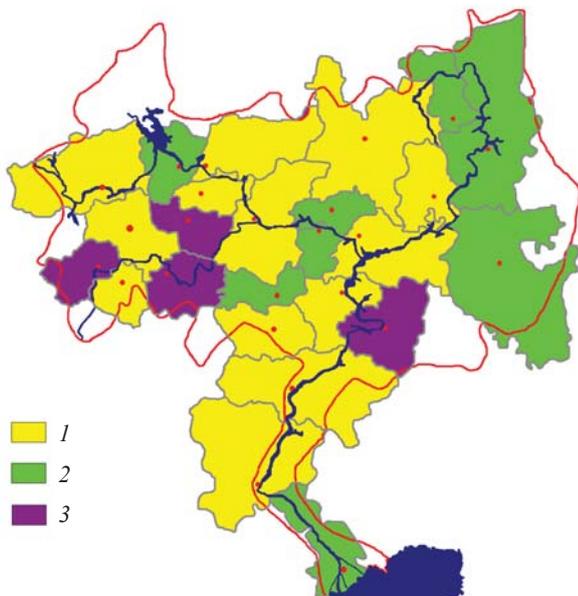


Рис. 2. Доля площади ООПТ (%) в общей площади субъекта Федерации: 1 – 0–1,4; 2 – 1,4–2,7; 3 – 2,7–4,1

Индекс антропогенной преобразованности территории ( $I_{an}$ , см. табл. 1; рис. 3) можно несколько модифицировать и добавить в сумму еще один член  $R_i S_i / S$ , где  $R_6 = 10$  – 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 Федерации отнесена к ООПТ). Тот факт, что «чем выше  $I_{an}$ , тем меньше антропогенная преобразованность территории», делает этот показатель не удобным (не логичным); более корректным будет, например,  $\bar{I}_{an} = 10 - I_{an}$ . Тогда все «встает на свои места»: минимальное значение  $I_{an} = 5,73$  отмечается для Костромской области с минимальной антропогенной преобразованностью территории, а максимальное  $I_{an} = 7,50$  – для Волгоградской с наибольшей антропогенной преобразованностью территории. Заметим, что этот показатель был предложен еще в 1986 г., т. е. за несколько лет до «модного» сегодня показателя «экологического следа» (ecological footprint; меры воздействия человека на среду обитания, которая позволяет рассчитать размеры прилегающей территории, необходимой для производства потребляемых нами ресурсов и хранения отходов; был предложен в 1992 г. канадским экологом У. Рисом [22, 25]), который во многом близок к индексу О. И. Ивановой (1986). Вероятно, к этим двум индексам устойчивого развития можно применить сугубо экологические представления о фундаментальной и реализованной экологиче-

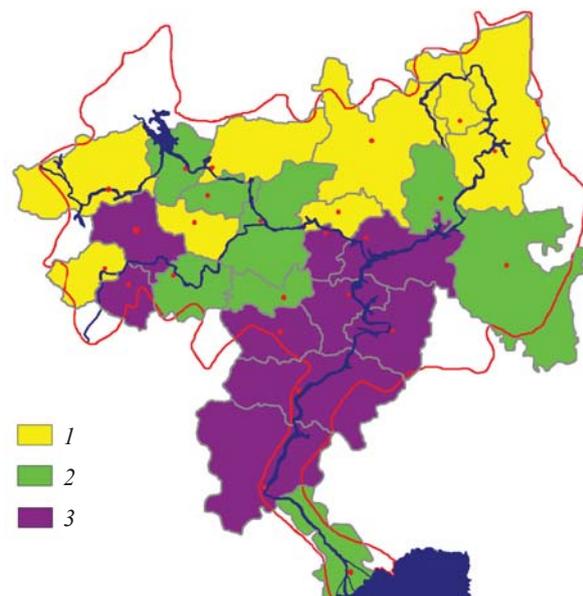


Рис. 3. Индекс антропогенной преобразованности территории  $I_{an}$ : 1 – до 6,32; 2 – 6,32–6,91; 3 – больше 6,91



ской нише [26]: тогда индекс Риса можно считать фундаментальным показателем «экологического следа», а индекс Ивановой – реализованным.

*Экологическая оценка территорий с использованием функции желательности.* Функции желательности [27, 28] 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 формулы [29–31]:

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

если увеличение показателя  $x_i$  является «желательным», и

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

если увеличение показателя  $x_i$  является «нежелательным». Заметим, что *обобщенная функция желательности* по своей логике построения близка к *индексу соотношения «антропогенной нагрузки»* и *«экологической емкости»*.

Для расчета частных функций желательности по 24 административным единицам Волжского бассейна на основе статистических данных за 2006–2010 гг. и базы данных ЭИС REGION были использованы следующие параметры.

**«Нежелательные» показатели:**

1) выбросы в атмосферу твердых загрязняющих веществ, отходящих от стационарных

источников, т/чел. в год (средние значения за 2006–2010 гг.);

2) выбросы в атмосферу окиси углерода, отходящих от стационарных источников, т/чел. в год (средние значения за 2004–2006 гг.);

3) объем загрязненных сточных вод, м<sup>3</sup>/чел. в год (средние значения за 2006–2010 гг.);

4) необезвреженные отходы производства и потребления, т/чел. в год (средние значения за 2006–2008 гг.).

5) число зарегистрированных экологических преступлений на одного жителя (средние значения за 2006–2010 гг.).

**«Желательные» показатели:**

1) площадь зеленых массивов и насаждений в городах на одного городского жителя, м<sup>2</sup> (средние значения за 2006–2010 гг.);

2) текущие затраты на охрану окружающей среды в 2010 г., тыс. руб./чел. в год.

Поскольку вопрос о допустимых величинах того или другого показателя является открытым, то в качестве  $X_{\min}$  ( $X_{\max}$ ) принимались минимальные (максимальные) значения в выборке. По полученным значениям  $d_i$  ( $i = 1-4$  и  $i = 1-5$ , «нежелательные показатели») рассчитаны значения обобщенных функций желательности  $D_4$  и  $D_5$ , и на основе рекомендованных градаций по функции желательности Харрингтона [28] для  $D_5$  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; табл. 7, рис. 4, а).

Таблица 7

Значения обобщенных функций желательности  $D_5$  и  $D_7$  по субъектам Федерации в Волжском бассейне

Административная единица	Обобщенная функция желательности			
	$D_5$	Экологическое состояние	$D_7$	Экологическое состояние
Астраханская область	0,24	Плохое	0,30	Плохое
Владимирская область	0,54	Удовлетворительное	0,52	Удовлетворительное
Волгоградская область	0,28	Плохое	0,33	Плохое
Ивановская область	0,32	То же	0,28	То же
Калужская область	0,56	Удовлетворительное	0,45	Удовлетворительное
Кировская область	0,29	Плохое	0,35	Плохое
Костромская область	0,25	То же	0,30	То же
Московская область	0,61	Удовлетворительное	0,56	Удовлетворительное
Нижегородская область	0,43	То же	0,49	То же
Пензенская область	0,55	То же	0,48	То же
Пермский край	0,12	Очень плохое	0,22	Плохое
Республика Башкортостан	0,22	Плохое	0,34	То же
Республика Марий Эл	0,32	То же	0,32	То же



Окончание табл. 7

Административная единица	Обобщенная функция желательности			
	$D_5$	Экологическое состояние	$D_7$	Экологическое состояние
Республика Мордовия	0,42	Удовлетворительное	0,39	Удовлетворительное
Республика Татарстан	0,34	Плохое	0,40	То же
Рязанская область	0,44	Удовлетворительное	0,45	То же
Самарская область	0,33	Плохое	0,42	То же
Саратовская область	0,44	Удовлетворительное	0,45	То же
Тверская область	0,41	То же	0,41	То же
Тульская область	0,22	Плохое	0,26	Плохое
Удмуртская Республика	0,54	Удовлетворительное	0,57	Удовлетворительное
Ульяновская область	0,55	То же	0,47	То же
Чувашская Республика	0,70	Хорошее	0,67	Хорошее
Ярославская область	0,39	Удовлетворительное	0,41	Удовлетворительное

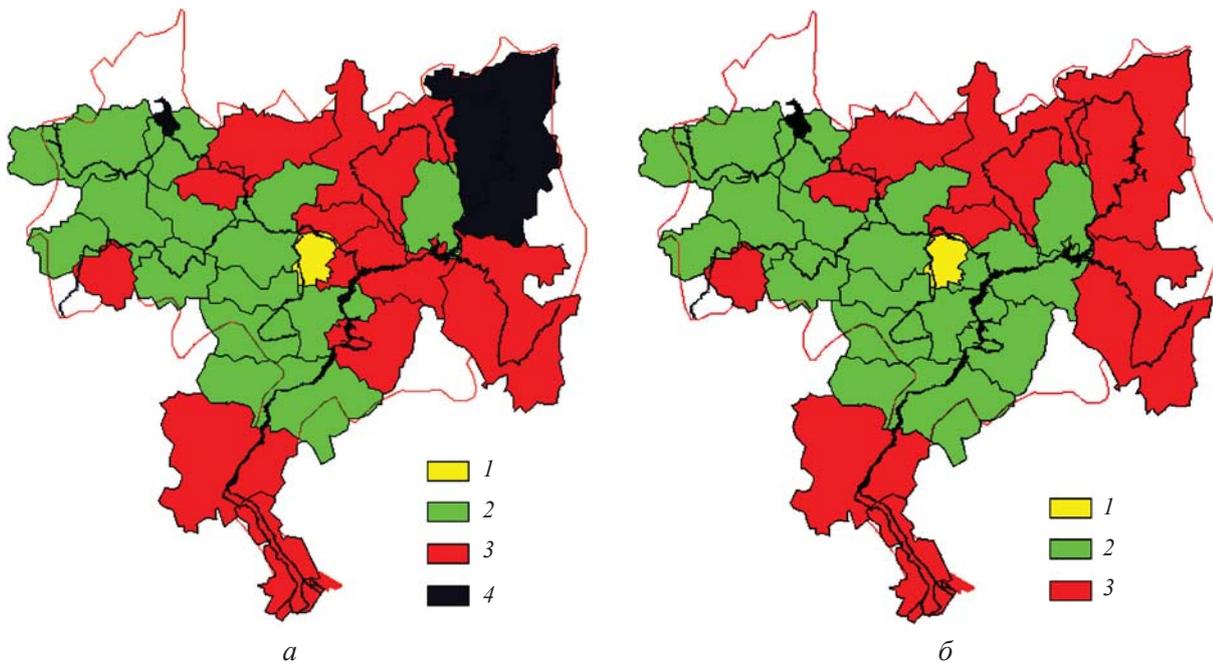


Рис. 4. Экологическая оценка состояния субъектов Федерации на территории Волжского бассейна по обобщенной функции желательности (а – по  $D_5$ , б – по  $D_7$ ): 1 – хорошая; 2 – удовлетворительная; 3 – плохая; 4 – очень плохая

Расчетные значения  $D_7$ , включающие как «нежелательные», так и «желательные» показатели, также приведены в табл. 7, а пространственное распределение по градациям экологического состояния показано на рис. 4, б. Характеристика экологической ситуации (по  $D_7$  в сравнении с по  $D_5$ ) заметно сместилась в лучшую сторону в Республике Татарстан, Пермском крае и Самарской области.

Проведенный анализ значений обобщенной функции желательности ( $D_7$ ) территории Волжского бассейна свидетельствует, что наиболее благополучная экологическая обстановка по

комплексу выбранных показателей имеет место в Чувашской Республике, а самая неблагополучная – в Пермском крае, Тульской и Ивановской областях.

Комплексные (интегральные) показатели (composite indices), полученные по любой из описанных процедур, подвергаются стандартному преобразованию в нормированную шкалу, сохраняются в базе данных и наряду с другими индивидуальными показателями могут быть использованы в дальнейшей обработке методами статистического моделирования или отображены на картограмме. К рассмотренным выше показа-



телям (включая представленные в табл. 1) можно добавить следующие (см. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Индекс\\_человеческого\\_развития](http://ru.wikipedia.org/wiki/Индекс_человеческого_развития)).

*Истинный показатель прогресса* (Genuine Progress Indicator, GPI; разработан Общественным некоммерческим институтом Redefining Progress) – это концепция в «зелёной экономике» и экономике благосостояния, предлагаемая на замену ВВП как измерение экономического роста. Многие защитники GPI утверждают, что в некоторых ситуациях экономический рост может обернуться бедой для общества, поэтому необходим показатель, учитывающий и такие факторы, как экологическая обстановка, социальное напряжение, здоровье нации.

*Индекс развития с учётом неравенства полов* (Gender-related Development Index, GDI) оценивает человеческое развитие по тем же критериям, что и ИРЧП; различие заключается в том, что чем выше разница в ИРЧП для мужчин и женщин, тем ниже GDI.

*Индекс гендерного неравенства* (Gender Inequality Index, GII) – оценивает неравенство в возможностях достижений между мужчинами и женщинами в трех измерениях: репродуктивном здоровье, расширении прав и возможностей, а также на рынке труда.

*Измерение наделённости полномочиями по полам* (Gender Empowerment Measure, GEM) фокусируется на неравенстве возможностей полов, а не на их способностях. GEM основывается на показателях политического и экономического участия и статистики денежных доходов.

*План благосостояния Вандерфорда–Райли* (Vanderford–Riley well-being schedule) – показатель уровня жизни, учитывающий несколько показателей на душу населения. В США к ним относят рабочие часы в неделю, ценность собственного имущества физических лиц, отношение числа собственников имущества к числу несобственников, отношение числа работающих на себя к числу всех трудоустроенных, а также процент людей, способных удовлетворить свои первичные нужды.

*Индекс качества жизни по версии журнала «Economist Intelligence Unit»* (The Economist Intelligence Unit's quality-of-life index). Этот показатель сочетает в себе как объективные данные, получаемые от статистических агентств, так и результаты опросов населения на предмет отношения к различным жизненным явлениям. Индекс рассчитывается на основе 9 факторов: материальное благополучие (ВВП на душу населения и паритет покупательной способности), ожидаемая продолжительность жизни ново-

рождённых, рейтинги политической стабильности и безопасности, семейная жизнь (число разводов на тысячу человек в год), активность сообществ (религиозных, торговых и других), теплота климата (широта – для различения холодных и жарких климатов), гарантия работы (уровень безработицы), индексы политической и гражданской свободы, гендерное равенство (соотношение доходов мужчин и женщин). 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 ввёл четвёртый король Бутана Джигме Сингье Вангчук (Jigme Singye Wangchuck) в 1972 г. Смысл этого понятия для Бутана состоит в развитии такой экономики, которая соответствовала бы уникальной бутанской культуре, основанной на буддийских духовных ценностях. Духовные ценности и моральные цели трудно поддаются оценке и планированию, поэтому ВНС (GNH) – это лозунг для целей пятилетнего планирования развития экономики. Общепринятого численного показателя концепция не имеет, если не считать *международный индекс счастья* (Happy Planet Index) – индекс, отражающий благосостояние людей и состояние окружающей среды в разных странах мира (для его расчета используются три показателя: субъективная удовлетворенность жизнью людьми, ожидаемая продолжительность жизни и так называемый «экологический след»; см. [22]).

*Индекс недолговечности государства* (Index of the fragility of the state; ISF) сочетает в себе множество измерений двух важнейших качеств государственных показателей: эффективности и легитимности. В последней версии ISF имеет набор восьми базовых значений составляющих показателя за предыдущие годы и рассмотрения изменений по каждому показателю с течением времени (варьируется в диапазоне от 0 до 23, где 0 – низкая, 23 – самая высокая недолговечность [www.systemicpeace.org]).

*Индекс восприятия коррупции* (Corruption perception index; CPI) – ординация стран мира в соответствии со степенью коррупции в восприятии государственных служащих и политиков (экспертные оценки варьирует от 0 до 10, где 0 – максимальный уровень коррупции, 10 – минимальный), и хотя корни коррупции мы находим еще в древние времена, ее «взрыв»



произошел в конце XX – начале XXI в., в ходе роста степени глобализации. Наличие коррупции в одних странах стало негативно влиять на развитие других стран [www.transparency.org].

*Индекс качества жизни* разработан международной организацией International Living. Этот индекс формируется с помощью следующих девяти показателей: стоимость проживания, отдыха и культуры, экономического положения, состояния окружающей среды, свободы людей, здравоохранения, инфраструктуры, рисков и безопасности жизни, климатических условий [www.internationalliving.com] (сравни с *индексом физического качества жизни* М. Морриса; см. табл. 1).

*Индекс роста конкурентоспособности.* Рост индекса конкурентоспособности был 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 конкурентоспособности состоит из трех групп комплексных показателей (категорий экономической политики): группа основных показателей, показатели эффективности усиления и группа инновационного и творческого внедрения в экономике [www.weforum.org].

*Индекс экономической свободы* разработан Heritage Foundation. Этот индекс формируется по десяти показателям: торговой политики страны, финансовой нагрузки со стороны правительства, государственного вмешательства в экономику, монетарной политики, потоков капитала и иностранных инвестиций, банковской и финансовой деятельности, политики формирования цен и выплат, права на частную собственность, политики регулирования и неформальной деятельности на рынке. Эти десять показателей рассчитываются на основе экспертных оценок с использованием различных наборов экономических, финансовых, законодательных и административных данных [www.heritage.org].

*Коэффициент Джини* (Corrado Gini [1884–1965] – итальянский экономист, статистик) мера – статистической дисперсии, обычно используемой как показатель неравенства в распределении доходов и неравенства распределения богатства (по своей логике близок индексу социально-экономической дисгармонии в обществе М. Китинга; см. табл. 1). Он определяется как отношение со значениями от 0 до 1: низкий коэффициент Джини указывает на более равные доходы и их распределение, в то время как высокий коэффициент Джини указывает на более неравное распределение. Ноль соответствует

абсолютному равенству, а 1 – абсолютному неравенству (там, где один человек имеет все доходы, а все остальные имеют нулевой доход). По всему миру коэффициент Джини варьируется от, примерно, 0,230 в Швеции до 0,707 в Намибии (хотя и не во всех странах проходит оценка [www.undp.org]).

### Заключение

Не будем забывать, что сложные системы обладают простыми (аддитивными) и сложными (неаддитивными) свойствами [26]. В рамках «индексологии» иногда удается описать тем или иным эвристическим способом именно *простые свойства сложных систем*. Самый наглядный пример – введение Г. Омом (Georg Simon Ohm; 1789–1854) без колебаний и особых теоретических обоснований показателя «сопротивление» путем деления напряжения (в вольтах) электрической цепи на силу тока (в амперах), что позволяет нам в течение 180 лет успешно пользоваться этой никем не измеренной и имеющей (в данном контексте) сомнительный «реальный» смысл величиной. Или, например, «придуманный» *индекс плотности населения*, описанный в словаре И. И. Дедю [32]:  $(N \times B)^{0,5}$ , где  $N$  – численность,  $B$  – биомасса организмов. В данном случае обилие (характеризуемое  $N$  и  $B$ ) является сложной характеристикой сложной системы. И сопротивление Ома, и индекс плотности населения были бы более «реальными», если бы они «вытекали» из некоторой оптимизационной модели (в частности,  $(N \times B)^{0,5}$  является максимумом функции  $2/3(N \times B)^{3/2}$ ; и какие надо «заложить» гипотезы, чтобы получить такую зависимость?..). Как доказывает репрезентативная теория измерений (см., например: [6, 33–35]), такие показатели сложных характеристик сложных систем являются, как правило, неаддитивными и их агрегирование нельзя проводить путем расчета средневзвешенных величин.

Можно приводить много примеров того, как «осредняя» несколько исходных показателей и превращая их в *агрегированный (интегральный, комплексный) индекс*, мы неизбежно сводим все множество информационно насыщенных сигналов к некоторому средневзвешенному узкополосному уровню («обрезаем все неровности, превращая мир данных в хорошо подстриженную лужайку»). Это особенно характерно для оценки градаций экологического состояния изучаемого объекта по всему имеющемуся множеству показателей. Для состояния, характеризуемого как «экологическая катастрофа», вполне достаточно, чтобы всего лишь один из



анализируемых компонентов превысил летально опасный уровень загрязнения (проявление экологического принципа лимитирующих факторов и закона критических значений фактора [26, с. 174–176]). Если, например, все остальные показатели находятся на безопасном уровне воздействия, то комплексный индекс, построенный с использованием гипотезы аддитивности, может оценить текущую экологическую обстановку как вполне стабильную (классический пример такой ситуации – Всемирный потоп).

Другим возможным вариантом синтеза комплексных показателей является метод оценки *расстояния до критического звена*. Пусть, например, установлено, что на всем множестве объектов имеется «наихудший эталон» – многомерная точка (объект), для которой по анализируемому набору исходных показателей имеют место наихудшие значения, из всех встречающихся, с точки зрения благоприятности условий окружающей среды. Тогда значение комплексного показателя для всех остальных точек может быть интерпретировано как функция расстояния от данного объекта до выделенного «наихудшего эталона». По совершенно аналогичному принципу может быть определен «наилучший эталон» и найден вектор расстояний от каждой точки до найденного экстремума. Если, например, использовать в качестве метрики пространства расстояние по Евклиду, то будет подчеркнута влияние отдельных координат, имеющих аномально большие разности, поскольку они возводятся в квадрат (получается, своего рода, «мера диссонанса» [36]).

Доклады о развитии человеческого потенциала (Human Development Report) издаются по инициативе Программы развития Организации Объединенных Наций (ПРООН) во многих странах мира и являются составной теоретико-методической частью общих представлений об «устойчивом развитии» [2, 10, 37–41]. Конструктивный системный подход к анализу СЭЭС Волжского бассейна с использованием ЭИС REGION демонстрирует возможности статистического анализа подобных индексов и может стать основой их оптимизации. В целом проблема имеет множество областей для изучения в силу широты и глубины факторов, определяющих устойчивость развития территорий разного масштаба.

#### Список литературы

1. Григорьев А. А., Кондратьев К. Я. Глобальные изменения : проблема индикаторов устойчивого развития // Изв. Рус. геогр. о-ва. 1996. Т. 128, вып. 4. С. 26–37.
2. Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Экологический вызов и устойчивое развитие. М. : Прогресс-Традиция, 2000. 416 с.
3. Бобылев С. Н., Соловьёва С. В. Методические рекомендации по разработке и внедрению индикаторов устойчивого развития регионального уровня. М. : ERM, 2003. 36 с.
4. Бобылев С. Н. Концептуальные основы разработки системы индикаторов устойчивого развития // Семинар Ин-та ВБ и АНХ «Индикаторы устойчивого развития», Москва, ноябрь, 2003. URL: <http://www.nesdca.narod.ru/maile/Rassylka08.doc>.
5. 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. URL: <http://www.inftech.webservis.ru/it/conference/scm/2000/plenum/muzalev.htm>.
6. 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.
7. Розенберг Г. С. Волжский бассейн : на пути к устойчивому развитию. Тольятти : ИЭВБ РАН; Кассандра, 2009. 477 с.
8. 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.
9. Розенберг Г. С. Экологическая экономика и экономическая экология: состояние и перспективы (с примерами по экологии Волжского бассейна) // Экология. 1994. № 5. С. 3–13.
10. Устойчивое развитие Волжского бассейна: миф – утопия – реальность... / под ред. В. М. Захарова, Г. С. Розенберга и Г. Р. Хасаева. Тольятти : Кассандра, 2012. 226 с.
11. Гелашивили Д. Б., Басуров В. А., Розенберг Г. С. Экологическое зонирование территорий с учетом роли сохранившихся естественных экосистем (на примере Нижегородской области) // Поволж. экол. журн. 2003. № 2. С. 99–108.
12. Горшков В. Г. Пределы устойчивости окружающей среды // Докл. АН СССР. 1988. Т. 301, № 4. С. 1015–1019.
13. Горшков В. Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. М. : ВИНТИ, 1995. 470 с.
14. Morris M. D. Measuring the Condition of the World's Poor : The Physical Quality of Life Index. N.Y. : Pergamon Press, 1979. 175 p.
15. Федотов А. П. Глобалистика : Начала науки о современном мире : курс лекций. М. : Аспект Пресс, 2002. 224 с.



16. Китинг М. Новый регионализм в Западной Европе // Логос. 2003. № 6. С. 67–116.
17. Костина Н. В., Розенберг Г. С., Шитиков В. К. Экспертная система экологического состояния бассейна крупной реки // Изв. СамНЦ РАН. 2003. Т. 5, № 2. С. 287–294.
18. Костина Н. В. REGION : экспертная система управления биоресурсами. Тольятти : СамНЦ РАН, 2005. 132 с.
19. Брусиловский П. М., Розенберг Г. С. Модельный штурм при исследовании экологических систем // Журн. общ. биол. 1983. Т. 44, № 2. С. 266–274.
20. Доклад о развитии человеческого потенциала в регионах России на 2013 год. Центр гуманитарных технологий. URL: <http://gtmarket.ru/news/2013/06/17/6014>.
21. Лиена И. Я. Показатель удельного веса влияния факторов воздействия // Учен. зап. Латв. ун-та. Рига : Изд-во Латв. ун-та, 1971. С. 36–40.
22. Печуркин Н. С., Сомова Л. А. Техногенная цивилизация: от социально-экономической к экологической неустойчивости // Вестн. РАН. 2014. Т. 84, № 2. С. 153–158.
23. Захаров В. М. Устойчивое развитие. «Рио + 20» : новые вызовы // Устойчивое развитие Волжского бассейна : миф – утопия – реальность... / под ред. В. М. Захарова, Г. С. Розенберга и Г. Р. Хасаева. Тольятти : Кассандра, 2012. С. 5–15.
24. Левашов В. К. Социально-политические риски устойчивого развития // Вестн. РАН. 2014. Т. 84, № 2. С. 143–152.
25. Rees W. E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out // Environment and Urbanisation. 1992. Vol. 4, № 2. P. 121–130.
26. Розенберг Г. С., Мозговой Д. П., Гелаивили Д. Б. Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии. Самара : СамНЦ РАН, 1999. 396 с.
27. Адлер Ю. Н., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М. : Наука, 1976. 279 с.
28. Воробейчик Е. Л., Садыков О. Ф., Фарафонов М. Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург : Наука, 1994. 380 с.
29. Гелаивили Д. Б., Захаров В. М., Королев А. А. Интегральная оценка эколого-экономической информации // На пути к устойчивому развитию России. 2004. № 29. С. 13–16.
30. Гелаивили Д. Б., Королев А. А., Басуров В. А. Зонирование территории по степени нагрузки сточными водами с помощью обобщенной функции желательности (на примере Нижегородской области) // Поволж. экол. журн. 2006. № 2/3. С. 129–138.
31. Гелаивили Д. Б., Копосов Е. В., Лантев Л. А. Экология Нижнего Новгорода. Н. Новгород : ННГАСУ, 2008. 530 с.
32. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев : Гл. ред. Молд. сов. энциклопедии, 1990. 408 с.
33. Орлов А. И. Устойчивость в социально-экономических моделях. М. : Наука, 1979. 296 с.
34. Орлов А. И. Прикладная статистика. М. : Экзамен, 2004. 656 с.
35. Толстова Ю. Н. Измерение в социологии. М. : Инфра-М, 1998. 222 с.
36. Розенберг Г. С. О сравнении различных методов автоматической классификации // Автоматика и телемеханика. 1975. № 9. С. 145–148.
37. Розенберг Г. С., Гелаивили Д. Б., Краснощеков Г. П. Крутые ступени перехода к устойчивому развитию // Вестн. РАН. 1996. Т. 66, № 5. С. 436–440.
38. Коптюг В. А., Матросов В. М., Левашов В. К., Демьяненко Ю. Г. Устойчивое развитие цивилизации и место в ней России : проблемы формирования национальной стратегии // Коптюг В. А. Наука спасет человечество. Новосибирск : Изд-во СО РАН НИЦ ОИГГМ, 1997. С. 270–272.
39. Розенберг Г. С., Краснощеков Г. П., Крылов Ю. М. Устойчивое развитие : мифы и реальность. Тольятти : ИЭВБ РАН, 1998. 191 с.
40. Розенберг Г. С., Черникова С. А., Краснощеков Г. П. Мифы и реальность «устойчивого развития» // Проблемы прогнозирования. 2000. № 4. С. 130–154.
41. Розенберг Г. С., Краснощеков Г. П., Гелаивили Д. Б. Опыт достижения устойчивого развития на территории Волжского бассейна // Устойчивое развитие. Наука и практика. 2003. № 1. С. 19–31.