

Институт устойчивого развития  
Общественной палаты РФ  
Центр экологической политики России  
Институт экологии Волжского бассейна РАН

ВОЛЖСКИЙ БАССЕЙН.  
УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ:  
ОПЫТ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Ответственный редактор  
Г.С. Розенберг

Москва  
2011

УДК 330.3; 502.3; 504.062  
ББК 65.28  
В67

При реализации проекта используются средства государственной поддержки, выделенные в качестве гранта в соответствии с распоряжением Президента Российской Федерации от 8 мая 2010 года № 300-рп

**В67** Волжский бассейн. Устойчивое развитие: опыт, проблемы, перспективы / Под ред. Г.С. Розенберга. — М.: Институт устойчивого развития Общественной палаты Российской Федерации/Центр экологической политики России, 2011. — 104 с.

Коллектив авторов:

Розенберг Г.С., Костина Н.Г., Шитиков В.К., Евланов И.А., Гелашвили Д.Б., Зибарев А.Г., Зибарев С.С., Иванов М.Н., Карпенко Ю.Д., Кудинова Г.Э., Кузнецова Р.С., Лифиренко Д.В., Лифиренко Н.Г., Носкова О.Л., Пыршева М.В., Розенберг А.Г., Саксонов С.В., Сенатор С.А., Шиманчик И.П., Юрина В.С.

ISBN

УДК 330.3; 502.3; 504.062  
ББК 65.28

ISBN

© Институт устойчивого развития  
Общественной палаты РФ, 2011  
© Центр экологической политики России, 2011  
© Институт экологии Волжского бассейна  
РАН, 2011

# Содержание

|                                                                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Введение.....</b>                                                                                                   | <b>4</b>  |
| <b>Волжский бассейн. Общая характеристика.....</b>                                                                     | <b>7</b>  |
| <b>Методы оценки устойчивого развития.....</b>                                                                         | <b>15</b> |
| Индексы (индикаторы) устойчивого развития.....                                                                         | 15        |
| Экспертная система REGION для бассейна крупной реки.....                                                               | 28        |
| <b>Комментарий к некоторым показателям устойчивого развития<br/>применительно к территории Волжского бассейна.....</b> | <b>42</b> |
| <b>Районирование территории Волжского бассейна.....</b>                                                                | <b>69</b> |
| <b>Оценка экосистемных услуг для территории<br/>Волжского бассейна.....</b>                                            | <b>74</b> |
| <b>Заключение. Направления социально-экологической<br/>реабилитации территорий Волжского бассейна.....</b>             | <b>81</b> |
| <b>Литература.....</b>                                                                                                 | <b>89</b> |

## Введение

Разрешение экологического кризиса путем волевых усилий человечества может быть осуществлено только в глобальном (биосферном) масштабе.

Суббиосферный уровень – регуляция антропогенной нагрузки на крупных территориях. Обычно они определяются не как естественные биосферные выделы, а как межгосударственные объединения, сообщества (ЕЭС, НАТО, СНГ). Первоначально это были двух и многосторонние соглашения о совместном использовании, охране природных ресурсов (устрицы, рыба, морские животные, перелетные птицы и пр.) и объектов (крупные реки, моря, отдельные заповедники и национальные парки). Прогресс в этом направлении идет за счет увеличения количества регулируемых параметров, влияющих на экологическую обстановку, повышения ответственности за трансграничные воздействия, расширения территории до охвата отдельных материков в целом. Последние можно назвать естественными суббиосферными выделами первого порядка.

Учитывая, что достижение соглашений об охране таких обширных выделов применительно к континентам, занятым развивающимися странами, может вызвать значительные затруднения, целесообразно в качестве естественных суббиосферных выделов второго порядка принять бассейны крупных рек. В пользу такого выбора можно привести следующие соображения.

- Бассейны рек неразрывно связаны с развитием цивилизаций – именно здесь они зарождались, развивались и умирали, если вмешательство человека в естественные процессы приводило к деградации природных комплексов (цивилизации Нижней Халдеи, Средней Азии).
- На берегах рек, наряду с морскими побережьями, сосредоточена основная масса населения. Распределение его по бассейну может

существенно отличаться в зависимости от климато-географических особенностей – в одних случаях наиболее высокая концентрация населения сосредоточена в верховьях (Обь), в других – в низовьях рек (Нил, реки Ближнего, Среднего и Дальнего Востока). Но основная масса населения и практически весь промышленный потенциал человечества (и, соответственно, основная антропогенная нагрузка), связаны с бассейнами крупных рек. Напротив, основные природные ресурсы приурочены в большинстве случаев к водоразделам, бассейнам малых рек и, в принципе, антропогенные воздействия могут быть достаточно успешно «смягчены» путем локальных природоохранных мероприятий.

- Бассейны рек являются природными комплексами, включающими обычно несколько климато-географических зон. Побережья рек представляют собой интразональные сообщества, отличающиеся наибольшим биологическим разнообразием и распространением видов за пределы основного ареала. Охрана их – наиболее эффективный способ сохранения биоразнообразия. Стабилизация экологической обстановки в пределах бассейна вносит реальный вклад не только в сохранение отдельных объектов, но и биосферы в целом.
- С крупными реками, а так же с их эстуариями, ассоциированы основные запасы животного белка. На протяжении тысячелетий рыбные запасы были одним из основных источников пищевых ресурсов человечества и весьма сомнительно, что полноценное его питание может быть обеспечено при их утрате. К тому же их воспроизводство может быть достаточно легко интенсифицировано путем использования методов биотехнологии.
- Крупные реки и связанные с ними подземные источники являются жизненно важным ресурсом питьевой воды, истощение которой является сегодня одной из основных составляющих глобального экологического кризиса.
- Крупные реки являются «коллекторами» совокупного загрязнения водосборных территорий продуктами человеческой деятельности, посредством их загрязнения распространяются на Мировой Океан и только через предупреждение загрязнения крупных рек можно сохранить гидросферу в состоянии, способном поддержать существование биосферы.
- Бассейны крупных рек, даже включающие несколько стран, находятся в сфере деятельности одной цивилизации. При наличии этни-

ческих различий, эколого-социальные взаимодействия соседних стран в использовании рек имеют глубокие исторические корни, позволяющие легче достичь консенсуса на основе компромиссов, нежели при решении глобальных проблем охраны биосферы представителями разных цивилизаций. Международные взаимодействия по регулированию использования крупных рек (по крайней мере, в Европе) имеют почти вековой опыт и экономико-правовые аспекты охраны рек разработаны более полно. Отношение к крупным рекам, как к источнику благосостояния, заложено в менталитете населения – для необходимости их охраны не нужны ссылки на глобальный экологический кризис.

# Волжский бассейн.

## Общая характеристика

Волга – крупнейшая река Европы, национальная гордость России – протянулась на 3531 км. Бассейн р. Волги занимает на Русской равнине площадь порядка 1,36 млн км<sup>2</sup> (62% европейской части России, 8% всей России или почти 13% территории всей Европы) и включает 41 административную единицу (области, республики и столицу нашей Родины – Москву), две из них – в Казахстане, остальные – в России. На 1910 км он простирается с севера на юг и на 1805 км (в верхней части) – с запада на восток (рисунок 1 и рисунок 2).

Веками складывающееся равновесие между природными процессами в таком огромном бассейне и непосредственно в реке, было нарушено зарегулированием её стока. Это привело к созданию «мощного энерго-транспортно-ирригационного народно-хозяйственного комплекса Волжского бассейна... для развития крупных промышленных узлов, включающих и некоторые электроёмкие производства (например, электрохимия и электрометаллургия)», как об это говорилось в Резолюции ноябрьской 1934 г. сессии Академии наук СССР, посвященной проблеме Волго-Каспия (Резолюции ноябрьской..., 1934). Почти тоже самое через четверть века повторил Н.С. Хрущев, приветствуя 10 августа 1958 г. строителей Волжской ГЭС им. В.И. Ленина: «Созданная вашими руками Куйбышевская электростанция дает электроэнергию в 5 раз больше, чем давали все электростанции дореволюционной России, вместе взятые. Она уже снабжает электроэнергией столицу нашей Родины – Москву, промышленность Куйбышевской и Саратовской областей, нефтепромыслы Татарии. Её ток скоро даст дополнительную энергию могучей индустрии Урала. На базе Куйбышевского гидроузла растет новый крупный промышленный район с предприятиями ряда важнейших отраслей индустрии» (Волжская ГЭС..., 1963, с. 14). Все это более чем в десять раз замедлило водообмен в бассейне, что, есте-





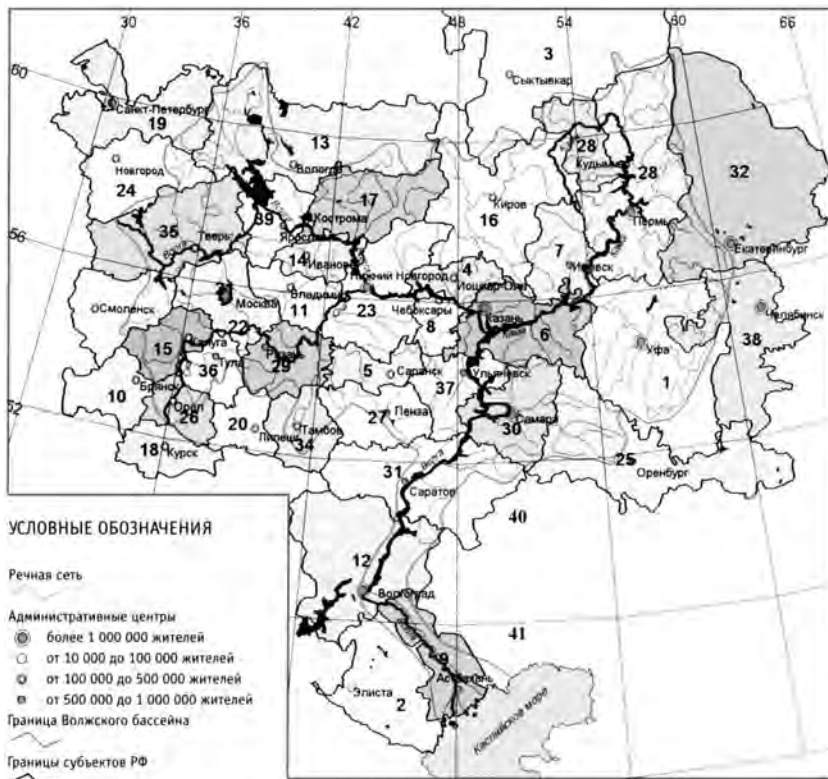


Рис. 2. Карта-схема Волжского бассейна. Административное деление территории (Найденко, 2003, т. 1, с. 17; автор – Е.Г. Дряхлова).

|                            |                   |                   |                  |
|----------------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Россия                     |                   |                   |                  |
| Республики:                | Области:          |                   |                  |
| 1. Башкортостан            | 9. Астраханская   | 19. Ленинградская | 29. Рязанская    |
| 2. Калмыкия – Хальмг Тангч | 10. Брянская      | 20. Липецкая      | 30. Самарская    |
|                            | 11. Владимирская  | 21. Московская    | 31. Саратовская  |
| 3. Коми                    | 12. Волгоградская | 22. г. Москва     | 32. Свердловская |
| 4. Марий Эл                | 13. Вологодская   | 23. Нижегородская | 33. Смоленская   |
| 5. Мордовия                | 14. Ивановская    | 24. Новгородская  | 34. Тамбовская   |
| 6. Татарстан               | 15. Калужская     | 25. Оренбургская  | 35. Тверская     |
| 7. Удмуртская              | 16. Кировская     | 26. Орловская     | 36. Тульская     |

|                                    |                 |                               |                 |
|------------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|
| 8. Чувашская –<br>Чаваш Республика | 17. Костромская | 27. Пензенская                | 37. Ульяновская |
|                                    | 18. Курская     | 28. Пермский край             | 38. Челябинская |
|                                    |                 |                               | 39. Ярославская |
| Казахстан                          | Области:        | 40. Западно-<br>Казахстанская | 41. Атырауская  |

В результате гидростроительства<sup>1</sup> (только на самой Волге создано восемь крупнейших водохранилищ; см. таблицу 1) было затоплено более 20 тыс. км<sup>2</sup> высокопродуктивных пойменных земель (в т. ч. более 10 тыс. км<sup>2</sup> пашни, сенокосов и пастбищ; всего в Волжском бассейне к началу 60-х годов было 65 млн га пахотной земли и 75 млн га лесов; Волжская ГЭС..., 1963, с. 19; Конобеева, Салтанкин, 1997), из зоны водохранилищ было переселено около 650 тыс. человек. При этом общее производство электроэнергии составило около 50 млрд кВт\*час<sup>2</sup>. Иными словами, один квадратный метр затопленной территории (повторим, – высокопродуктивных земель) дает 2,5 кВт\*час электроэнергии в год (иными словами квадратный метр таких земель «дает» в год 4-5 рублей; естественно, это грубая оценка, но и она свидетельствует о крайне нерациональном характере использования этих территорий).

Русло Волги и её притоки расположены по низменностям и лишь в некоторых местах река прорезает возвышенности (например – Самарская Лука в районе Жигулевских гор). Это определяет конфигурацию водохранилищ и бассейна в целом: при более чем 150 тысяч рек и речек длиной более 10 км, из которых 2,6 тысяч впадает непосредственно в Волгу, формирование боковой приточности практически заканчивается ниже слияния Волги с Камой. В Каспийское море Волга ежегодно приносит примерно 250 км<sup>3</sup> воды.

В дополнение к многочисленным природным факторам формирования качества воды в Волге добавился антропогенный. Промышленность и сельское хозяйство в Волжском бассейне дают весомую часть всей продукции России и, соответственно, пропорционально этому велика антропогенная нагрузка на регион. В 1990 г. (сравнение с этим

<sup>1</sup> Ежегодно на Земле вступает в эксплуатацию несколько сотен новых водохранилищ. Сегодня их число (Авакян, 2005, с. 9-10) превышает 60 тыс., объем – 6,6 тыс. км<sup>3</sup>, а площадь водного зеркала – около 400 тыс. км<sup>2</sup> (почти Швеция). Все это привело к преобразованию природных условий на площади в 1,5 млн км<sup>2</sup> (а это – уже 1% суши всей Земли или площадь Монголии...).

<sup>2</sup> В.И. Лукьяненко (2006, с. 297) в зависимости от разных по водности лет говорит о суммарной выработке электроэнергии от 36 до 41 млрд кВт\*час. Потенциальные запасы водной энергии рек Волжского бассейна оцениваются примерно в 100 млрд кВт\*час в год (Волжский и Камский каскады..., 1960; Волжская ГЭС..., 1963, с. 19).

годом обосновано тем, что это был последний год перед спадом производства у нас в стране – что-то на подобие 1913 г. для демонстрации успехов советской экономики) в Волжском бассейне произведено на 260,6 млрд руб. промышленной продукции (более 45% общего производства России). Площадь сельскохозяйственных угодий в бассейне была 65,3 млн га (29%), из них пашня – 45,2 млн га (34%). Сегодня чуть более 40% населения всей России, проживающего в Волжском бассейне, производит 45% промышленной и 50% сельскохозяйственной продукции, здесь расположено 38% всех сельскохозяйственных площадей страны (Пряжинская и др., 2002).

**Таблица 1. Некоторые характеристики водохранилищ р. Волги (Волга и её жизнь, 1978; Авакян и др., 1987, с. 306-312; Концепция Российской..., 1992, с. 94; Найденко, 2003, т. 1, с. 59-60)**

| Водохранилище                                 | Длина, км | Площадь водосбора, тыс. км <sup>2</sup> | Площадь зеркала, км <sup>2</sup> | Полный объем, км <sup>3</sup> | Выработка электроэнергии, млрд кВт*ч | Переселено жителей, тыс. чел. |
|-----------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Иваньковское                                  | 145       | 41                                      | 327                              | 1,12                          | 0,1                                  | 19,5                          |
| Угличское                                     | 136       | 59                                      | 249                              | 1,24                          | 0,2                                  | 24,6                          |
| Рыбинское                                     | 250**     | 143                                     | 45505*                           | 25,42                         | 0,9                                  | 116,7                         |
| Горьковское                                   | 448       | 221                                     | 1591                             | 8,82                          | 1,5                                  | 47,7                          |
| Чебоксарское*                                 | 340       | 594                                     | 2190                             | 13,80                         | 3,3                                  | 42,7                          |
| Куйбышевское                                  | 484       | 1187                                    | 59005*                           | 58                            | 19,8                                 | 150                           |
| Саратовское                                   | 348       | 1266                                    | 1831                             | 12,37                         | 5,3                                  | 25,3                          |
| Волгоградское                                 | 546       | 1332                                    | 3117                             | 31,45                         | 10,9                                 | 50                            |
| Все водохранилища Волжско-Камского каскада*** | 3000      | 1360                                    | 20700                            | 143,86*                       | 494*                                 | 642,9                         |

Примечание. \* – при проектном НПУ (нормальном подпорном уровне); \*\* – длина от Угличской до Шекснинской плотины (Экологические проблемы Верхней..., 2001, с. 5); \*\*\* – см. Водохранилища и их воздействие..., 1986, с. 305; 4\* – см. Большая Волга..., 1993, с. 63; 5\* – Куйбышевское водохранилище занимает третье место в мире по площади зеркала, Рыбинское – восьмое (первое – озеро Вольта [Гана], второе – водохранилище Смолвуд [Канада]); 6\* – по полному объему накапливаемой воды каскад занимает шестое место в мире.

После завершения строительства каскада ГЭС уже десятки лет во время регулируемого (отнюдь не по экологическим принципам) весеннего половодья и при летне-осенних дождевых паводках в Волгу смывается вся «грязь» с водосбора. Промышленные предприятия используют реку в качестве бесплатного приемника сточных вод – ежегодно в бассейн сбрасывается до 20% всех сточных вод России, в атмосферу густонаселенных городов Поволжья выбрасывается в год почти 30% всех вредных веществ, выбрасываемых в России, и все это в конечном итоге опять же попадает в воду. Два самых крупных притока Волги разделяют расстояние примерно 400 км, причем Ока несет в Волгу воды, трансформированные мощной Московской промышленной зоной, Кама – нефтепромыслами и предприятиями по переработке нефти. Вероятно, основная антропогенная нагрузка на Волгу, в формировании которой участвует поверхностный, внутрипочвенный и подземный сток, заканчивается на первых 1,5 тыс. км реки. Меньше всего сточными водами нагружена Верхняя Волга (7,6% от водного стока); для Средней Волги общая нагрузка составляет 9,2%, для Нижней – 9,4% (Селезнёв и др., 2003). По данным В.И. Лукьяненко (1996, с. 77), на конец 90-х годов «среднегодовая токсическая нагрузка на экосистемы р. Волга и её притоков в 5 раз превосходит среднегодовую токсическую нагрузку на водные экосистемы других регионов России. В результате р. Волга почти на всем протяжении от Твери до Астрахани – это водоем качественного истощения, вода которого уже не пригодна для разбавления и «нейтрализации» даже «нормативно-очищенных» сточных вод».

Исследования, проведенные Институтом экологии Волжского бассейна РАН в 1997-2010 гг. на Средней и Нижней Волге, показали, что, несмотря на снижение антропогенной нагрузки за последнее десятилетие, качество волжской воды остается неудовлетворительным. По ряду гидрохимических показателей вода Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского водохранилищ не удовлетворяет нормативным требованиям, предъявляемым к водоемам рыбохозяйственного назначения, в критическом состоянии находятся притоки и малые реки (Чапаевка, Криуша, Черниха, Березина и др.). Приоритетными загрязнителями для поверхностных вод этой территории являются нефтепродукты, органическое вещество (по БПК и ХПК), азот аммонийный и нитритный, марганец, железо, тяжелые металлы (медь, цинк, хром, никель).

Размеры зон опасного загрязнения, формирующиеся в местах сбросов крупных промышленных центров, могут достигать нескольких километров, в эпицентрах этих зон концентрация химических веществ

может в десятки раз превышать фоновые показатели и ПДК, идет интенсивное накопление загрязняющих веществ в донных отложениях, наблюдается нарушение структуры и функционирования гидробиоценозов. Река Волга в сравнении с другими крупными реками России (Селезнёв и др., 2003; Селезнёва, 2005, 2007) подвергается наибольшей антропогенной нагрузке от сточных вод (табл. 2). При этом дифференцированная нагрузка на Волгу по отдельным загрязняющим веществам больше, чем на Обь в 4-28 раз, а на Енисей – в 7-196 раз.

Общий объем водоотведения в Волгу составляет 13% от стока (в средний по водности год в районе города Волгограда). Такое соотношение природных и сточных вод свидетельствует о том, что и сегодня самоочищающая способность реки практически исчерпана.

**Таблица 2. Распределение нагрузки по основным рекам России**

| Бассейн реки | Площадь, тыс. км <sup>2</sup> | Сток реки, км <sup>3</sup> /год | Объем сточных вод, км <sup>3</sup> /год | Нагрузка сточными водами, % |
|--------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|
| Волга        | 1360                          | 254                             | 18,1                                    | 7,1                         |
| Обь          | 2990                          | 404                             | 6,7                                     | 1,7                         |
| Енисей       | 2580                          | 630                             | 3,2                                     | 0,5                         |
| Лена         | 2490                          | 532                             | 0,12                                    | 0,02                        |

На территории Волжского бассейна произведено 26 «мирных» ядерных взрывов (в целях решения проблем народного хозяйства страны) – это почти 20% всех ядерных взрывов, произведенных в России (Булатов, 1993). Следствием таких хронических нагрузок стало устойчивое загрязнение воды и донных отложений.

Среди биологических компонент Волжского бассейна остановимся только на одном: о снижении продуктивности реки можно судить по вылову рыбы. По свидетельству выдающегося зоолога академика Петра Симона Палласа, который в 1768-1769 гг. «прошел» Самарскую губернию в составе Оренбургской академической экспедиции, местное население, в основном, отдавало предпочтение «красной рыбе» (белорыбице, стерляди, осетру, белуге). Другие виды практически не использовались в пищу: чехонь – из-за своей «сухости», сельдь-черно-спинка (бешенка) – из-за боязни «сойти с ума», брезговали сомом – из-за его питания всякой падалью (Евланов и др., 2000). Академик Л.С. Берг (1948) писал: «Главная стерляжья река – это Волга». Еще раз сошлемся на очень подробный отчет о строительстве Волжской ГЭС им. В.И. Ленина (Волжская ГЭС..., 1963, с. 405): «Бассейн Волги в пределах Куйбы-

шевского водохранилища представлял рыбопромысловый район, где средняя годовая добыча рыбы составляла 22,8 тыс. ц, или около 24 кг на 1 га водной поверхности (данные 1948-1950 гг. – Ремарка наша). Почти через 50 лет эти оценки выглядят совсем плачевно – 7,3 кг/га (Евланов и др., 2000, 2001).

Кроме снижения рыбопродуктивности реки, произошло и структурное изменение рыбного населения. Прежде всего (и это очевидно), произошло изменение соотношения реофильных и лимнофильных видов рыб из-за сокращения почти в 5 раз первых; наметилась тенденция изменения типа динамики стада (число длинноцикловых видов увеличилось почти на 10%; наконец, почти в 3 раза возросло число видов с единичной встречаемостью за счет сокращения на треть числа видов с высокой встречаемостью (Евланов и др., 2000).

Население бассейна на 1989 г. составило около 38% от населения России, а по данным последней Всероссийской переписи населения 2002 г. – 38,5% (Розенберг, 2009), то есть это наиболее плотно заселенный регион республики. За последние 15 лет население России сократилось почти на 3 млн человек, в то время как в Волжском бассейне оно не изменилось и составляет сейчас почти 56 млн человек. Перефразируя великого М.В. Ломоносова, можно сказать, что «могущество России прирастать будет Поволжьем».

Все это делает общепризнанным тот факт, что регион Волжского бассейна продолжает оставаться одним из наиболее напряженных по экологической обстановке в России.

# Методы оценки устойчивого развития

## Индексы (индикаторы) устойчивого развития

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 (см., например: Розенберг, 1991; Розенберг, Дунин, 1999; Ячменев и др., 1997; Костина и др., 2003, 2004, 2010). Это 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 контролируемых их состояние и качество.

В 1997 и 1999 гг. в Санкт-Петербурге прошли Международные конференции INDEX-97 и INDEX-99, посвященные экологическим индикаторам и индексам. Все это привело к тому, что при активном участии 58-го комитета СКОПЕ (ISEM)<sup>3</sup> при ЮНЕП (Sustainability indicators..., 1997) удалось достичь согласия относительно общих базовых свойств, которыми должны обладать индикаторы и индексы. Таковыми приняты:

- чувствительность,
- способность к агрегации,
- простота интерпретации,
- научная обоснованность.

Цель введения индикаторов и индексов – оценка состояния СЭЭС, прогноз и поддержка принятия решений по обеспечению устойчивого развития.

---

<sup>3</sup> ISEM – Международное общество экологического моделирования.

На этой основе очень интересный анализ соотношения понятий «индикатор» и «индекс» провел А.А. Музалевский (2000). Индикатор – это не знак и не признак, а указатель (позволяет описывать метку какого-либо основного показателя-параметра) и символ (т. е. он может и должен на количественном языке описывать меру качества, величины или процесса). Отсюда следует, что смысловое и целевое назначения введения индикаторов при условии их удовлетворения вышеприведенным требованиям ISEM, состоит в представлении в сжатой форме информации по следующим основным направлениям:

- в количественной или качественной интегральной оценке состояния и динамики рассматриваемой СЭЭС в целом или отдельных её компонентов;
- в указании численного значения какой-либо величины или совокупности величин, характеризующих взаимодействие и взаимосвязи между СЭЭС;
- в указании численного значения параметров характеристик исследуемых процессов и явлений, протекающих в СЭЭС;
- в указании численных значений показателей-параметров, описывающих свойства исследуемых СЭЭС.

Тогда, индекс – это величина, построенная из индикаторов (Музалевский, 2000).

СЭЭС, как и любая сложная система, характеризуется набором разнообразных свойств, которые тесно связаны с её составом. С другой стороны, в экосистеме протекают процессы и наблюдаются явления (эффекты), также зависящие от её состава и свойств, но в то же время влияющие на эти свойства. Поэтому оценку качества СЭЭС по различным составляющим (социальным, экологическим [биотическим и абиотическим], экономическим), необходимо проводить на основе сопоставления контрольных (измеряемых) и эталонных (установленных) параметров внутри каждой из указанных выше «классов» (по Музалевскому) СЭЭС:

- состав (понимается в обычном общепринятом смысле, т. е. какие именно химические элементы и их устойчивые соединения содержатся в интересующем нас объекте);
- процессы (последовательность состояний [фаз, актов, шагов, этапов, действий и т. д.], т. е. переход объекта из одного состояния в другое);



- свойства (реакция объекта на внешнее воздействие; свойства во многом определяют понятие «качества» объекта);
- явления (эффекты; завершающаяся или конечная стадия процесса, сопровождающаяся изменением начальных параметров [характеристик], либо появлением на выходе новых параметров, отсутствующих ранее).

Это позволяет классифицировать индикаторы (соответственно, и индексы):

- простым индикатором назовем численное значение конкретного параметра (например, для состава – концентрации одного конкретного ингредиента);
- агрегированным индикатором назовем сформированную по согласованным правилам сумму индикаторов, отвечающих численным значениям конкретного параметра (например, концентрациям ингредиентов, выбранных в качестве приоритетных);
- интегральным индикатором назовем сформированную по согласованным правилам сумму всех возможных индикаторов одинакового происхождения и размерности в данном классе;
- наконец, комплексным индикатором назовем сформированную по согласованным правилам сумму индикаторов, взятых из разных составляющих и разных «классов».

Остановимся на способах вычисления так называемых общих (агрегированных, интегральных, комплексных) индексов, которые представляют собой вектор значений результирующего комплексного показателя, полученного в результате информационной свертки (редукции) некоторого подмножества индивидуальных показателей. К настоящему времени практически общеупотребительной схемой такого обобщения данных в экологии и экономике являются методы, основанные на гипотезе аддитивности индивидуальных вкладов<sup>4</sup>. Получаемый таким образом комплексный показатель представляет собой вектор той же размерности, что и базовый, каждый *i*-й компонент которого вычисляется по одной из следующих формул (алгоритм «Суммация»):

<sup>4</sup> В известной степени, принятие гипотезы аддитивности переводит нас в область исследования простых свойств сложных систем (см., например: Флейшман и др., 1982; Розенберг, 1984, 2011; Розенберг и др., 1999; Розенберг, Рянский, 2004), в то время как наибольший интерес представляют именно сложные свойства сложных систем. В системологии (и экологии) такое разделение свойств известно как эмерджентность (англ. emergent – внезапно возникающий; см.: Флейшман, 1982; Одум, 1986; Розенберг и др., 1999).

- простая сумма  $X_i = \sum_{j=1}^p B_{ij}$  ;
- простое среднее  $X_i = \left( \sum_{j=1}^p B_{ij} \right) / p$  ;
- взвешенная сумма  $X_i = \sum_{j=1}^p K_j \cdot B_{ij}$  ;
- взвешенное среднее  $X_i = \left( \sum_{j=1}^p K_j \cdot B_{ij} \right) / \sum_{j=1}^p K_j$  ;

где  $B_{ij}$  – компоненты  $j$ -го вектора, порождающего подмножества из  $p$  исходных показателей, выраженные в нормированной шкале;  $K_j$  – весовые коэффициенты, отражающие относительную важность  $j$ -го показателя в конструкции обобщенного показателя. Множитель  $K_j$  представляет собой произвольное положительное или отрицательное число, задаваемое методами экспертных оценок. В состав порождающего подмножества могут входить как исходные, так и ранее синтезированные обобщенные показатели. Формулы являются взаимно приводимыми: например, если принять  $K_j = 1$ , то комплексный показатель, рассчитанный по формуле «взвешенная сумма», будет равен простой сумме баллов исходных показателей.

В некоторых случаях используется мультипликативная модель получения комплексного показателя, например:  $X_i = \prod B_{ij}^{K_j}$ , которая легко сводится к аддитивной путем логарифмирования исходных переменных.

Однако уместен вопрос: насколько справедлива гипотеза аддитивности применительно к экологическим показателям-индикаторам? По природе отображения предметной области индивидуальные показатели могут быть отнесены к двум основным типам: экстенсивные, или объемные, и интенсивные, или относительные.

Экстенсивные показатели в свою очередь обычно имеют смысл запаса или потока. Величины типа запаса регистрируются на конкретный момент времени и имеют элементарные единицы измерения: экземпляр, тонна, джоуль, метр и т. д. Примерами могут быть накопление гумуса в почве, количество аккумулированной энергии, объем популяции

или видовая плотность. Величины типа потока определяются только за конкретный период времени и имеют размерность «объем в единицу времени»: продукция в день или за вегетативный период, количество поступающей энергии в час, количество изымаемых из экосистемы биологических ресурсов (например, вылов рыбы) и т. д. Величины запаса и потока жестко связаны между собой:

$$S_b[v] + P_i [v/t]t = S_e[v] + P_o [v/t]t ,$$

где  $S_b$  и  $S_e$  – запасы на начало и конец периода ( $v$  – единица измерения),  $P_i$  и  $P_o$  – потоки по увеличению и уменьшению запаса ( $t$  – период). В частности, это соотношение лежит в основе формирования таблиц материально-энергетического баланса. По нашему мнению, нет никаких оснований для отклонения гипотезы аддитивности вкладов для экстенсивных показателей. Действительно, использование простой суммы биомасс отдельных составляющих сообществ дает общую биомассу живых организмов в экосистеме, взвешенная на ПДК сумма выбросов загрязняющих веществ в атмосферу достаточно адекватно оценивает общий уровень её загрязнения и т. д.

Интенсивные показатели являются отношениями экстенсивных или интенсивных величин. Эти индексы могут иметь разное содержание, разную размерность или быть безразмерными, что определяется формулой их расчета. В подавляющем большинстве случаев для получения относительных показателей пытаются «разделить одно на другое»: такие интенсивные величины размерности не имеют (т. е. выражаются в долях, процентах, промилле и др.). К ним относятся темпы прироста, коэффициенты пространственного сравнения (например, коэффициент видового сходства Т. Сьёренсена), показатели ценотической и территориальной структуры.

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; Ро-

зенберг и др., 1999, 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»; Розенберг, 1975).

Еще один эвристический прием интегральной оценки СЭЭС основан на вычислениях, так называемых функций желательности (подробнее см.: Адлер и др., 1976; Воробейчик и др., 1994; Гелашвили и др., 2004а, 2006; Розенберг и др., 2010; см. также главу 3), которые представляют собой способ перевода натуральных значений в единую безразмерную числовую шкалу с фиксированными границами.

Комплексные показатели, 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.

В «Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию», утвержденной Указом Президента РФ № 440 от 1 апреля 1996 г., в контексте настоящей работы, интерес представляет раздел 6 «Критерии принятия решений и показатели устойчивого развития» (см., например: Устойчивое развитие..., 1998, с. 167-168; Данилов-Данильян, Лосев, 2000, с. 394):

«Для оценки степени приближения к устойчивому развитию и эффективности выбранных для этого средств должны устанавливаться целевые ориентиры и ограничения и определяться процедуры общественного контроля за их достижением.

Целевые ориентиры могут быть выражены в показателях, характеризующих качество жизни, включающих уровень экономического развития и экологического благополучия. Эти показатели должны характеризовать те уровни, при которых возможно обеспечить безопасное развитие России в экономическом, социальном, экологическом, военном и любом ином аспекте.

Основными показателями, характеризующими качество жизни, являются: продолжительность жизни человека (ожидаемая при рождении и фактическая); состояние его здоровья; уровень знаний или образовательных навыков; доход, измеряемый величиной ВВП на душу населения; уровень занятости; степень отклонения состояния окружающей среды от нормативов; показатели, характеризующие права человека.

Показателями, определяющими степень экологизации хозяйственной деятельности, служит система показателей природоёмкости экономики, характеризующих уровень потребления природных ресурсов на единицу продукции конечного потребления и уровень нарушенности экосистем хозяйственной деятельностью.

В качестве целевых показателей и ограничений устойчивого развития в экономической сфере могут устанавливаться уровни удельного (на душу населения и единицу ВВП) потребления энергии и других ресурсов, включая ресурсы территории, производства коммунальных и промышленных отходов на душу населения и на единицу вырабатываемой энергии» (выделено нами. – Ремарка наша).

С.Н. Бобылев (2002) в качестве самых общих ориентиров устойчивого развития территорий разного масштаба также рекомендует принимать качество жизни, уровень экономического развития, экологическую стабильность. В еще одной работе (Бобылев, Соловьева, 2003) предлагается разрабатывать индикаторы устойчивого развития на трех уровнях: федеральном, региональном и местном. На каждом из этих уровней могут быть найдены специфические системы индикаторов, однако авторы склоняются к тому, что в идеале целесообразно иметь «сквозные» индикаторы, которые применимы для любого уровня. На региональном уровне индикаторы устойчивого развития призваны решать следующие задачи:

- определение целей политики развития в количественной форме;

- мониторинг и оценка эффективности такой политики;
- оценка положения региона в стране и в мире;
- информирование общественности о ходе реализации стратегий и темпах движения к устойчивому развитию.

Работоспособность предлагаемых подходов продемонстрирована на примере систем индикаторов устойчивого развития для Томской (38 индикаторов; см. также, Лаптев, 2004) и Воронежской (36) областей.

В работе А.С. Алексеева и Г.И. Карпачева (1994) качество населения оценивается двумя коэффициентами: коэффициент здоровья определяется как отношение средней продолжительности жизни (фактический средний возраст умерших в течение текущего года) к биологической видовой продолжительности жизни; под коэффициентом качества воспроизводства населения понимается отношение качества полноценно-го естественного прироста населения к общему приросту.

В другой работе (Федотов, 1995) предлагаются следующие индексы для характеристики устойчивого развития:

- индекс антропогенной нагрузки на биосферу для сравнения разрушительного действия на природу отдельных стран. Нагрузка на биосферу складывается из двух связанных между собой видов воздействия: биопотребления (потребление части биоты в виде пищи и древесины) и энергопотребления со стороны всех видов хозяйственной деятельности. Оба воздействия можно выражать в виде мощности с учетом плотности, т. е. нагрузки, приходящейся на единицу площади страны (на 1 км<sup>2</sup>);
- рента за пользование биосферой, выступающая как регулятор взаимодействия биосферы, человечества и стран мира (рассчитывается на основе индекса антропогенной нагрузки). «Рента за пользование биосферой, предоставляющей человечеству среду обитания со стабильным климатом – это такая же финансовая категория как квартплата за жилплощадь с водо-, тепло- и энергоснабжением»;
- индекс устойчивого развития, также выраженный на основе индекса антропогенной нагрузки, отражает – отношение плотности реальной антропогенной нагрузки всей мировой системы (или для отдельной страны) к допустимой для устойчивой биосферы плотности антропогенной нагрузки.

Эти три показателя плюс 10 библейских нравственных принципов являются, по Федотову, основой предложенной им глобальной моде-

ли устойчивой системы мирового развития, предполагающей планомерно развиваемое и оптимально управляемое сообщество равноправных стран, нацеленное на сохранение и совершенствование человечества и окружающей природной среды (Федотов, 1995, 2002; Хильчевская, Сафонов, 1995). В целом, складывается впечатление, что особый путь устойчивого развития России – это «православный Нью-Йорк с социалистическим методом хозяйствования» (Медовников, 1998, с. 23).

Нетрудно предположить, что такого рода показателей – достаточно много (на начало тысячелетия их было не менее 134; *Indicators of Sustainable...*, 1996; Данилов-Данильян, Лосев, 2000, с. 197). В таблице 3 собраны лишь некоторые эколого-экономические показатели, которые могут выступать в качестве индикаторов (индексов) устойчивого развития территорий.

Данный список параметров, 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). Все это делает актуальной задачу нахождения границ устойчивого развития территорий для тех или иных параметров (например, хотелось бы, чтобы  $I_{sd} < 1$  или  $K_A < 10$ ; Федотов, 2002), оценки эффективности и оптимизации такой системы показателей.

Еще один немаловажный аспект синтеза индексов устойчивого развития, – в каких единицах следует измерять такое развитие? На первый взгляд, раз мы имеем дело с СЭС, приоритет следует отдать денежным оценкам, которые представляют собой одну из основных характеристик состояния территории и её развития, определяют социально-экономическую ценность ресурсов. Денежные оценки принципиально возможны для большинства услуг, предоставляемых природными ресурсами. Проведение детальной оценки ресурсов в физических и денежных показателях необходимо как для разработки эффективной государственной политики, так и для управления на локальном уровне. На основании результатов денежных оценок возможна оптимизация налогообложения в сфере природопользования с учетом конкретных условий. Все это так. Однако денежные оценки – аддитивный показатель и, следовательно, с их помощью можно измерять только простые свойства сложных систем.

Таблица 3. Индексы устойчивого развития

| Параметр                                                                                                  | Формула                                                        | Обозначения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Индекс биоразнообразия (один из многих)                                                                   | $H = -\rho_i \sum \log(\rho_i)$ ,<br>$\rho_i = N_i/N$          | $N_i$ – численность вида $i$ , $N$ – численность всех видов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Индекс валового национального продукта                                                                    | $I = \text{ВНП}/N$                                             | $N$ – численность населения территории                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Экологически ориентированный чистый внутренний продукт (environmentally adjusted net domestic product)    | $\text{EDP} = \text{NDP} - \text{DN} - \text{ED}$              | $\text{NDP}$ – чистый внутренний продукт, $\text{DN}$ – стоимость истощения природных ресурсов, $\text{ED}$ – оценка экологического ущерба                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Общая экономическая ценность (стоимость) природы (total economic value)                                   | $\text{TEV} = \text{DUV} + \text{IUV} + \text{OV} + \text{EV}$ | $\text{DUV}$ – прямая стоимость использования, $\text{IUV}$ – косвенная стоимость использования, $\text{OV}$ – стоимость отложенной альтернативы, $\text{EV}$ – стоимость существования                                                                                                                                                                                                            |
| Индекс антропогенной преобразованности территории (Иванова, 1986)                                         | $I_{\text{ан}} = \sum R_i S_i$                                 | $R_i$ – 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» (Розенберг, 1994)                          | $G = (\sum A_i - \sum E_i)$                                    | $\sum A_i$ – сумма баллов антропогенных нагрузок, $\sum E_i$ – сумма баллов состояния экосистем                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Коэффициенты удельных загрязнений ( $e_z$ ) и удельных затрат природных ресурсов ( $e_N$ ; Бобылев, 2002) | $e_z = Z/\text{ВВП}$<br>$e_N = N/\text{ВВП}$                   | $Z$ – объемы загрязнений, $\text{ВВП}$ – валовой внутренний продукт, $N$ – затраты природных ресурсов                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Индекс антропогенной нагрузки территории (Гелашвили и др., 2000, 2003)                                    | $I_{\text{ан}} = (\alpha^1/n) * \sum I_i$                      | $\alpha$ – отношение фактической лесистости к оптимальной, $I_i$ ( $i = 1, n$ ) – индексы антропогенного пресса ( $i = 1$ – плотность автотранспорта, $2$ – эмиссия $\text{CO}_2$ , $3$ – 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 (1988, 1995)                                                                         | $I_r$                                                          | Процент нарушенной территории                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |



| Параметр                                                                     | Формула                                | Обозначения                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Индекс физического качества жизни М. Морриса (M.D. Morris)                   | $I_{фкж} = (I_{мс} + I_{пж} + I_{уг})$ | $I_{мс}$ – младенческая смертность, $I_{пж}$ – ожидаемая продолжительность жизни, $I_{уг}$ – уровень грамотности взрослого населения (в %); все показатели в 100-балльной шкале |
| Индекс антропогенного воздействия на окружающую среду П. Эрлиха (P. Ehrlich) | $I_E = P * A * T$                      | $P$ – плотность населения, $A$ – благосостояние, $T$ – технологический уровень                                                                                                  |
| Индекс устойчивости развития А.П. Федотова (1995, 2002, 2003)                | $I_{sd} = D / D_{sd}$                  | $D$ – реальная плотность мощности антропогенной нагрузки, $D_{sd}$ – тоже допустимая величина                                                                                   |
| Индекс развития человеческого потенциала М. Десаи (M. Desai)                 | $I_{чп} = (I_A + I_{пж} + I_o) / 3$    | $I_A$ – индекс доходов, $I_{пж}$ – индекс продолжительности жизни, $I_o$ – индекс образования                                                                                   |
| Индекс дисгармонии в обществе М. Китинга (M. Kitting)                        | $K_A = S_{бог} / S_{бед}$              | $S_{бог}$ – доходы 20% наиболее богатого населения, $S_{бед}$ – то же для бедного населения                                                                                     |

Следующей единицей измерения природной и антропогенной составляющих СЭЭС стала «энергия». Естественные экосистемы можно оценить в энергетических параметрах продуктивности, а воздействия на природу – в энергоемкости производств. Интересно отметить, что постановка проблемы соизмерения производственных и природных энергетических потенциалов должна датироваться, вероятно, работой русского экономиста и революционера-народника С.А. Подолинского (1880). Наиболее полно идеи баланса энергий в СЭЭС воплотились в работах Т.А. Моисеенковой (1989) и Т.А. Акимовой и В.В. Хаскина (1994). Но и энергетические оценки – аддитивный показатель (описание ведется на языке «балансов») и, следовательно, с их помощью опять же можно измерять только простые свойства сложных систем.

Большинство исследователей сходится в том, что сложные свойства нельзя измерить одним показателем (действует принцип множественности моделей; см.: Розенберг и др., 1999). Выходом из этой ситуации является подбор системы индексов, которые могли бы описать эмерджентные свойства СЭЭС. Но следует учесть и такой факт, что среди известных систем индикаторов устойчивого развития (Данилов-Данильян, Лосев, 2000) 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» (Наше общее..., 1989, с. 216).

Представленный набор потенциальных индикаторов (таблица 3) предполагается использовать для достижения ряда целей:

- определение целевых показателей в количественной форме для оценки стратегий развития (индикаторы отражают ключевые задачи политики органов управления и помогут в разработке стратегий в будущем);
- принятие решений в области управления (индикаторы помогут отслеживать, оценивать и анализировать темпы и эффективность перехода к устойчивому развитию и, в случае необходимости, вносить коррективы в стратегии развития для обеспечения их устойчивого характера);
- информирование и участие общественности (индикаторы отражают основные проблемы устойчивого развития, которые более всего беспокоят широкую общественность);
- оценка положения региона в России и в международном сообществе (некоторые индикаторы можно использовать для межрегиональных, средних по России, международных сравнений; например, глобальное значение природных ресурсов России).

Имеется ряд критериев, которые следует учитывать при формировании оптимальной системы индикаторов для региона (Розенберг, Зинченко, 2007). Эти критерии можно сгруппировать по четырем основным тематическим категориям.

1. Что фактически отражают те или иные индикаторы?

- Динамика: отражение изменений, происходящих в каком-либо процессе или характеристике, особенно в тех случаях, когда речь идет о мониторинге эффективности деятельности, что, однако, является менее важным при выполнении каких-либо сравнений или определении базовых уровней для сопоставления данных;
- Степень чувствительности к изменениям;
- Четкая направленность: четкое определение положительной или отрицательной направленности происходящих изменений.

2. Увязаны ли они с политическими решениями?

- Соответствие политике;
- Наличие связи с принимаемыми решениями;
- Концентрация внимания на наиболее существенных вопросах.

3. Может ли быть обеспечена эффективная передача информации по индикаторам?

- Доступность для понимания ключевыми заинтересованными сторонами;
- Простота передачи информации, например, с помощью инструментов статистики или графического представления данных;
- Широта распространения информации среди заинтересованных сторон.

4. Данные.

- В эту категорию следует включить такие критерии как: наличие данных, связанные с их получением затраты, достоверность, точность, надежность (двойная проверка одного и того же результата, или подтверждение из двух источников), отражение реальной ситуации по рассматриваемому вопросу, частота сбора данных, согласование во времени;
- В краткосрочной перспективе вопросы данных могут являться ограничивающим фактором.

Наряду с указанными критериями, индикаторы устойчивости должны также удовлетворять и таким критериям:

- возможность использования на региональном и федеральном уровнях;
- иметь однозначную интерпретацию для лиц, принимающих решения;
- иметь количественное выражение;
- опираться на имеющуюся систему национальной статистики и не требовать значительных издержек для сбора информации и расчетов;
- возможность оценки во временной динамике;
- желательно сквозное представление по уровням (федеральный, региональный, районный) и секторам;
- соответствовать действующим особенностям принятия решений;
- репрезентативность для международных сопоставлений;

- иметь ограниченное число и др.

Обобщая имеющийся мировой опыт в этой области, можно выделить два подхода.

1. Построение интегрального, агрегированного индикатора, на основе которого можно судить о степени устойчивости социально-экономического развития. Агрегирование обычно осуществляется на основе трех групп показателей (эколого-экономических, эколого-социально-экономических, собственно экологических).
2. Построение системы индикаторов, каждый из которых отражает отдельные аспекты устойчивого развития. Чаще всего в рамках общей системы выделяются следующие подсистемы показателей – экономические, экологические, социальные.

Необходимо подчеркнуть важность социо-эколого-экономического районирования территорий разного масштаба для подбора эффективной системы индикаторов их устойчивого развития.

Некоторые из представленных в таблице 3 показателей позволяют создать систему региональных индексов, работоспособность которой и продемонстрируем на примере оценки устойчивого развития Волжского бассейна.

## Экспертная система REGION для бассейна крупной реки

Написание этого раздела облегчено тем, что в последнее время появился целый ряд публикаций, в которых подробно анализировалась экспертная система REGION, разработанная в Институте экологии Волжского бассейна РАН в начале 90-х годов (Розенберг и др., 1991; Rozenberg, 1995) и продолжавшая совершенствоваться в дальнейшем (Розенберг, 1997, 2009; Розенберг, Дунин, 1999; Костина, 2005; Костина и др., 2003, 2010; Шитиков и др., 2005а-в и др.).

На данный момент не существует единого и точного определения «экспертной системы» (ЭС). В самом общем виде (Киселенко, 2000, с. 5): «ЭС – это программная система, способная в данной предметной области вырабатывать решения, по эффективности конкурирующие с решениями эксперта». Задачи, которые целесообразно решать с помощью экспертной системы (ЭС), могут быть охарактеризованы следующими свойствами (Элти, Кумбс, 1987; Нейлор, 1991; Киселенко, 2000):

- невозможность алгоритмического решения (в силу плохой формали-

зуюмости задач или огромных затрат машинного времени);

- противоречивость, неполнота, возможная ошибочность, исходных данных и знаний в предметной области;
- огромная размерность данных и знаний, плохо представимых в какой-либо наглядной форме;
- динамически меняющийся состав данных и знаний (в силу постоянного их пополнения, изменения и развития);
- необходимость широкого использования в процессе решений эвристических и эмпирических процедур, сформулированных экспертами;
- необходимость участия в процессе решения человека (пользователя), который путем ответа на дополнительно задаваемые вопросы привносит дополнительную информацию и выбирает альтернативные пути принятия решения.

Развитие представлений о средствах и способах решения информационных задач привели к появлению геоинформационных (ГИС) и экоинформационных систем (ЭИС), которые обеспечивают хранение и оперативный доступ к совокупности данных и знаний об экосистемах, о взаимодействии природы и общества. Такие системы предназначены как для решения задач рационального природопользования в регионе, так и для обеспечения разнообразной экологической информацией всевозможных потребителей (см. выше три главные задачи, решаемые в рамках региональных экологических проблем). Поэтому очень важно на этапе формирования массивов информации обеспечить их унификацию. Это позволит создавать ГИС и ЭИС не только для отдельных административно-территориальных единиц, но и для целых природно-климатических зон или бассейнов крупных рек.

Экологическая информационная система (ЭИС) оценки качества окружающей среды крупного региона (в том числе и бассейна крупной реки) предназначена, прежде всего, для изучения пространственного распределения величин её параметров, характеризующих состояние различных абиотических и биотических составляющих и степень воздействия на них хозяйственной деятельности человека (антропогенной нагрузки). Такая экологическая экспертная система позволяет:

- картографировать величины параметров, характеризующих состояние среды исследуемой территории, и исследовать их изменение во времени;

- выделять зоны наиболее и наименее благополучные по различным показателям качества среды;
- оценивать соотношение величин участков с различной степенью проявления того или иного параметра (в процентах от общей площади территории);
- для конкретной точки пространства получать значения по всем характеризующим её параметрам качества среды;
- получать комплексную оценку состояния окружающей среды исследуемой территории по совокупности всех (или определенной части) показателей.

ЭИС призваны обеспечивать решение множества задач (порой взаимосвязанных между собой). Поскольку состояние окружающей природной среды и отдельных экосистем постоянно меняется в пространстве и времени, то одной из основных задач ЭИС является хранение собранной информации и её обобщение. Необходимо отметить, что имеют место разнообразные типы данных (количественные, качественные, описательные тексты, списки и пр.). Оперативный выбор требуемой информации, форма её визуализации, обмен информацией (импорт и экспорт данных) с другими информационными системами – основные функции ЭИС.

Последняя из задач, решаемая с помощью ЭИС, – оценка качества окружающей среды; решение достигается в диапазоне существующих в настоящее время шкал с различным числом градаций (от «плохо – хорошо» до нескольких, субъективно устанавливаемых, «условных» уровней) и путем расчета целого спектра индексов (количество которых прямо пропорционально числу ученых и исследователей), характеризующих состояние экосистем. В решении этой задачи ЭИС могут служить инструментом для проверки адекватности существующих и построения новых шкал, индексов и интегрированных показателей, учитывая огромный опыт и интуицию специалистов. Комплексная оценка экологической обстановки на местном, региональном и федеральном уровнях и эффективный выбор сценариев устойчивого развития системы «Природа – Человек» без применения ЭИС в настоящее время просто немыслимы.

### **Структура ЭИС REGION**

Будем понимать под региональной эколого-информационной системой реализованную с помощью технических средств динамическую

информационную модель территории, отражающую пространственно-временную структуру, состояние и взаимосвязи между отдельными элементами моделируемой экосистемы. Объектом анализа экологического состояния может быть как отдельная административно-территориальная единица (город, область, край, республика), так и любая выделенная формальным или неформальным путем часть земной поверхности (природно-климатическая зона, бассейн реки и т.д.). Фактически, здесь реализуется методологический принцип «экологической матрешки» (Розенберг, 2002а; Винокуров и др., 2003б; Костина и др., 2004) в ИЭВБ РАН созданы экспертные системы REGION-VOLGABAS (для всего Волжского бассейна в целом), REGION-SAMARA (для Самарской области – 53 тыс. км<sup>2</sup>, население – более 3,3 млн чел.; в разной степени «готовности» находятся экспертные системы для Нижегородской [REGION-NIGNII-NOVGOROD], Ульяновской областей [REGION-ULYANOVSK], республики Башкортостан [REGION-BASHKORT]), REGION-TOGLIATTI (для г. Тольятти – 30 км<sup>2</sup>, население 800 тыс. чел.) и REGION-YAB-OVRAG (для предприятия открытого типа – карьера «Яблоневый овраг» на территории национального парка «Самарская Лука»; площадь – 2,6 км<sup>2</sup>), что позволило провести комплексный эколого-экономический анализ этих территорий. Для реализации этого принципа необходимыми являются два условия:

- наличие географической карты, на которой изучаемая территория отображалась бы целиком;
- наличие количественных показателей, распределенных в пространстве и пригодных для ввода в базу данных (БД).

ЭИС REGION, разработанная в ИЭВБ РАН, отвечает всем требованиям, предъявляемым к ЭС, и предназначена для сбора, хранения данных, их анализа и визуализации результатов обработки. ЭИС REGION представляет собой комплекс объединенных в единое целое программ, позволяющих осуществлять в процессе интерактивной работы с пользователем выбор любых, имеющихся в информационном обеспечении системы, объектов информации (пространственных или цифровых) и выполнение над ними различного рода операций. Формально эта ЭИС REGION может быть отнесена к ГИС «неклассического типа» или к ЭИС. Основное её отличие от типовых БД «классических» ГИС – это отказ от тщательной детализации чисто географических аспектов территории. Показатель произвольной этиологии пространственно распределенных эколого-экономических данных региона (экологический, экономиче-

ский, климатический и даже чисто географический), основу которых составляет ретроспективная многоплановая статистика, «привязывается» к некоторому участку квадратной или прямоугольной формы, имеющему зачастую достаточно большую площадь. Каждый из этих участков приближенно отображается на картосхеме региона, имея в виду точные географические координаты или элементы ландшафта. Пожертвовав географической эстетичностью, которая по отношению к пространственно размытым («грязным») данным вряд ли оправдана необходимостью, такая ЭИС приобретает не менее привлекательные качества: дешевизна, экономичность в ресурсах, простота в освоении, эксплуатации и интерпретации выходных данных.

Показатели, загружаемые в БД, в соответствии со спецификой решаемых задач, могут принадлежать к следующим предметным областям:

1. Физико-географическая характеристика территории: данные о её географической и геоморфологической принадлежности, типах ландшафта, рельефе, грунтах, почвах, водоемах, гидрогеологических особенностях, климатических факторах, а также об основных тенденциях ландшафтных и климатических изменений.

2. Биоценотическая характеристика территории: данные о преобладающих природных экосистемах и популяциях, их видовом составе и разнообразии, численности, биомассе и продуктивности, количественные сведения о круговороте биогенных элементов и о биологической трансформации энергии, соотношении продукции и деструкции на различных трофических уровнях и т.д.

3. Данные гео- и биохимического мониторинга: результаты натурных измерений и расчетные концентрационные поля химических, радиационных, тепловых загрязняющих аномалий, являющихся следствием техногенеза территории, в различных субстратах среды (в атмосфере, почве, снежном покрове, поверхностных и подземных водах, растениях и других живых организмах).

4. Описание промышленного потенциала территориального комплекса и результаты инвентаризации источников газовых выбросов, сточных вод и твердых отходов производства: интенсивность техногенных потоков, химический состав выброса, агрегатные и термодинамические условия эмиссии вещества и энергии в окружающую среду.

5. Данные о продуктивности сельскохозяйственных культур и распределении по территории численности скота и искусственно поддерживаемых популяций животных; сведения об источниках и условиях



загрязнения окружающей среды удобрениями, пестицидами и другими продуктами функционирования агропромышленного комплекса.

6. Медико-биологические и санитарно-гигиенические наблюдения о профессиональных источниках временной нетрудоспособности и заболеваемости населения.

Например, состояние здоровья населения, как критерий оценки качества среды, в рамках ЭИС REGION-VOLGABAS, включало следующие параметры:

- общая заболеваемость взрослого населения (смертность, естественный прирост населения, оценки заболеваемости от «экологически обусловленных» нозологий);
- здоровье матери и ребенка (рождаемость, смертность детей до года, общая заболеваемость детей, в том числе от «экологически обусловленных» нозологий);
- инфекционные и паразитарные болезни, частота злокачественных новообразований;
- общее состояние системы здравоохранения.

Для организации БД на основе имеющегося картографического материала, учитывая неоднородность и особенности отображения распределения характеристик на картах, все карты были приведены к единому образцу. Для чего исследуемая территория на каждой из карт была разбита на квадраты километровой сеткой. Так, вся территория Волжского бассейна была разделена на 210 квадратов, каждый площадью около 6,5 тыс. км<sup>2</sup> (примерно, 80x80 км). При необходимости, ЭИС позволяет легко из имеющихся данных сформировать файлы, несущие информацию по всем параметра среды в пределах одного квадрата территории (см. далее). База данных всегда может быть дополнена новыми характеристиками и сведениями о новых пространственных объектах, она не является замкнутой и всегда открыта для пользователя.

Детальный перечень базового множества показателей (для Волжского бассейна на период начала 90-х годов – 287 параметров) с указанием возможных источников их получения приведен в методическом руководстве (Розенберг и др., 1991); сегодня список параметров-карт – более 450. Всего ЭИС REGION-VOLGABAS содержит более 600 предметных слоев-карт, из которых около 150 составили обобщенные показатели. Для удобства пользовательского интерфейса таблицы условно-постоянного назначения имели иерархический характер: например, все показатели относились к одному из блоков, теме и подтеме.

Очевидно, что прежде чем проводить анализ или моделирование описанных выше пространственно распределенных сущностей, вся разнородная информация, как о зависимых, так и о независимых переменных должна быть тщательно оцифрована и унифицирована по отношению к одним и тем же географическим координатам. Для выполнения этой процедуры был разработан комплекс алгоритмов и программных модулей эвристической, линейной и нелинейной интерполяции атрибутивных данных по пространственным участкам. После их реализации, пространственно распределенные данные становятся активизированными. Очень важными в данном конкретном случае стали две сформулированные «аксиомы»:

- вся статистическая информация – «грязная» (статистика – «врёт»),
- но все «врут» более-менее согласовано.

Эти «аксиомы» позволяют «уйти» от абсолютных значений и перейти к балльным оценкам параметров.

Для текущей работы с базами данных разработано программное обеспечение, реализующее традиционные в таких случаях функции:

- многоаспектный поиск и формирование в режиме диалога подмножества показателей по имеющимся рубрикационным полям;
- графическое отображение на экране дисплея картограммы пространственного распределения каждого показателя базы по участкам территории;
- получение расчетных таблиц оценки структурных и модельных характеристик (например, составляющие техногенных и биоэнергетических потоков);
- получение новых (интегральных) показателей путем линейной комбинации подмножества других показателей, имеющихся в базе, либо по иным расчетным формулам;
- математическая обработка показателей базы с целью экологического районирования анализируемой территории, выявления участков, подверженных наибольшему антропогенному воздействию, оценки биотического и геохимического состояния отдельных природных комплексов.

Последние пункты представленного перечня свидетельствуют о том, что основная задача ЭИС – не только накапливать текущую или ретроспективную информацию, но и формулировать стратегии управления «качеством» окружающей среды. Для этого в составе программного

обеспечения REGION-VOLGABAS была разработана процедура генерации обобщенных критериев в виде линейной комбинации исходных показателей, предварительно преобразованных в дискретную форму. С целью математической обработки данных, хранящихся в ЭИС, кроме общепринятых методов многомерного статистического анализа (регрессионный анализ, различные алгоритмы обработки временных рядов, кластерный анализ и т. д.), использовались алгоритмы построения прогнозирующих моделей методами самоорганизации (эволюционное и нейросетевое моделирование, метод группового учета аргументов, карты Кохонена; последнее см.: Шитиков и др., 2002, 2005б). В качестве надстройки к библиотеке («коллективу») методов была разработана эвристическая процедура «модельного штурма» (Брусиловский, Розенберг, 1983), реализующая синтез модели-гибрида из частных моделей-предикторов.

### **Алгоритмы обработки информации**

Этот блок ЭИС REGION частично реализует экологическую БЗ, что позволяет дать неформальное описание основных алгоритмов обработки информации в базе пространственно распределенных данных (Костина, 2005; Шитиков и др., 2005в; Розенберг, 2009). При общей ориентации на текущую версию программного обеспечения, это описание содержит также краткий анализ работоспособности каждого алгоритма и замечания по основным направлениям дальнейшего их совершенствования.

Алгоритм «Нормирование» предполагает выбор шкалы баллов и пересчет натуральных значений каждого показателя в целочисленные значения (баллы от 0 до 9). Эта процедура дает возможность визуализировать и вывести на экран дисплея схему распределения показателя по территории в виде цветной видеограммы, получить оцифрованную карту или сконструировать обобщенный показатель.

В статистической обработке данных широко применяется нормировка – т. е. линейное преобразование всех значений признаков таким образом, чтобы значения признаков попадали в сопоставимые по величине интервалы (фактически это формула функции желательности; Адлер и др., 1976; Фёдоров и др., 1982; Гелашвили и др., 2004а):

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - A}{B},$$

где  $x_{ij}$  –  $j$ -я координата  $i$ -го вектора,  $A$  и  $B$  – некоторые заранее назна-

ченные числа, которые назовем характерными масштабами (Д.Б. Гелашвили с соавторами [2004а, с. 14] предлагают для исключения нулевых значений использовать соотношения  $A=0,95 \cdot x_{\min j}$  и  $B=1,05 \cdot x_{\max j}$ ). Эти числа могут быть определены, исходя из статистических характеристик распределения эмпирических выборок (нормирование по статистикам), либо заданы по некоторым априорным соображениям (нормирование по стандартам). В качестве «стандартов» могут выступать фоновые или критические значения показателя, ПДК, наилучшие и наихудшие «благоприятные» значения и прочие оценки, лексически связанные с проблемой анализа критических или допустимых нагрузок (Воробейчик и др., 1994). Понятно эти оценки легко воспринимаются, однако отсутствуют методы их корректного вычисления, а существующие отдельные попытки экологического нормирования следует считать субъективными.

В многомерном облаке данных существует несколько масштабов нормирования по статистикам, когда вариационный ряд каждого отобранного показателя преобразуется с использованием выборочных статистических характеристик (среднего значения  $X$ , среднеквадратичного отклонения  $\sigma$  и масштаба  $R$ , характеризующего максимальный разброс в «облаке данных»). Если  $A = X$ ,  $B = R$ , то нормировка приводит к тому, что все «облако данных» заключается в шар единичного радиуса; если  $B = \sigma$ , то происходит нормировка на «единичную дисперсию».

Возникает естественный вопрос: какая из нормировочных формул предпочтительнее? Например, наиболее популярная линейная нормировка по «минимуму»

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min j}}{x_{\max j} - x_{\min j}}$$

оптимальна, когда значения переменной  $x_i$  плотно и равномерно заполняют интервал, определенный эмпирическим размахом данных. Но подобный «прямолинейный» подход применим далеко не всегда. Так, если в данных имеются относительно редкие выбросы, намного превышающие типичный разброс, именно эти выбросы определяют масштаб нормировки (возрастет знаменатель). Это приведет к тому, что основная масса значений нормированного таким образом параметра сосредоточится вблизи нуля:  $|x_i| \ll 1$ . В связи с этим, надежнее ориентироваться при нормировке не на экстремальные значения, а на типичные, т.е. статистические характеристики данных, такие как среднее и дисперсия.

Алгоритм «Комплекс» обеспечивает получение по желанию исследователя любого множества различных комплексных показателей из произвольного набора уже имеющихся в базе данных показателей. В состав порождающего подмножества могут входить как исходные, так и ранее синтезированные обобщенные показатели.

Алгоритм «Регрессия» реализует один из многих возможных математических методов установления причинно-следственных отношений между совокупностью варьируемых переменных, определяющих факторы воздействия на исследуемый объект, и откликом – параметром состояния объекта. Алгоритм осуществляет оценку параметров уравнения множественной линейной регрессии методом наименьших квадратов с исключением несущественно влияющих факторов по методу И.Я. Лиеры (1971). Возможно использование нелинейной регрессии, построенной методом включения. Еще один метод прогнозирования, значительно меньше связанный с субъективностью исследователя, основан на построении самоорганизующихся моделей (метод группового учета аргументов – МГУА) по методике А.Г. Ивахненко (1975) – он также позволяет оценить и описать нелинейный характер зависимости. Здесь же используется и оригинальный алгоритм «модельного штурма» (Брусиловский, Розенберг, 1983).

Следует заметить, что развитость математического обеспечения самоорганизующегося моделирования (в частности, МГУА) – это одно из основных достоинств данного подхода к моделированию сложных систем. Другое положительное свойство МГУА – это большая общность алгоритмов, что позволяет строить модели по информации сравнительно малого объема. Еще одним «плюсом» самоорганизации по МГУА является тот факт, что для построения прогнозирующей модели нет незаменимых аргументов: модель может быть построена на различных наборах аргументов, что мало скажется на точности и объективности получаемого прогноза (Ивахненко, 1975). Это связано с тем, что входные переменные модели экосистем чаще всего являются комплексными переменными в понимании Р. Уиттекера (1980) и «несут» на себе информацию о целом ряде сложно взаимодействующих между собой и моделируемым параметром факторов. Поэтому для построения удовлетворительно прогнозирующей самоорганизующейся модели по МГУА нет необходимости использовать труднодоступные для измерения или не поддающиеся формализации переменные.

Интересен и ряд новых и несколько неожиданных функций, которые могут выполнять самоорганизующиеся модели. Оказывается, что

модель, построенная при минимальном вмешательстве исследователя только по эмпирическим данным, способна выбирать наиболее существенные для прогноза переменные и тем самым «наталкивать» исследователя на изучение характера взаимосвязи этих переменных, т. е. способствует развитию интуиции исследователя. Более того, самоорганизующаяся модель, являясь наиболее объективной (без «навязывания» представлений исследователя о характере моделируемого явления), может выступать в качестве авторитетного арбитра при сравнении различных моделей одного и того же объекта, построенных при непосредственном участии исследователя (Розенберг, 1984).

Алгоритмы кластерного и факторного анализов реализуют стандартные процедуры этих методов по «собираемому» из базы данных массиву информации.

***Методика оценки степени «устойчивого развития» территории и адекватности моделей реальным социо-эколого-экономическим системам***

Предлагаемая методика оценки «устойчивого развития» территорий разного масштаба складывается из следующих этапов (Черникова, 1998; Розенберг и др., 2000; Кудинова, 2004; Пыршева, 2005; Шиманчик, 2006).

Этап 1. Районирование территорий и отбор комплекса показателей состояния СЭЭС Волжского бассейна (осуществляется одним из методов кластерного или факторного анализа).

Этап 2. Системный анализ СЭЭС объекта исследования на основе междисциплинарного подхода (как в целом, так и для «контрастных» групп территорий, выделенных на этапе 1).

Этап 3. Моделирование СЭЭС объекта исследования (построение регрессионных моделей с целью выработки эффективных управляющих воздействий, направленных на наиболее оптимальное развитие СЭЭС территории).

Этап 4. Анализ влияния изменения параметров регрессионных уравнений («сценарные» прогнозы) путем сопоставления теоретической (оптимальной) кривой состояния СЭЭС территории и кривой реально существующего состояния.

В данной работе используется оригинальная методика построения графической модели СЭЭС территорий различных уровней организации и масштаба. Модель представляет собой графическое изображение характеристик территории, соответствующее состоянию системы

в настоящий момент времени и представляющее собой оптимальное состояние системы данного региона. Возможно также выделение области допустимых нагрузок, которая ограничивается кривой предельно-допустимой нагрузки на подсистемы исследуемой СЭЭС. Область, ограниченная кривой оптимального и предельно допустимого уровня нагрузки является диапазоном устойчивости. Показатели модели для сопоставимости представлены в единой оценочной шкале (баллах). Получаемые таким образом две кривые наглядно показывают различие между реальным состоянием СЭЭС и желательным (оптимальным), что дает возможность проводить анализ состояния отдельных подсистем, системы в целом как по группе показателей, так и по конкретным характеристикам, позволяет сделать выводы о степени кризисности исследуемой системы. Применение данного подхода позволяет осуществлять выработку управляющих решений на основе приоритетов развития, являющихся наиболее важными для данной территории. Таким образом, существует возможность выбора сценария развития системы, который улучшает состояние приоритетной области параметров.

Одной из важнейших характеристик любых (не только эколого-экономических) моделей сложных систем является вопрос их адекватности (Хеджпет, 1978; Брусиловский, Розенберг, 1981; Розенберг, 1984, 1989). Прежде всего необходимо еще раз подчеркнуть, что математической моделью сложной системы «нельзя объять необъятное», т. е. ни одна математическая модель не несет одновременно всех функций теории изучаемого класса экологических или эколого-экономических объектов. К сожалению, специфика предметной области не позволяет использовать активный эксперимент и интерпретировать рассогласование модельных и экспериментальных данных как признак неадекватности некоторых из принятых гипотез или аксиом. С другой стороны, для одного и того же эколого-экономического явления или процесса можно, как правило, составить много возможных моделей или много разновидностей одной базовой модели. Поэтому в практических ситуациях выбор той или иной математической модели (в силу принципа множественности моделей сложных систем; Флейшман, 1982; Розенберг и др., 1999) должен определяться целями исследования. Таким образом, математическая модель должна адекватно отражать не только какую-то конкретную экосистему, а проблему, которая возникает при её изучении.

Что касается термина «адекватность» (от лат. *adaequatus* – приравненный, тождественный), то его многозначность и размытость всякий

раз требует комментариев при обсуждении свойств той или иной модели. Поэтому, прежде всего, следует различать гносеологические и праксеологические (т. е. прагматические; Гаспарский, 1978) свойства моделей. Поэтому далее будем говорить о собственно адекватности модели (качественная адекватность) – отражение в ней структуры и механизмов функционирования системы, и о праксеологичности модели (количественная адекватность) – применимость модели для практических действий (прогнозирование, управление и пр.).

Критерии оценки адекватности и праксеологичности математических моделей достаточно многочисленны, но их также можно разделить на два основных класса – внутренние и внешние. Если для оценки праксеологичности моделей такое разделение критериев достаточно очевидно (внутренние критерии основаны на той же эмпирической информации, по которой строилась модель, а внешние – на новой), то для оценки собственно адекватности провести его сложнее. Предлагается считать (Розенберг, 1984, 1989) внутренними критериями адекватности теоретические предпосылки самой науки о моделируемой предметной области (в нашем случае – экологии и экономики), а внешними – критерии из области математики и математического анализа моделей эколого-экономических систем (например, требование устойчивости метода анализа данных относительно исходных допустимых отклонений, предпосылок модели или условий применимости метода).

И последнее замечание. В большинстве случаев исследователей и практических работников, как правило, мало интересует тот модельный формализм, который был использован при выработке решения. Вместе с этим очевидно, что предлагаемые решения формулируются в условиях неполноты информации и допущений методов моделирования, поэтому более важны какие-то заключения относительно устойчивости полученных моделей к этим допустимым неопределенностям. Общая схема такого рода оценки чувствительности и устойчивости статистических процедур подробно представлена в монографиях А.И. Орлова (1979, 2004). Другим способом повышения устойчивости решений является формирование коллектива моделей-предикторов, эффективность которого практически всегда оказывается значительно выше любого из его членов (Багров, 1962; Брусиловский, 1987; Розенберг и др., 1994). При этом очевидна аналогия с методами коллективного решения, столь эффективно использующимися в обществе (Растринин, Эренштейн, 1981). Структурные связи в коллективе выбираются таким образом, чтобы положительные свойства той или иной индивидуальной



модели дополняли друг друга, а отрицательные – компенсировались (т.е. срабатывал бы эффект системности типа «целое больше суммы своих частей»).

## Комментарий к некоторым показателям устойчивого развития применительно к территории Волжского бассейна

Наконец приступаем к самой интересной (естественно, на наш взгляд) части работы – построению прогнозных моделей и прогнозированию с их помощью тех или иных параметров устойчивого развития социо-эколого-экономических систем (СЭЭС) Волжского бассейна. Однако прежде рассмотрим работоспособность некоторых индексов устойчивого развития, которые обсуждались выше в главе 2.

Систему основных эколого-экономических индикаторов устойчивого развития продемонстрируем для Самарской области (эта работа выполнялась в рамках Программы Минэкономразвития РФ «Самарская область в социально-экономической системе России в условиях глобализации: ретроспективный анализ и перспективы развития. Экологическая компонента проекта», 2004 г.) в сравнении с некоторыми регионами Волжского бассейна, с наиболее экономически развитыми регионами России и со средними показателями для России в целом.

Валовой региональный продукт (ВРП) на душу населения (индекс I, таблица 3; см.: таблицу 4). Валовой региональный продукт на душу населения – основной агрегированный показатель экономической деятельности региона. Положительная динамика индикатора характеризует устойчивый рост экономики региона. Поскольку экономический рост является необходимым условием устойчивого развития, то данный показатель входит в состав ключевых индикаторов. Динамика этого индикатора в Самарской области характеризуется постоянной тенденцией роста, причем в 1995-1999 гг. наблюдаются опережающие темпы роста ВРП.

**Таблица 4. Динамика ВРП на душу населения, руб. (до 1998 г. – тыс. руб.)**

| <b>ВРП</b>                           | <b>1994</b> | <b>1996</b> | <b>1997</b> | <b>2000</b> | <b>2001</b> | <b>2005</b> | <b>2009</b> |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| На душу населения, Самарская область | 5133        | 17 963      | 22 107      | 47 339      | 62 426      | 125 140     | 204 455     |
| На душу населения, РФ                | 4117        | 14 523      | 16 826      | 50 168      | 62 400      | 126 014     | 198 816     |

Объем инвестиций в основной капитал за счет всех источников финансирования (таблица 5) – характеризует валовое накопление капитала, являющегося элементом конечного использования ВРП. Достаточный объем инвестиций – один из важнейших факторов развития экономического потенциала территории. Положительная динамика индикатора характеризует устойчивое развитие региона. В Самарской области динамика индикатора характеризуется неустойчивым характером (в Самарской области соответствует среднему по России уровню).

**Таблица 5. Динамика инвестиций в основной капитал в Самарской области за счет всех источников финансирования**

| <b>Показатель</b>                                    | <b>1994</b> | <b>1996</b> | <b>2000</b> | <b>2001</b> | <b>2005</b> | <b>2010</b> |
|------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Инвестиции в основной капитал (с 1998 г. – млн руб.) | 2715        | 9777        | 23125       | 31220       | 43705       | 59974       |
| Валовой региональный продукт (1998 г. – млн руб.)    | 16907       | 59476       | 155732      | 204072      | 278006      | 421320      |
| Инвестиции в % от ВРП                                | 16,1        | 16,4        | 14,9        | 15,3        | 16,2        | 14,6        |

Коэффициент обновления основных фондов (ОФ). Основные фонды являются главным элементом материальной формы национального богатства страны, региона. Коэффициент обновления ОФ важен для комплексного анализа их динамики и использования за определенный период времени. Он показывает долю вводимых вновь ОФ в общем объеме этих фондов на конец года. Высокое значение индикатора – гарантия роста темпов модернизации предприятий и выпуска качественной продукции. Положительная динамика индекса характеризует предпосылки к устойчивому социально-экономическому развитию региона. Значение обновления ОФ чрезвычайно важно с позиций воздействия на окружающую среду. С этим индикатором тесно связана величина экологического ущерба, определяемая степенью совершенства и но-

визной (или отсталостью) технологий.

Изменение индикатора в Самарской области носит неустойчивый положительный характер (таблица 6), однако он заметно опережает средний по России уровень.

**Таблица 6. Коэффициент обновления (введено новых основных фондов в % от общей стоимости фондов на конец года) и износ основных фондов**

| Показатель                                  | 1991 | 1994 | 1997 | 2000 | 2001 | 2005 | 2007 | 2010 |
|---------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Коэффициент обновления ОФ                   | 5,8  | 5    | 3,7  | 4,6  | 5,8  | 3,0  | 4,0  | 4,2  |
| Износ ОФ, промышленность, Самарская обл., % | 54,3 | 55   | 56,1 | 64,4 | 61,8 | 53,7 | 55,3 | 58,2 |
| Износ ОФ, промышленность, РФ, %             | 43,3 | 46   | 52,4 | 51,3 | 49,9 | 44,3 | 45,9 | 48,0 |

Уровень износа основных фондов. Износ ОФ – любая потеря полезности (потребительских свойств) ОФ, которая в процессе эксплуатации приводит к уменьшению их действительной стоимости по сравнению с полной восстановительной стоимостью. В экономической теории различают износ физический и износ моральный. Физический износ ОФ – это снашивание средств труда вследствие производственного потребления и под влиянием сил природы (коррозия металла, гниение и разрушение деревянных и других конструкций). Величина физического износа орудий труда зависит, прежде всего, от степени их использования во времени и интенсивности их работы. Именно физический износ является «экологически обусловленным». Хотя нельзя сбрасывать со счетов и моральный износ в результате замены ОФ вследствие изобретения и внедрения в производство принципиально новых машин, более производительных и более совершенных. По итогам производственной деятельности старая техника объективно обесценивается со всеми вытекающими последствиями для хозяйственной деятельности предприятия (экономическая составляющая износа основных фондов) и становится более опасной для окружающей среды (экологическая составляющая; см. таблицу 7).

Таблица 7. Уровень износа основных фондов по регионам, %

| Территория                           | 1999        | 2001        | 2003        | 2005        | 2009        |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Российская Федерация</b>          | <b>41,9</b> | <b>45,8</b> | <b>49,5</b> | <b>50,6</b> | <b>53,3</b> |
| <b>Приволжский федеральный округ</b> | <b>44,4</b> | <b>47,3</b> | <b>52,5</b> | <b>51,2</b> | <b>55,7</b> |
| Республика Татарстан                 | 38,6        | 37,7        | 44,1        | 47,1        | 56,3        |
| Нижегородская область                | 40,2        | 45,5        | 50,4        | 55,5        | 59,3        |
| Пермская область                     | 46,1        | 51,3        | 51,3        | 52,1        | 50,0        |
| Самарская область                    | 49,5        | 56,0        | 59,8        | 57,6        | 60,2        |
| Свердловская область                 | 43,9        | 48,7        | 56,2        | 58,6        | 60,4        |
| Челябинская область                  | 43,4        | 47,2        | 51,5        | 52,7        | 54,0        |
| Новосибирская область                | 48,5        | 53,7        | 55,8        | 57,3        | 58,7        |
| Томская область                      | 48,1        | 48,1        | 47,5        | 49,3        | 49,9        |

Износ ОФ по территориям Волжского бассейна (см. рисунок 3) менее 40% в 2001 г. наблюдался лишь в Республике Татарстан (37,7%), Московской (38,3%) и Астраханской областях (39,3%), а более 50% – в Пензенской (56,7%), Костромской (51,2%) и Тверской областях (50,9%). Средний уровень износа ОФ по российским предприятиям на начало 2009 г. достиг 41%; отмечается, что многие российские промышленные компании (например, предприятия «АВТОВАЗ», НПО «Сатурн» и «Инком-Лада» – износ более 70%) имеют критический уровень износа ОФ (<http://www.rossitbank.ru/banks/NRA-obnovlen-razdel-171-Rehningi-predpriatii-187/>). Не лучше выглядит ситуация и в топливно-энергетическом комплексе страны (Кузовкин, 2001): износ ОФ нефтеперерабатывающих заводов приближается к 80% (что «чревато угрозой техногенных катастроф, ибо НПЗ несут в себе большую химическую, пожарную и экологическую опасность, и от аварий спасают пока высокая культура производства и высококвалифицированные кадры»), износ электростанций достиг почти 70%, в угольной промышленности – до 58% и пр.

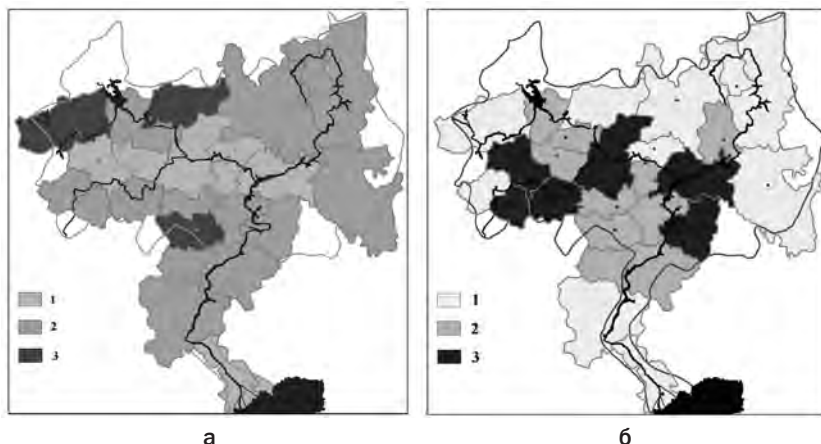


Рисунок 3. Уровень износа основных фондов: а – на начало 2001 г. (1 – менее 40%, 2 – 40-50%, 3 – более 50%); б – на начало 2010 г. (1 – менее 50%, 2 – 50-55%, 3 – более 55%).

Бюджетная обеспеченность (таблица 8). Индикатор важен как обобщающий показатель бюджетно-финансовой политики региона. Характеризует масштабы денежных средств, направляемых на финансовое обеспечение исполнения минимальных функций государства, местного самоуправления, государственные инвестиции. Бюджетная обеспеченность – индикатор способности региональных органов власти к решению социально-экономических проблем (в том числе и экологических). Положительная динамика индикатора характеризует устойчивое развитие региона.

Таблица 8. Динамика бюджетной обеспеченности, тыс. руб./чел.

| Бюджетная обеспеченность | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2005 | 2009 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Самарская область        | 2,9  | 3,7  | 5,5  | 8,4  | 9,4  | 12,7 |
| Российская Федерация     | 5,8  | 8,6  | 13,5 | 16,8 | 21,4 | 25,7 |

Энергоемкость и электроемкость ВРП (таблица 9). Энергоемкость ВРП – экономический показатель, отражающий объем потребленных ресурсов: природного топлива и продуктов переработки, пересчитанных в условное топливо по определенным коэффициентам, на 1000. руб. ВРП в реальных ценах. В динамике показывает сокращение потребления ресурсов природного топлива, в первую очередь за счет энергосберегающих технологий. Электроемкость ВРП рассчитывается

как отношение годового расхода электроэнергии к соответствующему объему ВРП региона. Показывает экономию электроэнергии, снижение затрат на производство продукции, повышение энергетического потенциала региона.

Индикатор энергоемкости Самарской области имеет тенденцию снижения, что является положительным фактором, важным условием устойчивого развития региона. Изменение электроемкости в Самарской области имеет неустойчивую положительную динамику.

**Таблица 9. Динамика энергоемкости и электроемкости ВРП Самарской области**

| Показатель                          | 1996  | 1998  | 2000  | 2001  | 2005  | 2009  |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Энергоемкость ВРП, т у.т./тыс. руб. | 0,28  | 0,27  | 0,23  | 0,22  | 0,20  | 0,18  |
| Электроемкость ВРП, кВт*час/руб.    | 0,367 | 0,443 | 0,389 | 0,359 | 0,392 | 0,407 |

Доля инновационной продукции в общем объеме произведенной промышленной продукции (таблица 10). Индикатор показывает долю произведенной промышленной продукции, имеющей инновационную направленность (внедрение новых или усовершенствование старых продуктов и технологий) в общем объеме произведенной продукции по промышленности. Важнейший фактор научно-технического прогресса. В динамике характеризует инновационную направленность территории в части создания условий для активного использования инноваций самого широкого спектра направлений (технологий, менеджмента, маркетинга, финансов и др.). Изменение индикатора в регионе характеризуется ярко выраженной положительной динамикой. За 1997-2001 гг. доля инновационной продукции в продукции промышленности Самарской области возросла более чем в 3 раза, потом еще раз удвоилась.

**Таблица 10. Динамика инновационной продукции в объеме произведенной промышленной продукции, %**

| Показатель              | 1997 | 1998 | 2000 | 2001 | 2009 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|
| Инновационная продукция | 4,9  | 9,5  | 15,4 | 17,5 | 25,3 |

Индекс развития человеческого потенциала М. Десаи (ИРЧП,  $I_{\text{чп}}$ , таблица 3; таблица 11). Содержание составляющих индикатор ИРЧП параметров 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 достойно-

го уровня жизни. Индикатор рассчитывается на основе статистических данных: ВРП на душу населения ( $X_1$ ), 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.

**Таблица 11. Индекс развития человеческого потенциала в 2000 году**

| Территория              | $X_1$ ,<br>долл.<br>США | Индекс<br>дохода | $X_2$ ,<br>лет | Индекс<br>долго-<br>летия | $P_{6-23}$<br>% | $X_3$ | ИРЧП  | Место<br>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 Татарстан    | 10871                   | 0,783            | 67,5           | 0,709                     | 77,0            | 0,920 | 0,804 | 3             |
| 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            |
| Самарская область       | 7562                    | 0,722            | 64,5           | 0,658                     | 76,3            | 0,918 | 0,766 | 11            |
| 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            |
| 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             |

**Примечание.**  $P_{6-23}$  – доля учащихся среди возрастов 6-23 года (Доклад о развитии человеческого потенциала в Российской Федерации за 2002/2003. – М.: UNDP, 2003); данные Росстата.

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 человеческого развития – те, в которых  $0,5 < \text{ИРЧП} < 0,8$ ; к регионам с низким уровнем человеческого развития – те, в которых  $\text{ИРЧП} < 0,5$ .

В Самарской области ИРЧП превышает средний по России уровень, составляя 0,766 в 2000 г. Превышение вызвано экономическими факторами, ВРП на душу населения в регионе, пересчитанному по паритету покупательной способности, и более высоким уровнем доходов. Уровень образования населения региона также несколько выше среднероссийского уровня. По продолжительности жизни регион находится на уровне ниже среднероссийского. Следует отметить негативную динамику ИРЧП области – в предыдущие годы она занимала в рейтинге более высокие позиции – 4 место в 1988 г. и 5 место в 1999 г. Сложившаяся тенденция требует дополнительного анализа.

Ситуация по Волжскому бассейну на 2009 г. представлена на рисунке 4 (Социальный атлас..., 2005; данные Росстата); в «лидерах» – Московская и Самарская области, Республика Татарстан.

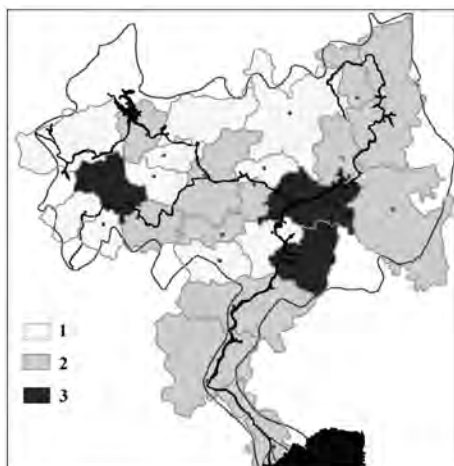


Рисунок 4. Индекс развития человеческого потенциала, 2009 г.: 1 – 0,718-0,756; 2 – 0,756-0,800; 3 – более 0,800.

Удельные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу ( $e_2$ , таблица 3; таблицы 12 и 13). Индикатор направлен на оценку экологического состояния экономики и уровня технологии, качества природоохранной

деятельности, качества жизни. Тенденция снижения показателей является положительной, связана с сокращением поступления загрязняющих веществ в окружающую среду и увеличением производства ВРП.

**Таблица 12. Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников**

|                                                          | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1998 | 2000 | 2001 | 2005 | 2009 |
|----------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Всего выброшено в атмосферу загрязняющих веществ, тыс. т | 648  | 484  | 415  | 381  | 347  | 327  | 313  | 305  | 288  |
| Удельные выбросы ( $e_z$ ), кг/руб.                      |      |      |      | 6    | 6    | 5    | 5    | 5    | 4    |

Источник: Государственный доклад о состоянии..., 2003; данные Росстата.

**Таблица 13. Выбросы загрязняющих атмосферу веществ в 2009 г., отходящие от стационарных источников, на единицу ВРП по регионам ( $e_z$ ), кг/руб.**

| Территория                           | $e_z$    |
|--------------------------------------|----------|
| <b>Российская Федерация</b>          | <b>8</b> |
| <b>Приволжский федеральный округ</b> | <b>6</b> |
| Республика Башкортостан              | 8        |
| Республика Татарстан                 | 4        |
| Нижегородская область                | 4        |
| Пермская область                     | 10       |
| Самарская область                    | 4        |
| Свердловская область                 | 19       |
| Челябинская область                  | 19       |
| Новосибирская область                | 5        |
| Томская область                      | 13       |

Удельный сброс загрязненных сточных вод ( $e_z$ , таблица 3; таблицы 14 и 15). Индикатор направлен на оценку экологического состояния экономики и уровня технологии, качества природоохранной деятельности, качества жизни. Снижение сбросов загрязняющих веществ характеризует экологичность применяемых технологий, эффективность работы очистных сооружений, снижение энергоемкости производства, улучшение качества поверхностных вод, снижение отрицательного вли-

нения экономики на здоровье населения, памятники истории и культуры.

**Таблица 14. Сбросы загрязненных сточных вод в Самарской области**

|                                                           | 1991 | 1993 | 1995 | 1997  | 1999  | 2000 | 2001  | 2005  | 2009  |
|-----------------------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| Объем сброса загрязненных сточных вод, млн м <sup>3</sup> | 950  | 817  | 679  | 642   | 640   | 645  | 536   | 465   | 406   |
| Удельные выбросы ( $e_z$ ), м <sup>3</sup> /руб.          |      |      |      | 0,011 | 0,011 | 0,01 | 0,008 | 0,007 | 0,007 |

Источник: Государственный доклад о состоянии..., 2003; данные Росстата.

**Таблица 15. Сброс загрязненных сточных вод в 2009 г. на единицу ВРП по регионам ( $e_z$ ), м<sup>3</sup>/руб.**

| Территория                           | $e_z$        |
|--------------------------------------|--------------|
| <b>Российская Федерация</b>          | <b>0,008</b> |
| <b>Приволжский федеральный округ</b> | <b>0,008</b> |
| Республика Башкортостан              | 0,007        |
| Республика Татарстан                 | 0,008        |
| Нижегородская область                | 0,011        |
| Пермская область                     | 0,007        |
| Самарская область                    | 0,007        |
| Свердловская область                 | 0,011        |
| Челябинская область                  | 0,015        |
| Новосибирская область                | 0,002        |
| Томская область                      | 0,001        |

Использование токсичных отходов, % к образованию ( $e_z$ , таблица 3; таблицы 16 и 17). Индикатор направлен на оценку системы управления отходами. Большое количество токсичных отходов, накапливающихся в окружающей среде, может создать чрезвычайную ситуацию с тяжелыми последствиями для здоровья людей и окружающей среды. Положительная динамика индикатора отражает реализацию мер по управлению токсичными отходами. Уровень использования токсичных отходов в Самарской области резко увеличился в 1998 г., превысив среднероссийский уровень. Вместе с тем следует заметить, что динамика индикатора отличается нестабильностью.

Таблица 16. Использование токсичных отходов, % к образованию

| Территория           | 1995 | 1997 | 1999 | 2000 | 2001 | 2005 | 2009 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Самарская область    | 10,5 | 10,8 | 60   | 44,7 | 37,9 | 42,5 | 48,0 |
| Российская Федерация | 40,8 | 43,7 | 31,5 | 34   | 33,5 | 28,3 | 27,4 |

Таблица 17. Образование токсичных отходов на единицу ВРП по регионам ( $e_z$ ) и их использование в 2009 г.

| Территория                           | $e_z$ , т/тыс. руб. ВРП | Использовано и обезврежено от количества образовавшихся за год отходов, % |
|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>Российская Федерация</b>          | <b>0,059</b>            | <b>36,5</b>                                                               |
| <b>Приволжский федеральный округ</b> | <b>0,049</b>            | <b>31,1</b>                                                               |
| Республика Башкортостан              | 0,107                   | 16,4                                                                      |
| Республика Татарстан                 | 0,012                   | 40,8                                                                      |
| Нижегородская область                | 0,009                   | 66,3                                                                      |
| Пермская область                     | 0,007                   | 32,1                                                                      |
| Самарская область                    | 0,013                   | 48,0                                                                      |
| Свердловская область                 | 0,057                   | 95,5                                                                      |
| Челябинская область                  | 0,289                   | 57,8                                                                      |
| Новосибирская область                | 0,024                   | 77,3                                                                      |
| Томская область                      | 0,015                   | 2,4                                                                       |

Примечание. ВРП в ценах 1996 г.

Количество переработанных отходов производства и потребления (таблица 18). Индикатор направлен на оценку системы управления отходами, экологичности экономики. Отрицательная динамика индикатора требует дополнительного внимания к управлению отходами в регионе.

Таблица 18. Динамика объема переработанных отходов в Самарской области, тыс. т

| 1994  | 1995 | 1996 | 1997   | 2000   | 2001   | 2002   | 2005   | 2009   |
|-------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 892,5 | 1040 | 1205 | 1248,4 | 1570,6 | 1852,2 | 1454,4 | 2293,3 | 3492,5 |

Индикатор природоемкости ( $e_z$ , таблица 3; таблица 19). Рассчитывается как объем образования отходов производства и потребления на единицу ВРП в сопоставимых ценах. Снижение интенсивности обра-

зования отходов является условием устойчивого развития. Тенденция роста этого показателя в Самарской области свидетельствует о необходимости особых мер в управлении отходами.

**Таблица 19. Образование отходов производства и потребления в Самарской области на единицу ВРП ( $e_z$ ), т/млн руб.**

| Показатель                                  | 1996 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2005 | 2009 |
|---------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Удельное образование отходов на единицу ВРП | 24,4 | 30,9 | 32,8 | 34,9 | 36,8 | 20,2 | 16,6 |

Образование твердых бытовых отходов (ТБО) на душу населения (таблица 20). Индикатор рассчитывается как объем образования ТБО на одного жителя области и показывает интенсивность загрязнения окружающей среды; характеризует экологичность применяемых технологий, природоёмкость производства и потребления, влияние экономики на здоровье населения (косвенно). Снижение интенсивности образования твердых бытовых отходов является условием устойчивого развития. Тенденция роста показателя в Самарской области свидетельствует о необходимости особых мер в управлении отходами. Дальнейший рост производства и потребления может обострить проблему утилизации и размещения ТБО.

**Таблица 20. Образование твердых бытовых отходов в Самарской области на душу населения, т/чел.**

| 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2005 | 2009 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,18 | 0,21 | 0,22 | 0,24 | 0,24 | 0,27 | 0,29 | 0,34 | 0,54 | 0,76 |

Лесовосстановление в лесном фонде, тыс. га (таблицы 21 и 22). Традиционными показателями лесопользования являются запас древесины в лесном фонде, годовой прирост древесины основных лесобразующих пород и объем ежегодных рубок. Однако применительно к лесному фонду Самарской области эти индикаторы не являются представительными – особое значение имеет воспроизводство леса.

Индикатор характеризуется негативной тенденцией снижения площади восстановления леса в Самарской области (таблица 21). Сопоставление размеров воспроизводства леса по регионам представлено в таблице 22 – в Самарской области масштабы лесовосстановления самые низкие по сравнению с другими регионами страны.

Таблица 21. Лесовосстановление в Самарской области

| Показатель                                                                                    | 1990 | 1995 | 1997 | 1999 | 2000 | 2001 | 2005 | 2009 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Лесовосстановление в лесном фонде, тыс. га                                                    | 4,1  | 3,5  | 1,9  | 2,0  | 2,2  | 1,8  | 1,6  | 1,4  |
| Заложено<br>полезащитных лесных<br>полос на землях<br>сельскохозяйственного<br>назначения, га | -    | 44   | 29   | 73   | 49   | 45   | 105  | 300  |

Источник: Самарский статистический ежегодник. – Самара, 2002; данные Росстата.

Таблица 22. Лесовосстановление по регионам (2009 г.)

| Территория                    | Лесовосстановление, тыс. га |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Российская Федерация          | 959,9                       |
| Приволжский федеральный округ | 106,3                       |
| Республика Башкортостан       | 15,3                        |
| Республика Татарстан          | 4,4                         |
| Нижегородская область         | 8,9                         |
| Пермская область              | 25,2                        |
| Самарская область             | 1,4                         |
| Свердловская область          | 23,5                        |
| Челябинская область           | 4,5                         |
| Новосибирская область         | 9                           |
| Томская область               | 21                          |

Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов (таблица 23). Затраты на охрану окружающей среды – характеристика масштабов природоохранной деятельности. Индикатор направлен на оценку средств, выделяемых для решения природоохранных проблем. Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, позволяют более эффективно решать проблемы охраны окружающей среды, принимать превентивные меры, не допуская загрязнения водных ресурсов, атмосферного воздуха и т.д. Это позволяет предотвратить деградацию биосферы, резкое ухудшение экологической обстановки. Величина инвестиций характеризует величину затрат, направляемых на

приобретение, создание и воспроизводство природоохранных объектов (строительство очистных сооружений, создание особо охраняемых природных территорий и т.д.). Увеличение инвестиций свидетельствует о более устойчивом развитии территории.

В таблице 24 представлено сопоставление регионов по уровню инвестиций природоохранного назначения в суммарном объеме инвестиций в основной капитал. Самарская область по данному показателю значительно уступает как России и Приволжскому федеральному округу в целом, так и большинству сравниваемых регионов (см. также рисунок 5).

**Таблица 23. Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в Самарской области, млн руб. (в фактически действовавших ценах, до 1998 г. – в млрд руб.)**

| 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1999  | 2000  | 2001  | 2005  | 2009  |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 144,5 | 148,6 | 176,9 | 168,8 | 160,6 | 352,4 | 315,4 | 512,3 | 396,3 |

**Таблица 24. Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, в % ко всем инвестициям в регионе в 2009 г.**

| Территория                    | Инвестиции, % |
|-------------------------------|---------------|
| Российская Федерация          | 1,4           |
| Приволжский федеральный округ | 1,8           |
| Республика Башкортостан       | 3,8           |
| Республика Татарстан          | 0,9           |
| Нижегородская область         | 0,9           |
| Пермская область              | 2,2           |
| Самарская область             | 0,9           |
| Свердловская область          | 2,4           |
| Челябинская область           | 3,4           |
| Новосибирская область         | 0,8           |
| Томская область               | 3,7           |

Источник: Основные показатели охраны окружающей среды. – М.: Госкомстат России, 2010; Инвестиции в России в 2009 г. – М.: Госкомстат России, 2010.

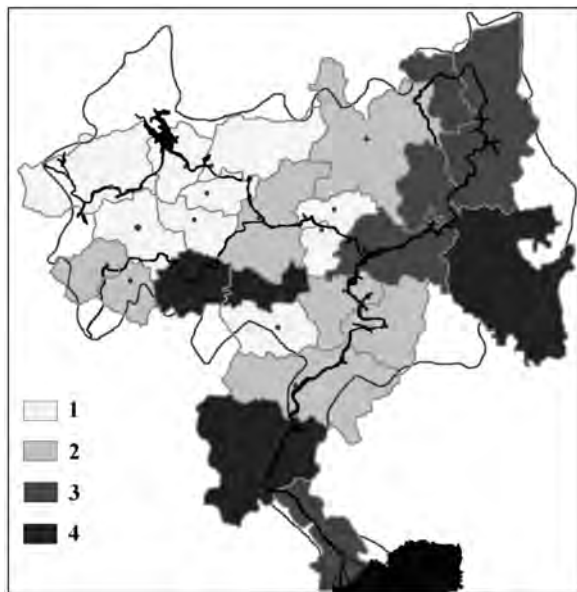


Рисунок 5. Инвестиции в объекты охраны окружающей среды (1997-2009 гг.), % к ВРП: 1 – до 0,05; 3 – 0,05-0,15; 4 – 0,15-0,4; 5 – 0,4-1,0.

Индекс физического качества жизни М. Морриса ( $I_{ФКЖ}$ , таблица 3; таблица 25). Этот показатель близок по своему содержанию индексу развития человеческого потенциала (см. таблицу 11, обозначения те же). Отличие состоит в учете младенческой смертности (на 1000 населения), выраженной в процентах. Чем выше индекс, тем более устойчиво развивается анализируемая территория (см. также рисунок 6).

Таблица 25. Индекс физического качества жизни М. Морриса ( $I_{ФКЖ}$ ), 2000 г.

|                             | Младенческая смертность | Индекс млад. смертности, % | $X_2$ , лет | Индекс долголетия, % | $P_{6-23}$ , % | $X_3$ , %   | $I_{ФКЖ}$   |
|-----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------|----------------------|----------------|-------------|-------------|
| <b>Российская Федерация</b> | <b>17,8</b>             | <b>89,0</b>                | <b>65,3</b> | <b>67,1</b>          | <b>75,0</b>    | <b>91,3</b> | <b>69,4</b> |
| Республика Башкортостан     | 16,2                    | 80,1                       | 66,8        | 69,6                 | 76,8           | 91,9        | 81,4        |
| Республика Татарстан        | 16,5                    | 80,3                       | 67,5        | 70,9                 | 77,0           | 92,0        | 82,6        |



|                       | Младенческая смертность | Индекс млад. смертности, % | $X_2$ , лет | Индекс долголетия, % | $P_{6-23}$ , % | $X_3$ , % | $I_{ФКЖ}$ |
|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------|----------------------|----------------|-----------|-----------|
| Нижегородская область | 15,5                    | 75,3                       | 65,1        | 66,8                 | 72,3           | 90,4      | 81,9      |
| Пермская область      | 17,2                    | 86,0                       | 63,7        | 64,6                 | 72,5           | 90,5      | 69,1      |
| Самарская область     | 17,9                    | 89,5                       | 64,5        | 65,8                 | 76,3           | 91,8      | 68,1      |
| Свердловская область  | 18,0                    | 90,0                       | 63,9        | 64,9                 | 73,4           | 90,8      | 65,7      |
| Челябинская область   | 18,0                    | 90,0                       | 64,8        | 66,3                 | 75,0           | 91,3      | 67,6      |
| Новосибирская область | 17,5                    | 85,3                       | 66,5        | 69,2                 | 80,3           | 93,1      | 77,0      |
| Томская область       | 17,0                    | 85,0                       | 65,0        | 66,7                 | 84,5           | 94,5      | 76,2      |

Источник: Доклад о развитии человеческого потенциала в Российской Федерации за 2002/2003. – М.: UNDP, 2003; данные Росстата.

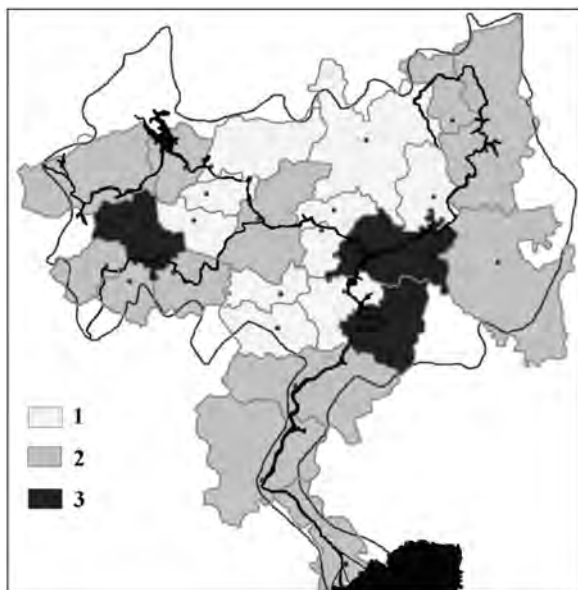


Рисунок 6. Индекс физического качества жизни, 2009 г.: 1 – 0,612-0,676; 2 – 0,676-0,740; 3 – более 0,740.

Индекс соотношения «антропогенной нагрузки» и «экологической емкости» ( $G$ , таблица 3; таблица 26). Этот индекс 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)<sup>5</sup>. 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 ( $\Delta - A$ ) меньше среднего уровня по России (или по Волжскому бассейну), – это зоны повышенной экологической опасности, а где ( $\Delta - A$ ) 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 ( $\Delta - A$ ) 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  $(\Delta - A) < (\Delta - A)_{\text{Рос}} - 1,4\sigma$ .

Таблица 26. Индекс соотношения «антропогенной нагрузки» и «экологической емкости» ( $G$ ) в 2010 г.

| Территория              | «Антропогенная нагрузка» |           |         | «Экологическая емкость» |            |         | $G = \Delta - A$ |
|-------------------------|--------------------------|-----------|---------|-------------------------|------------|---------|------------------|
|                         | 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                |

<sup>5</sup> Этот пример здесь носит иллюстративный характер, поэтому «антропогенная нагрузка» и «экологическая емкость» характеризуются всего двумя параметрами; при наличии достаточной пространственно распределенной информации списки параметров могут быть расширены.

| Территория                                 | «Антропогенная нагрузка» |           |                  | «Экологическая емкость» |            |                   | G=Э-А            |
|--------------------------------------------|--------------------------|-----------|------------------|-------------------------|------------|-------------------|------------------|
|                                            | на воду                  | на воздух | сумма А          | водообеспеченность      | лесистость | сумма Э           |                  |
| 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                |
| <b>Волжский бассейн (средняя ± ошибка)</b> |                          |           | <b>5,1 ± 0,7</b> |                         |            | <b>10,3 ± 0,9</b> | <b>5,2 ± 1,3</b> |
| Свердловская область                       | 4                        | 7         | 11               | 4                       | 6          | 10                | -1               |
| Челябинская область                        | 4                        | 5         | 9                | 3                       | 4          | 7                 | -2               |

| Территория            | «Антропогенная нагрузка» |           |         | «Экологическая емкость» |            |         | G=Э-А |
|-----------------------|--------------------------|-----------|---------|-------------------------|------------|---------|-------|
|                       | на воду                  | на воздух | сумма А | водообеспеченность      | лесистость | сумма Э |       |
| Новосибирская область | 4                        | 3         | 7       | 8                       | 7          | 15      | 8     |
| Томская область       | 3                        | 5         | 8       | 8                       | 7          | 15      | 7     |

Естественно, такие выводы надо делать с большой осторожностью и с высокой степенью уверенности и достоверности, а не по двум показателям 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 (см. далее рисунок 14).

Индекс антропогенного воздействия на окружающую среду П. Эрлиха ( $I_E$ , таблица 3; таблица 27). Чем выше этот (достаточно искусственный) показатель, тем ниже степень устойчивого развития территории. По отношению к Российской Федерации самое плохое положение у Самарской области ( $I_E / I_{PФ} = 8,3$ ), далее идет Татарстан (7,3), а потом – Нижегородская область (6,4).

Площадь особо охраняемых природных территорий. Площадь охраняемых территорий – индикатор сохранения дикой природы, биоразнообразия, культурного наследия, генофонда, рекреации, условие долгосрочной устойчивости. Особо охраняемые территории 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.

**Таблица 27. Индекс антропогенного воздействия на окружающую среду  
П. Эрлиха, 2009 г.**

| Территория              | Индекс дохода | Уровень износа основных фондов, % | Плотность населения | I <sub>Е</sub> |
|-------------------------|---------------|-----------------------------------|---------------------|----------------|
| Российская Федерация    | 0,703         | 53,3                              | 8,15                | 305            |
| Республика Башкортостан | 0,724         | 55,7                              | 27                  | 1089           |
| Республика Татарстан    | 0,783         | 56,3                              | 50,8                | 2239           |
| Нижегородская область   | 0,665         | 59,3                              | 49,4                | 1948           |
| Пермская область        | 0,722         | 50                                | 18,7                | 675            |
| Самарская область       | 0,722         | 60,2                              | 58,5                | 2542           |
| Свердловская область    | 0,674         | 60,4                              | 23,1                | 940            |
| Челябинская область     | 0,692         | 54                                | 39,6                | 1480           |
| Новосибирская область   | 0,624         | 58,7                              | 14,9                | 546            |
| Томская область         | 0,705         | 49,9                              | 2,8                 | 99             |

В частности, на территории Самарской области имеется заповедник и «1,5» национальных парка («Самарская Лука» и половина недавно образованного «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 особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Самарской области составляет 2054,39 км<sup>2</sup>, или 3% общей площади области. Это сравнимо с удельным весом ООПТ федерального значения, который составляет 2,97% территории Российской Федерации.

На рисунке 7 приведено распределение показателя «доля площади ООПТ (заповедники и национальные парки) в общей площади субъекта Федерации»; Найденко, 2003).

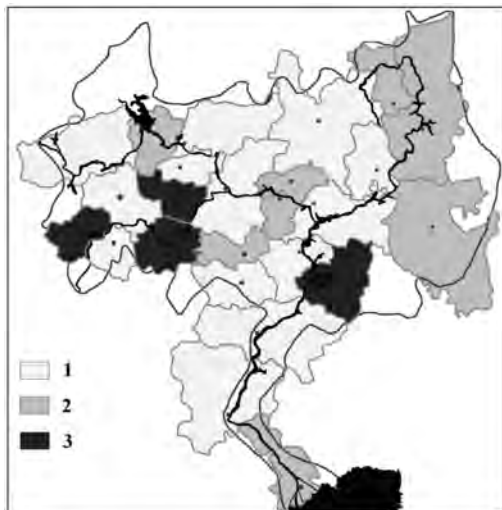
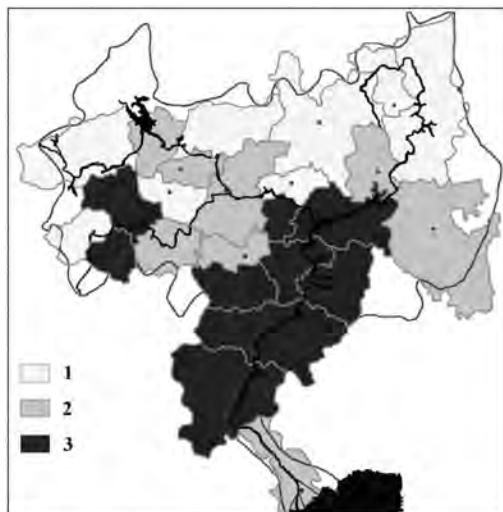


Рисунок 7. Доля площади ООПТ (%) в общей площади субъекта Федерации: 1 – 0-1,37; 2 – 1,37-2,74; 3 – 2,74-4,1.

Индекс антропогенной преобразованности территории О.И. Ивановой ( $I_{ан}$ , таблица 3; рисунок 8), еще раз напомним, выглядит следующим образом:  $I_{ан} = \sum R_i S_i / S$ , где  $R_i$  – 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),  $S_i$  – площадь земельного фонда территории под хозяйственной деятельностью  $i$ ;  $S$  – общая площадь субъекта Федерации. Можно несколько модифицировать этот показатель и добавить в сумму еще один член  $R_6 S_6 / S$ , где  $R_6 = 10$  – ранговый показатель для ООПТ региона. Чем выше  $I_{ан}$ , тем меньше антропогенная преобразованность (с учетом ООПТ максимум  $I_{ан}$  может быть равен 10, если вся территория субъекта Федерации отнесена к ООПТ). Тот факт, что «чем выше  $I_{ан}$ , тем меньше антропогенная преобразованность территории», делает этот показатель не удобным (не логичным); более корректным будет, например,  $\bar{I}_{ан} = 10 - I_{ан}$ . Тогда все «встает на свои места»: минимальное значение  $\bar{I}_{ан} = 5,73$  отмечается для Костромской области, максимальное  $\bar{I}_{ан} = 7,50$  – для Волгоградской.

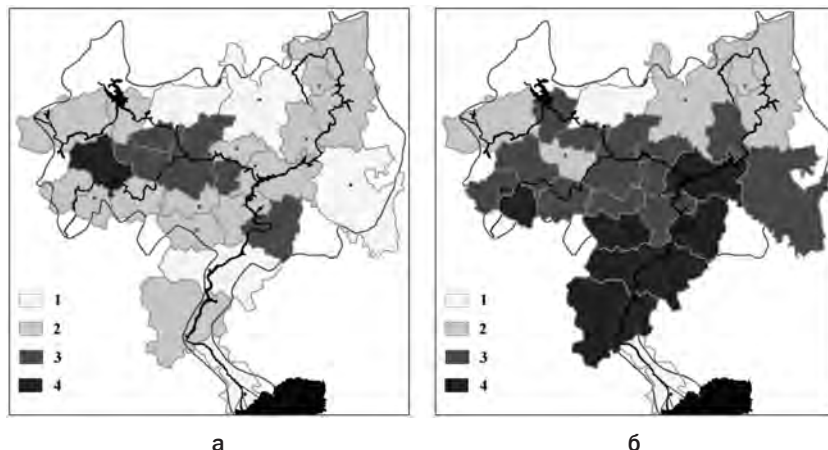


**Рисунок 8. Индекс антропогенной преобразованности территории: 1 – до 6,32; 2 – 6,32-6,91; 3 – больше 6,91.**

Индекс нарушенности территории В.Г. Горшкова ( $I_r$ , табл. 3; рис. 11). Территория, где максимальна площадь полностью разрушенных природных экосистем (более 7% по Горшкову), совпадает с зонами урбанизации и размещением максимума превышения антропогенного энергопотока над энергией первичной продуктивности растительного покрова (Мартынов и др., 1998). В принципе, по логике построения  $I_r$  близок к индексу антропогенной преобразованности территории ( $I_{an}$ ) и представляет собой процент нарушенной территории:

$$I_r = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^3 S_i}{S},$$

где  $S_i$  – площадь земельного фонда территории под хозяйственной деятельностью  $i$  ( $i = 1$  – населенные пункты,  $i = 2$  – дороги,  $i = 3$  – промзастройка),  $S$  – общая площадь субъекта Федерации. В качестве информации использовались статистические данные (Площадь земель..., 1996) и карты антропогенной нарушенности экосистем А.С. Мартынова с соавторами (1998).



**Рисунок 9.** Индекс нарушенности территории а – только с учетом урбанизации (фактически, показатель В.Г. Горшкова) (1 – 0,7-1,2%; 2 – 1,2-3,3%; 3 – 3,3-5,5%; 4 – 5,5-7,5%); б – урбанизация и сельскохозяйственное производство (1 – 7-15%; 2 – 15-22%; 3 – 22-50%; 4 – 50-80%).

Однако помимо урбанизации существуют и другие формы преобразования природы человеком, которые хотя и сохраняют процессы естественного функционирования экосистем, но кардинально их изменяют. В первую очередь это земледелие, в ходе которого сложные природные сообщества степей, лугов и даже лесов заменяются чаще всего искусственно поддерживаемой монокультурой. И хотя энергетическая продуктивность агроценозов может превышать продуктивность природного растительного покрова, агробиомасса не участвует в природных биогеохимических циклах, вывозится с полей, а компенсация потерь биогенных элементов в основном производится человеком (внесение удобрений и пр.). Все это препятствует реализации глобальной устойчивости биосферы. Немалую роль в нарушении естественных экосистем играет и воздействие лесохозяйственного комплекса.

Экологическая оценка территорий с использованием функции желательности. Функции желательности (Адлер и др., 1976; Воробейчик и др., 1994) 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 «за-



нуления», предложены следующие формулы (Гелашвили и др., 2004а, 2006, 2008):

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

если увеличение показателя  $x_i$  является «желательным»,

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

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 (Охрана окружающей..., 2008; Регионы России..., 2008) за 2004-2007 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 2004-2010 гг.).
2. Выбросы в атмосферу окиси углерода, отходящих от стационарных источников, т/чел. в год (средние значения за 2004-2010 гг.).
3. Объем загрязненных сточных вод, м<sup>3</sup>/чел. в год (средние значения за 2004-2010 гг.).
4. Необезвреженные отходы производства и потребления, т/чел. в год (средние значения за 2006-2010 гг.).
5. Число зарегистрированных экологических преступлений на одного жителя (средние значения за 2004-2010 гг.).

«Желательные» показатели:

6. Площадь зеленых массивов и насаждений в городах на одного городского жителя, м<sup>2</sup> (средние значения за 2004-2010 гг.).
7. 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 зна-

чениям  $d_i$  ( $i = 1-4$  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 (Воробейчик и др., 1994) для  $D_5$  выделены зоны, соответствующие «очень хорошему» (1-0,8), «хорошему» (0,8-0,63), «удовлетворительному» (0,63-0,37), «плохому» (0,37-0,2) и «очень плохому» состоянию (0,2-0; см. таблицу 28, рисунок 10а).

**Таблица 28. Значения обобщенной функции желательности  $D_5$  по субъектам Федерации в Волжском бассейне**

| Административные единицы | Обобщенная функция желательности |                         |
|--------------------------|----------------------------------|-------------------------|
|                          | $D_5$                            | Экологическое состояние |
| Астраханская область     | 0,24                             | плохое                  |
| Владимирская область     | 0,54                             | удовлетворительное      |
| Волгоградская область    | 0,28                             | плохое                  |
| Ивановская область       | 0,32                             | плохое                  |
| Калужская область        | 0,56                             | удовлетворительное      |
| Кировская область        | 0,29                             | плохое                  |
| Костромская область      | 0,25                             | плохое                  |
| Московская область       | 0,61                             | удовлетворительное      |
| Нижегородская область    | 0,43                             | удовлетворительное      |
| Пензенская область       | 0,55                             | удовлетворительное      |
| Пермский край            | 0,12                             | очень плохое            |
| Республика Башкортостан  | 0,22                             | плохое                  |
| Республика Марий Эл      | 0,32                             | плохое                  |
| Республика Мордовия      | 0,42                             | удовлетворительное      |
| Республика Татарстан     | 0,34                             | плохое                  |
| Рязанская область        | 0,44                             | удовлетворительное      |
| Самарская область        | 0,33                             | плохое                  |
| Саратовская область      | 0,44                             | удовлетворительное      |
| Тверская область         | 0,41                             | удовлетворительное      |
| Тульская область         | 0,22                             | плохое                  |
| Удмуртская Республика    | 0,54                             | удовлетворительное      |
| Ульяновская область      | 0,55                             | удовлетворительное      |
| Чувашская Республика     | 0,7                              | хорошее                 |
| Ярославская область      | 0,39                             | удовлетворительное      |

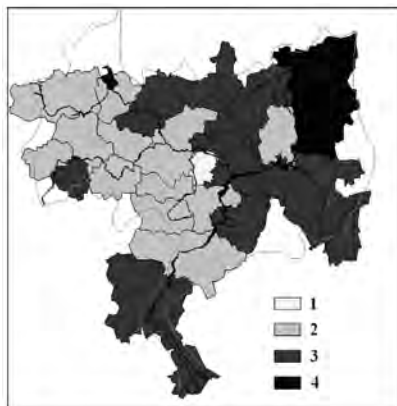
Расчетные значения  $D_7$ , включающие как «нежелательные», так и «желательные» показатели, приведены в таблице 29, пространственное распределение по градациям экологического состояния показано на рисунке 10б. Характеристика экологической ситуации (по  $D_7$  в сравнении с  $D_9$ ) заметно сместилась 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.

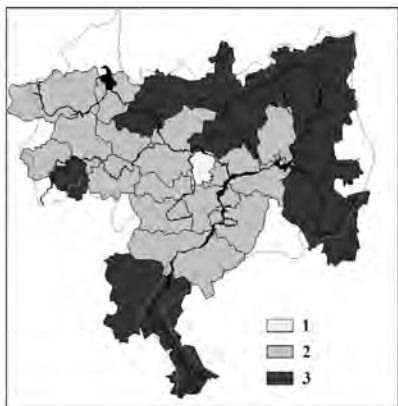
**Таблица 29. Значения обобщенной функции желательности  $D_7$  по субъектам Федерации в Волжском бассейне**

| Административные единицы | Обобщенная функция желательности |                         |
|--------------------------|----------------------------------|-------------------------|
|                          | $D_7$                            | экологическое состояние |
| Астраханская область     | 0,3                              | плохое                  |
| Владимирская область     | 0,52                             | удовлетворительное      |
| Волгоградская область    | 0,33                             | плохое                  |
| Ивановская область       | 0,28                             | плохое                  |
| Калужская область        | 0,45                             | удовлетворительное      |
| Кировская область        | 0,35                             | плохое                  |
| Костромская область      | 0,3                              | плохое                  |
| Московская область       | 0,56                             | удовлетворительное      |
| Нижегородская область    | 0,49                             | удовлетворительное      |
| Пензенская область       | 0,48                             | удовлетворительное      |
| Пермский край            | 0,22                             | плохое                  |
| Республика Башкортостан  | 0,34                             | плохое                  |
| Республика Марий Эл      | 0,32                             | плохое                  |
| Республика Мордовия      | 0,39                             | удовлетворительное      |
| Республика Татарстан     | 0,4                              | удовлетворительное      |
| Рязанская область        | 0,45                             | удовлетворительное      |
| Самарская область        | 0,42                             | удовлетворительное      |
| Саратовская область      | 0,45                             | удовлетворительное      |
| Тверская область         | 0,41                             | удовлетворительное      |
| Тульская область         | 0,26                             | плохое                  |

| Административные единицы | Обобщенная функция желательности |                         |
|--------------------------|----------------------------------|-------------------------|
|                          | $D_7$                            | экологическое состояние |
| Удмуртская Республика    | 0,57                             | удовлетворительное      |
| Ульяновская область      | 0,47                             | удовлетворительное      |
| Чувашская Республика     | 0,67                             | хорошее                 |
| Ярославская область      | 0,41                             | удовлетворительное      |



а



б

Рисунок 10. 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.

## Районирование территории Волжского бассейна

Еще в 1946 г. Л.С. Берг (цит. по: Рянский, 1989, с. 3) утверждал, что началом и концом «каждой истинно географической» (добавим, и экологической. – Ремарка наша) работы является районирование или «разделение земной поверхности на естественные области». Итогом такого рода районирования «становится обоснованный вариант нормирования возможных конкретных хозяйственных воздействий на природную среду, включающих характеристики обратной реакции природных систем на хозяйство и здоровье человека» (Рянский, 1993, с. 3). Важной задачей районирования является выделение «зон экологической конфликтности». С помощью ЭИС REGION-VOLGABAS по базе данных 1991 г. было проведено районирование территории Волжского бассейна с учетом 25 только обобщенных природных компонент и антропогенных нагрузок методами многомерной статистики (рисунок 11а; Розенберг, Краснощеков, 1996, с. 205).

Позже (Устойчивое развитие..., 1998) по информации 1997 г., но уже в соответствии с методикой оценки степени «устойчивого развития» территории и в пространстве 44 социально-эколого-экономических параметров и 38 регионов, было выделено три достаточно контрастных кластера территорий (рисунок 11б). В кластер № 1 (можно назвать его «экономически и социально более или менее благополучным и неудовлетворительным по качеству окружающей среды») попали республики Башкортостан и Татарстан, Вологодская, Ленинградская, Липецкая, Московская, Нижегородская, Пермская, Рязанская, Самарская, Свердловская, Тульская и Челябинская области; в кластер № 3 («экономически и социально не удовлетворительный, но сравнительно благополучный по параметрам окружающей среды») – республики Марий Эл, Мордовия, Удмуртия и Чувашия, Астраханская, Брянская, Калужская, Кировская, Костромская, Курская, Орловская, Пензенская, Смоленская и Твер-

ская области; наконец, кластер № 2 («переходный») включил республики Калмыкия (Хальмг Тангч) и Коми, Владимирскую, Волгоградскую, Ивановскую, Новгородскую, Оренбургскую, Саратовскую, Тамбовскую, Ульяновскую и Ярославскую области.

Наконец, по информации 2005-2008 гг. с учетом 25 обобщенных природных компонент и антропогенных нагрузок было осуществлено еще одно эколого-экономическое районирование (рисунок 11в).

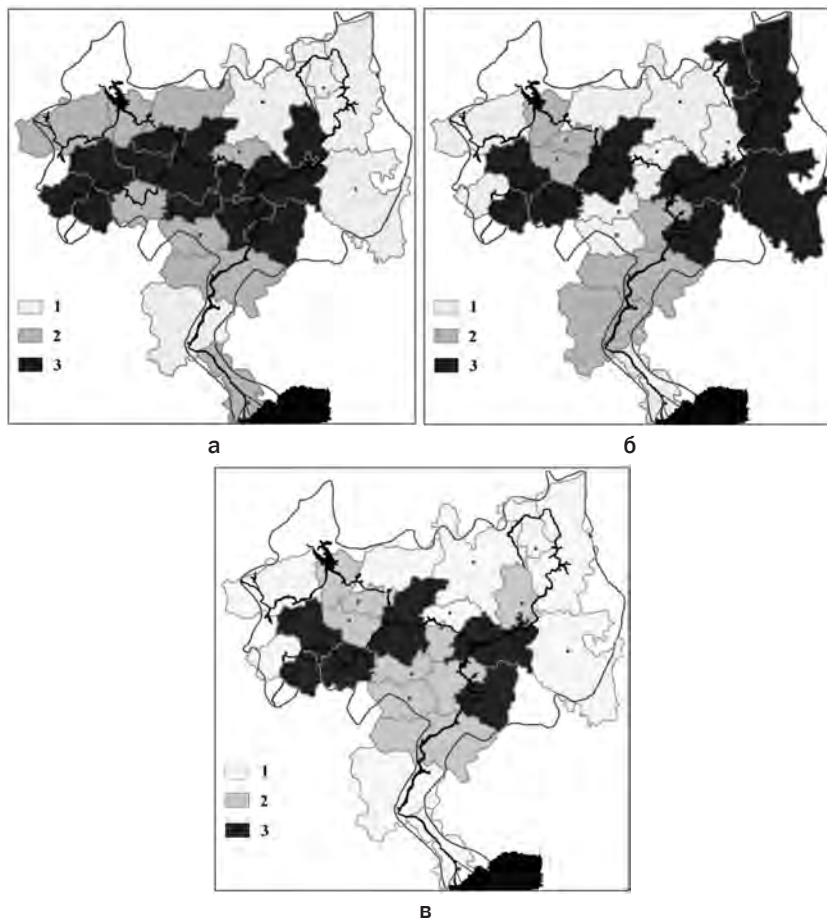
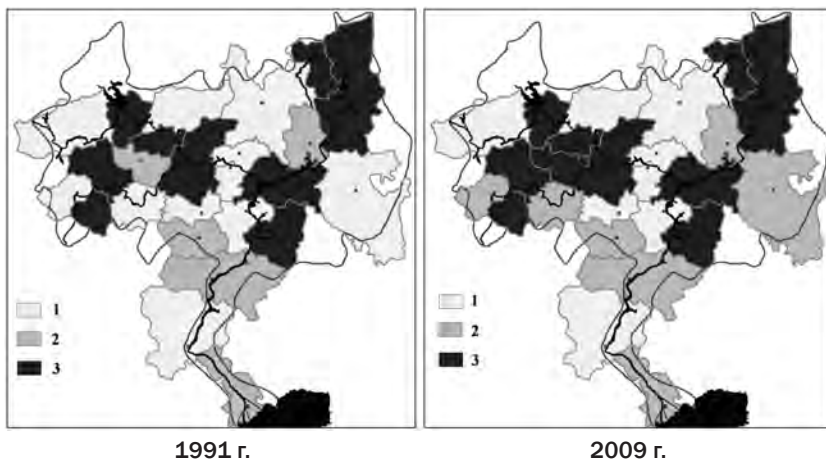


Рисунок 11. Районирование территории Волжского бассейна: а – по 25 обобщенным параметрам 1991 г.; б – по 44 параметрам 1997 г.; в – по 25 обобщенным параметрам 2005-2009 гг.

Нетрудно увидеть, что, несмотря на заметные различия в развитии регионов за последние 20 лет, все варианты районирования практически сходны.

Районированием фактически являются и некоторые варианты определения отдельных индикаторов и обобщенных оценок, которые рассматривались выше:

- обобщенная оценка воздействия на водные экосистемы (рисунок 12);



**Рисунок 12.** Обобщенная оценка воздействия на водные экосистемы, баллы.

- обобщенная оценка временной нетрудоспособности населения (рисунок 13);
- индекс соотношения «антропогенной нагрузки» и «экологической емкости» (таблица 26);
- индекс физического качества жизни (рисунок 6);
- индекс антропогенной преобразованности территории (рисунок 8);
- экологическая оценка территорий с использованием функции желательности ( $D_7$ ; рисунок 10).

На рисунке 14 показано распределение, достаточно «искусственного» («игрушечного») – всего два «природных» и два «антропогенных» фактора) показателя  $G$  – соотношения «антропогенной нагрузки» и «экологической емкости» (таблица 26). Даже этот показатель демонстрирует высокое совпадение с результатами районирований, полученных по значительно большему объему информации и с помощью достаточно

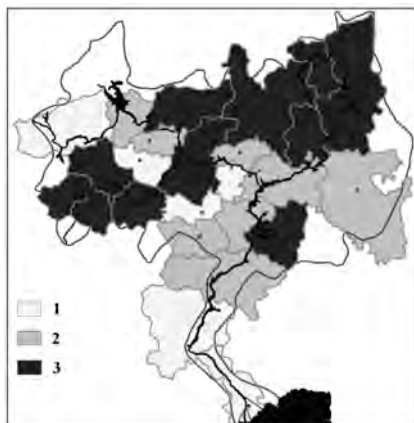


Рисунок 13. Обобщенная оценка временной нетрудоспособности населения (баллы): 1 – низкая, 2 – средняя, 3 – высокая.

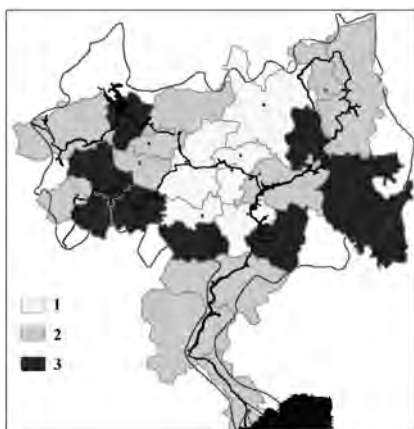
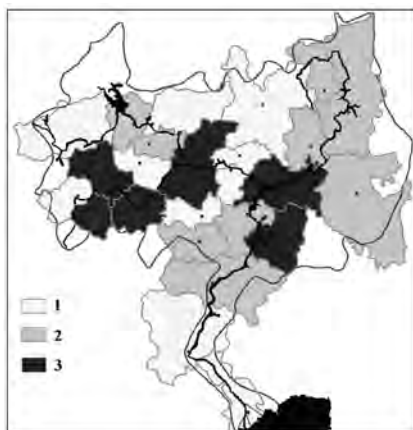


Рисунок 14. Районирование территории Волжского бассейна по индексу соотношения «антропогенной нагрузки» и «экологической емкости».

строгих статистических процедур. Все это позволяет на рисунке 15 представить картосхему с обобщенным вариантом районирования территории Волжского бассейна, которая получается при суммировании баллов районирований, показанных на рисунках 11а-в, а также обобщенных оценок воздействия на водные экосистемы (рисунок 12) и временной нетрудоспособности населения (рисунок 13), индексов антропогенной преобразованности территории (рисунок 8) и физиче-



ского качества жизни (рисунок 6), экологических оценок территорий с использованием функции желательности ( $D_7$ ; рисунок 10).



**Рисунок 15.** Обобщенное районирование территории Волжского бассейна по данным 1991-2009 гг.

На рисунках 11-15 приняты следующие обозначения:

- 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, по состоянию окружающей среды) обстоят дела в Тверской, Кировской и Костромской областях, Республиках Марий Эл, Мордовии и Чувашии.

## Оценка экосистемных услуг для территории Волжского бассейна

Реальная экономика должна обеспечивать наилучшее представление всех наших экономических активов, включая экономическую выгоду естественных экосистем, которые составляют наше общее богатство и жизненно важны, – воздух, которым мы дышим, вода, которую мы пьем, регулирование климата, эстетическая красота, природные ресурсы, защита от природных катаклизмов и пр. (Batker et al., 2008). Сегодня активно начинается разработка широкого круга вопросов, связанных с экосистемными услугами (Costanza et al., 1997; Экономика сохранения биоразнообразия..., 2002; Бобылев, 2004; Тишков, 2004, 2006, 2010; Михаленко, 2008; Бобылев, Захаров, 2009): их определение, функции, оценка, механизмы компенсации, формирование рынков этих услуг, выявление потенциальных продавцов и покупателей. Экосистемные услуги – все те выгоды, которые человечество получает от экосистем. Иными словами, это услуги экосистем по обеспечению человечества природными ресурсами, здоровой средой обитания, иными экологически и экономически значимыми «продуктами». Среди многочисленных экосистемных услуг выделяют: снабжающие (пища, вода, лес, сырье), регулирующие (воздействие на климат, контроль над наводнениями, стихийными бедствиями, качество водных ресурсов и пр.), культурные (рекреационные ресурсы, эстетические и духовные ценности природы) и поддерживающие услуги (почвообразование, фотосинтез, круговорот азота и пр.).

Не для каждой из выше перечисленных экосистемной услуги возможно создать адекватный рынок. Многочисленные исследования показали, что в настоящее время есть 4 категории экосистемных услуг, для которых реально использование компенсационных платежей и создание рынков. Это услуги по обеспечению пресной водой должного качества, поглощению углерода, сохранению биоразнообразия и эсте-

тических свойств ландшафтов. Эти четыре «продукта» (каждый включает в себя целый перечень услуг) сегодня обладают сравнительно просто подсчитываемой экономической ценностью, которую возможно «продать», если грамотно «прорекламировать».

Таким образом, чтобы достигнуть устойчивого развития, в экономический механизм природопользования должны быть включены экосистемные услуги и природные ресурсы как товары. Для этого нужно установить их стоимости, сопоставимые со стоимостями созданной трудом продукции и услуг (Акимова и др., 1994). Экологическая экономика требует при этом, чтобы мы определили:

- сколько из необходимых нам природных систем жизнеобеспечения мы можем позволить безвозвратно потерять,
- до какой степени можно заместить капиталом, произведенным трудом, природный капитал и какая часть природного капитала является невозстановимой.

На каждом промежутке времени необходимо, чтобы природные ресурсы распределялись на основе их реальной стоимости в данный период времени.

Некоторые исследователи утверждают, что невозможно установить экономическую ценность таких «нематериальных» категорий как человеческая жизнь, эстетические аспекты окружающей природной среды или долгосрочные экологические услуги. Так, авторы работы (Гофман, Федоренко, 1989) считают, что поскольку реальная стоимость ресурсов, используемых в настоящее время, зависит от неопределенных будущих воздействий на окружающую среду, то эти затраты достоверно оценить невозможно. Очень затруднены и простые рыночные решения при наличии общей собственности на многие природные ресурсы (например, общая собственность нескольких государств на морские акватории). Но в жизни мы сталкиваемся с подобными проблемами каждый день. Чтобы сохранить наш природный капитал, мы должны признать необходимость трудного выбора и оценки вместо того, чтобы отрицать их существование. Экологическая экономика признает несколько различных независимых подходов в определении ценностей природных ресурсов, хотя все они несут высокую степень неопределенности. Рассмотрим некоторые из них (Хильчевская, Сафонов, 1994).

В традиционной рыночной экономике стоимость определяется как выражение индивидуальных человеческих предпочтений (например, в случае товаров и услуг с краткосрочным воздействием [в частности,

таких, как продукты питания], т. е. для товаров в рамках функционирующих рынков с хорошо поставленной информацией). Однако «экологические товары», по своей природе имеющие долгосрочный характер, обычно не участвуют в рыночной торговле (никто не владеет воздухом или водой) и информация относительно их вклада в благосостояние индивида практически отсутствует. Чтобы определить их стоимость, предпринимаются попытки путем анкетирования выяснить у людей их готовность заплатить за экологические товары в условиях гипотетических рынков. Например, «сколько бы вы заплатили за пользование парком, озером, водопадом?» Опыт такого опроса есть и в нашей стране (Рабинович, 1994). Вопрос был сформулирован следующим образом: «Каким процентом своего нынешнего благосостояния Вы готовы пожертвовать, чтобы предотвратить будущую экологическую катастрофу?» Ответы были следующими: если катастрофа ожидается через 20 лет, то половина респондентов готова платить 10% своих доходов; если через 50 лет, то готовы платить – 25% опрошенных, а если катастрофа случится через 100 лет, то 40% респондентов вообще ничего не жертвуют, а остальные – лишь 1% дохода или меньше. Анализируя этот материал, а также аналогичный опрос, проведенный службой ВЦИОМ (1992 г.), более широкого круга респондентов (экологическая катастрофа, предстоящая через 20 лет «собрала» менее 2% доходов, ответивших респондентов, а озабоченность кризисом, отодвинутым на 50 лет, была так мала, что получила нулевое материальное выражение), С.Н. Бобылев (1994) пришел к выводу, что в России отношение граждан к экологическому долгу перед будущим находится на очень низком уровне. По его мнению, дело даже не в том, что экологические тревоги заслонены сейчас проблемами выживания, а, скорее, в «моральной усталости» советских людей, долго и слишком много жертвовавших ради призрачно-будущего.

В другом методе оценки экологических стоимостей используется биофизический (энергетический) подход (количество солнечной энергии требуемой, чтобы вырастить леса, может служить мерой их энергетической стоимости). Однако, согласно современным представлениям (Розенберг и др., 1999) он не подходит для анализа сложных параметров сложных систем, так как является аддитивным (балансовым). Использование понятия «безопасных минимальных стандартов [safe minimum standards]», предложенное некоторыми экономистами (Costanza et al., 1991; Crowards, 1998; Margolis, Naevdal, 2004 и др.), кажется уместным в отношении защиты критических уровней природ-

ного капитала против его чрезмерного и непродуманного крупномасштабного преобразования в антропогенный капитал.

Экономическая оценка экосистемных услуг и её использование в реальной экономике реализуется, по крайней мере, в четыре этапа (Бобылев, Захаров, 2009, с. 15):

- идентификация экосистемной услуги;
- определение её экономической ценности;
- определение получателя выгод от услуги;
- формирование механизма платежей (компенсации) за экоуслуги.

Первый наиболее известный опыт глобальной оценки экосистемных услуг (Costanza et al., 1997), вызвавшей многочисленные дискуссии, дал суммарную годовую оценку учтенных функций естественных экосистем планеты в среднем в \$33 трлн, что почти вдвое превышает созданный человечеством ВВП (\$18 трлн в год). «При этом основная часть стоимости функций экосистем находится вне рынка, и расчеты велись достаточно сложными и косвенными методами. Исследование вызвало многочисленные дискуссии и даже критику со стороны некоторых традиционных экономистов. Тем не менее, оно показало гигантские выгоды и необходимость сохранения для экономики экосистем» (Бобылев, Захаров, 2009, с. 19). Самый простой способ оценки экосистемных услуг той или иной территории может быть сведен к определению её доли в общей площади Земли и, пропорционально, в \$33 трлн. Так, площадь Волжского бассейна (1,36 млн км<sup>2</sup>) составляет 0,2667% от площади поверхности Земли (510,072 млн км<sup>2</sup>); таким образом, стоимость «полного пакета» экосистемных услуг для Волжского бассейна, примерно, \$90 млрд.

Кроме глобальной оценки экосистемных услуг, имеются примеры и прямых региональных оценок. Так, например, в работе (Batker et al., 2008) рассмотрены экосистемные услуги бассейна тихоокеанского залива Пьюджет-Саунд (Puget Sound) у западных берегов Северной Америки (на границе США и Канады). Длина залива 126 км, ширина у входа – 60 км, глубина – до 245 м; много удобных бухт, со стороны океана вход в залив прикрыт о. Ванкувер. Экономически ценные услуги, которые представляют экосистемы бассейна Пьюджет-Саунд (защита от наводнений, водоснабжение и фильтрация, продовольствие, среду обитания, переработку отходов, регулирование климата, отдых и другие выгоды «в льготах для людей» ежегодно) оценены в диапазоне между \$7,4 млрд и \$61,7 млрд в год. А весь «естественный капитал» бассейна

в виде экономических активов оценен авторами в диапазоне от \$243 млрд до \$2,1 трлн. При этом процесс деградации естественных экосистем региона «переводится на экономический язык», что наполняет новым содержанием такие понятия как «ущерб» и «плата за ресурсы».

В работе П.В. Михаленко (2008) экосистемные услуги оценены для Московской, Кемеровской и Томской областей нашей страны. На основе укрупненного косвенного подхода в России в настоящее время применяются, в частности, утвержденная Госкомэкологии «Методика определения предотвращенного экологического ущерба», методики Института проблем рынка (ИПР РАН) оценки экономического ущерба от загрязнений сред и другие методики, используемые в отечественной нормативно-законодательной базе. Реципиентные методики основаны на определении экономического ущерба от действия загрязнения на конкретные виды реципиентов путем суммирования различных составляющих потерь, выраженных в денежной форме. Такие методики активно применяются в западных странах и базируются на статистическом подходе, методе контрольных районов и методах социологического обследования. К сожалению, в своей работе автор приводит оценки лишь по отдельным (реципиентным) услугам (например, стоимость лесного потенциала экосистемных услуг Московской области в регулировании климата оценивается приблизительно в \$20-\$100 млн ежегодно или стоимость биоразнообразия для Кемеровской области, рассчитанная методом альтернативной стоимости, приближается к \$1 млрд), что не позволяет получить обобщенные оценки для территорий.

Еще один вариант оценки экосистемных услуг региона предложен в работах (А. Rozenberg, 2010; А. Розенберг, 2011). Используя разработанную в ИЭВБ РАН экспертную информационную систему REGION-VOLGABAS, соответствующую базу данных и некоторые методики оценки экосистемных услуг (Costanza et al., 1997; Экономика сохранения..., 2002), проведена оценка рекреационной привлекательности ландшафтов Волжского бассейна с учетом следующих параметров:

- распределение отдыхающих по местам отдыха и характеру занятий на природе;
- площадь лесов и зеленых насаждений;
- рекреационный потенциал лечебно-оздоровительных местностей и курортов;
- доля особо охраняемых природных территорий.

Сохранение красот природы, т. е. эстетических и культурных ценно-

стей ландшафтов включает: создание новых ООПТ, объектов природного и культурного наследия, охрану коралловых рифов, гор, морей, памятников природы и даже образа жизни коренных народов. Эти ценности природы особенно важны в свете бурного развития мировой туристской индустрии – однако рассчитать их экономическую ценность сложнее всего. Возможно использование нескольких механизмов платежей за экосистемные услуги:

- туроператоры платят ООПТ за возможность доступа на территории, привлекательные с точки зрения природных ландшафтов или уникального биоразнообразия;
- осударство (на разных уровнях) предоставляет налоговые льготы землевладельцам, создающим на своих землях частные ООПТ или осуществляющих иные природоохранные мероприятия;
- финансирование природоохранных мероприятий частными компаниями, региональными и муниципальными органами власти, природоохранными НКО и фондами;
- потребители покупают продукты питания, произведенные «экологически чистым» способом (платят за «экологическую» марку);
- фармацевтические компании финансируют деятельность по сохранению лесов как мест произрастания лекарственных растений, которые они в будущем намереваются использовать.

К недостаткам этих платежей относятся:

- только начавшийся процесс формирования рынка такого рода услуг;
- большинство услуг этой группы не могут быть четко определены или посчитаны (относятся к разряду нематериальных ценностей)<sup>4</sup>
- сложность в определении потребителей этих продуктов;
- трудности в определении «пороговых величин» (например, минимальной площади лесного массива, способного предоставлять данную услугу).

С учетом названных выше параметров привлекательности ландшафтов Волжского бассейна можно предложить следующую оценку. В среднем, каждый житель нашей страны бывает в лесу, примерно 52 часа/год (Розенберг, 2009, с. 284). Средняя заработная плата в стране оценивалась на начало 2009 г. в 75 руб./час. (12 тыс. руб./мес.). Если предположить, что лес «зарабатывает» за наше времяпровождение в нем также, как и мы, то каждый житель должен «платить», примерно, 3900 руб./год. Для Волжского бассейна с учетом его «перенаселенно-

сти» (Москва и 5 городов с населением выше 1 миллиона человек), эта сумма на 23% больше (4800 руб./год). Тогда ежегодные услуги от лесов Волжского бассейна только за счет рекреации должны оцениваться в 270 млрд руб. (примерно, \$9 млрд). Если считать, что «побочное» использование лесов (сбор ягод, грибов, охота [Экономика сохранения..., 2002]) оценивается в 10-12% от рекреации, то «рекреационная стоимость» использования лесов Волжского бассейна в ценах на начало 2009 г. должна быть не менее 300 млрд руб. в год (\$10 млрд). В соответствии с площадью лесов Волжского бассейна (1,2% от лесов России) доход от лесопромышленного комплекса составляет порядка 700 млрд руб. в год. Итак, не учитываемый природный капитал лесов Волжского бассейна (подчеркнем, только от рекреационной и «собирательской» деятельности) составляет 30% от общей стоимости использования лесов; общий экологический капитал лесов может быть оценен, примерно, \$10-30 млрд (достаточно реалистичная цифра – см. выше; разброс «возникает» из-за учета доходов от лесопромышленного комплекса, который, по-видимому, не следует включать в общую оценку экосистемных услуг).

Для полной оценки экосистемных услуг и природного капитала Волжского бассейна необходимо выполнить ряд специальных (сервисных) исследований:

- оценить долю территории Волжского бассейна, занимаемую теми или иными типами (биомами?) экосистем;
- определить (уточнить, адаптировать) список экосистемных услуг;
- для каждого типа экосистем оценить стоимость всех выбранных экосистемных услуг;
- определить «весовые функции» вклада в природный капитал тех или иных экосистемных услуг;
- наконец, построить модель для полной оценки экосистемных услуг на территории Волжского бассейна.

В рамках реализации этих научных задач необходимо адаптировать и наполнить новой информацией экспертную информационную систему REGION-VOLGABAS и соответствующую базу данных.

Основной и вполне очевидный вывод, который можно сделать даже на основе этих предварительных исследований и рассуждений, состоит в том, что качество нашей жизни и наша экономика зависят от «естественного капитала», который следует оценить и ввести в систему взаимоотношений системы «Человек – Природа».



## Заключение.

# Направления социально-экологической реабилитации территорий Волжского бассейна

Так что же представляет собой «устойчивое развитие» – миф или реальность? В качестве доктрины гармоничного социально-экономического не истощающего ресурсы и поддерживающего естественное состояние биосферы в пределах её экологической емкости развития оно наиболее корректно может быть определено как утопия. По своей гуманистической направленности и глубине теоретической проработке концепция устойчивого развития близка к коммунизму – различия касаются в основном движущих сил. Оба этих учения предполагают революционный, или как определяет синергетика – бифуркационный, процесс перехода общества в новое качество, требующее для своей реализации «нового человека», формирования новой глобальной этики. Идеологическое сходство объясняет и тот энтузиазм, с которым концепция устойчивого развития была принята в России (см.: Устойчивое развитие..., 1998) – многие усмотрели в ней основу новой «национальной идеи», к восприятию которой страна была наиболее подготовлена за время существования советского строя. Параллели между коммунизмом и устойчивым развитием можно было бы продолжать и далее, но отметим лишь одно их подобие – наличие «двойной морали».

Утопичность не означает принципиальную неосуществимость представлений об устойчивом развитии. Например, реализация её природоохранного блока уже сейчас проводится международным сообществом достаточно эффективно. Но, в конечном счете, некое подобие коммунизма было построено и в СССР, его достижения в отдельных сферах были общепризнаны. Даже такие, казалось бы, по мнению ряда отечественных экономистов, совершенно нежизнеспособные структуры, как колхозы, стали основной формой ведения сельского хозяйства в Израиле (кибуцы). Однако нас интересуют не преимущества и недостатки «коммунизма» и «устойчивого развития», а то, что при опреде-

ленном сходстве этих двух моделей развития можно ожидать и сходства результатов. Применительно к устойчивому развитию они выразятся, например, в дифференциации мирового сообщества на управляющую верхушку (пресловутый «золотой миллиард», аналог «партократии») и обслуживающую её основную массу человечества – «народ».

Разработанная в ИЭВБ РАН экологическая информационная система (ЭИС) для анализа пространственно распределенных эколого-экономических данных REGION-VOLGABAS (как и системы REGION-SAMARA, REGION-TOGLIATTI и др.) способна на новом уровне решать задачи комплексного анализа состояния экосистем региона, оценивать характер антропогенной нагрузки, с помощью модельных «сценариев» осуществлять прогноз развития экологической обстановки в регионе и на этой основе давать рекомендации по достижению в регионе экологической безопасности, устойчивого эколого-экономического развития и направлений социально-экологической реабилитации территорий. Все это, как нам представляется, было продемонстрировано в книге.

Достижение целей и решение задач устойчивого развития с точки зрения социально-экономического эффекта заключается, с одной стороны, в достижении экологической безопасности, нормативного качества окружающей среды, здоровья населения и повышения качества жизни, создания условий устойчивого функционирования и развития территории в окружающей природной среде и затрат на их достижение – с другой. Эффективность затрат, направляемых на улучшение состояния экосистем, выражается в стоимостной оценке предотвращаемых потерь здоровья населения и ресурсов (природных, трудовых, материальных и финансовых, потерь качества продукции), что является следствием улучшения качества окружающей среды.

Стратегические направления реабилитации крупных территорий (в частности, Волжского бассейна) достаточно ясны и частью хорошо проработаны (Проект федеральной..., 1993; Краснощеков, Розенберг, 1999; Розенберг и др., 2011; Краснощеков и др., 2011). Правда, до сих пор выказывают крайние оценки и рекомендации по восстановлению экологической обстановки (в частности, в Волжском бассейне – вплоть до предложений о спуске водохранилищ). Естественно, хотелось бы видеть природу Поволжья в лучшем состоянии, но практически сложно смоделировать развитие этого региона при иных условиях хозяйствования. Но некоторые принципы можно сформулировать.

Во-первых, маловероятно, чтобы Россия пошла по пути консервации природы, как, например, Швейцария, где эстетическая ценность

естественных ландшафтов стала основным источником национального богатства. В России в начале XX в. только нарождался агрессивный капитализм – уже в это время передовые ученые забили тревогу о губительных его последствиях для природной среды. Большинство экологов забывают, что нынешнее благополучие развитых стран достигнуто практически полным разрушением естественной среды – еще совсем недавно Темза, Рейн были безжизненными «сточными канавами Европы», Великие озера Америки ожидала та же судьба. До 40% водных ресурсов США непригодны сегодня для питья, а треть рек и озер настолько загрязнены, что в них нельзя купаться и ловить рыбу (см.: «Химия и жизнь», 1995, № 8, с. 109). Если в отношении реабилитации ряда водоемов достигнуты значительные успехи, то для этого потребовались колоссальные средства и перестройка экономики. Как бы сейчас ни идеализировали капитализм, экологическая ситуация в Поволжье могла быть еще более сложной, нежели оставшаяся от социалистического прошлого.

Во-вторых, индустриализация Поволжья диктовалась его географическим положением – практически невероятно, чтобы здесь сохранилась сельскохозяйственная ориентация экономики. Уже в начале XX в. Нижний Новгород, Казань, Самара, Саратов, а после строительства железной дороги на Калач и Царицын (Волгоград) начали формироваться как крупные индустриальные центры. Возможно, темпы индустриализации Поволжья в 40-50-х годах были не столь велики, если бы не перемещение в Поволжье массы заводов с запада во время войны и открытие крупнейших нефтегазовых месторождений. Последнее предопределило развитие здесь нефтеперерабатывающей и химической промышленности. Эти экономические факторы действовали безотносительно к укладу народного хозяйства.

В-третьих, следующим этапом стало дальнейшее наращивание промышленного потенциала в регионе уже после зарегулирования Волги. Вызывает большие сомнения необходимость строительства, например, в г. Тольятти комплекса нефтехимических заводов, автомобильного гиганта ВАЗа в 60-70-х годах. В это время уже можно было просчитать обострение экологической ситуации и откорректировать развитие промышленности в соответствии с экологической емкостью территории. Но дело тут не только в недомыслии. Не следует забывать, что развитие сложных, самоорганизующихся систем подчиняется своим законам, которые только начинают постигаться. Получив стимул к развитию, система растет экспоненциально, вплоть до насыщения (блестяще описан

этот процесс на примере роста бюрократического аппарата – закон Паркинсона). Но есть и вполне серьезные исследования формирования дорожной сети, урбанизации территорий, роста антропогенных воздействий на территорию. Это лишний раз подтверждает, что никакая гармония между обществом и природой не возникает сама собой – она если и может быть достигнута, то в результате творческой деятельности человека.

В-четвертых, анализ становления и развития Поволжья осложняется тем, что многие экологические последствия не связаны непосредственно с зарегулированием Волги. Максимальный ущерб от строительства водохранилищ обычно связывается с потерей земель и, как следствие, недостаточным производством продовольствия. Потери земли, конечно же, невозможны. Но не они лежат в основе экологического кризиса. В частности, в конце 40-х годов был принят не менее грандиозный, нежели зарегулирование Волги, план создания лесозащитных полос, предусматривавший лесопосадки на 6 млн га с защитой 120 млн га пашни и 120 тыс. га лесополос вдоль берегов степных рек и на водоразделах. Этот план, основанный на исследованиях В.В. Докучаева конца XIX в., был направлен на улучшение агроклиматических условий степных и лесостепных регионов и сельскохозяйственного производства. Но выполнение его было свернуто в 1953 г., а часть лесополос была выкорчевана в последующие годы с целью дать простор тяжелой сельскохозяйственной технике, играющей немалую роль в деградации земель.

Серьезный ущерб агропромышленному комплексу был нанесен освоением целинных и залежных земель – по Союзу было выведено из пользования свыше 5 млн га земель. По данным Госкомзема, в 1991-1995 гг. в России потеряно 27 млн га сельскохозяйственных угодий. При сооружении водохранилищ затоплено «всего лишь» 2 млн га, т.е. 40% сегодняшних ежегодных потерь. Причем только в Калмыкии за счет опустынивания ежегодно теряется 50 тыс. га. Впечатляющие цифры прошлых потерь блекнут на нынешнем фоне...

Точно так же не связано непосредственно с зарегулированием Волги и засоление поливных земель, за счет которых в основном планировалась компенсация продуктивности потерянных в результате затопления земель. Трудности в производстве продовольствия в современной России связаны не с нехваткой земли – на душу населения площадь угодий у нас выше, чем в США и Канаде, снабжающих нас зерном и мясом. Процессы деградации среднерусской черноземной области были

уже очевидны задолго до революции, и с тех пор ухудшение идет прогрессирующими темпами.

При анализе истоков экологического кризиса в Поволжье как всякой научной проблемы идеологические пристрастия должны быть отброшены. Это необходимо для выработки адекватных мер его преодоления. При этом становится очевидным, что напряженная экологическая ситуация здесь возникла еще в конце XIX – начале XX в. и связана она с прогрессирующим сведением лесов, уменьшением гидрологической сети и водности малых рек, ухудшением условий сельскохозяйственного производства, а также «демографическим взрывом» после отмены крепостного права. Результатом был голод 1891 г., после чего были изучены условия улучшения сельскохозяйственного производства на юге, и усилиями П.А. Столыпина началось организованное переселение крестьян на восток. Позднее, в какой-то мере, эти процессы были «сглажены» относительно небольшим приростом населения вследствие потерь в результате голода в 20-х годах, Гражданской и Отечественной войн, отсрочкой индустриализации в послереволюционный период и менее хищническим, по сравнению с нарождавшимся в России капитализмом, использованием природных ресурсов в первые десятилетия Советской власти. В 50-70-х годах эти факторы прекращают действовать, происходит усиленная индустриализация и урбанизация региона, увеличивается рост населения. Изменяется и характер антропогенного нарушения среды – на смену экстенсивной деградации ландшафтов приходит преимущественно локальное химическое загрязнение техногенного характера.

Этот естественноисторический процесс становления территории (сведение лесов – деградация ландшафтов – локальное загрязнение) должен учитываться при составлении планов реабилитации любой территории, и прежде всего Волжского бассейна, основой которых должен стать процесс «обратной раскрутки»:

- ликвидация последствий и очистка от загрязнения [чисто инженерная, если не сказать «сантехническая» проблема];
- восстановление ландшафтов;
- увеличивающееся воспроизводство лесных ресурсов.

Так, ситуацию с загрязнением удалось несколько стабилизировать интенсивным строительством очистительных сооружений (на основе положительно оцениваемого многими специалистами Постановления ЦК КПСС и СМ СССР от 13.03.1972 г. «О мерах по предотвращению за-

грязнения бассейнов рек Волги и Урала неочищенными сточными водами): в 70-х годах их было построено более 300. Однако ни число, ни мощность их не соответствовали продолжающим расти объемам сброса загрязненных вод. Да и сама идеология – «чистить от отходов» – «не экологична». Правильнее – не допускать этих отходов путем перехода на ресурсосберегающие и экологически чистые технологии, создания цепочки безотходных производств.

Сложнее выглядит проблема с водохранилищами. Возможность спуска решается однозначно отрицательно. При таком решении проблемы мы получим аналог Арала (или еще хуже), что приведет к возникновению зоны экологического бедствия, охватывающей практически всю восточную часть европейской территории России. Но необходимо отказаться и от приоритета энергетического использования каскада водохранилищ, тем более ценность их в этом отношении невелика. Предпочтение необходимо отдавать водохранилищам как источникам водоснабжения и их рыбохозяйственному значению. Соответствующим образом следует пересмотреть сезонные изменения их гидрологического режима с учетом интересов, в первую очередь, рыбного хозяйства. Возможно, придется несколько снизить уровень верхнего бьефа, имея в виду частичное осушение мелководий с последующим облесением и созданием нерестилищ (хотя это – далеко не лучший путь, ведущий к дестабилизации сложившихся за годы функционирования водохранилищ водных и наземных экосистем; рациональность этого пути следует изучать дополнительно).

Среди первоочередных задач улучшения состояния окружающей среды в Волжском бассейне в целом, и особенно в регионе Средней и Нижней Волги, следует назвать диффузное загрязнение территорий и водоемов в результате неконтролируемой сельскохозяйственной нагрузки. Вторая проблема – изменение видового разнообразия гидробионтов (сокращение числа и численности «местных» и появление «новых» для этих экосистем видов) и необходимость увеличения доли водных охраняемых территорий. Третья проблема (можно назвать её социо-эколого-экономической) – рост уровня заболеваемости населения (как детского, так и взрослого) в результате повышенного антропогенного воздействия на территории. Наконец, возникает четвертая проблема – специфическая задача прогнозирования изменения экосистем Волжского бассейна. При этом любая естественнонаучная теория выполняет несколько функций, среди которых наиболее важными являются функции объяснения (установления причинно-следственных

связей) и предсказания наблюдаемых феноменов в исследуемом классе систем. Разделение функций объяснения и прогнозирования для сложных систем в рамках, как минимум, двух моделей сводит на нет всю дискуссию о примате простоты или сложности в экологии (Розенберг и др., 1999). Для объяснения необходимы простые модели, для экологического прогнозирования сложность модели принципиально необходима. Таким образом, роль конструктивного системного подхода в создании экологической теории сводится к заданию «полного списка» экосистем (множество I) и их сложных характеристик (множество II) и к построению формализованных отношений как между этими двумя множествами, так и между элементами первого из них для целей объяснения или прогнозирования.

Ранее было показано (Розенберг и др., 1999), что общесистемный принцип множественности моделей проявляется в наличии большого числа математических моделей одних и тех же экосистем и экологических феноменов. Принцип несовместимости проявляется в том, что ни один из методов не выполняет одновременно объяснительной и предсказательной функции. Принцип осуществимости неявно присутствует во всех методах моделирования, а в имитационном и самоорганизующемся – в возможности преодоления «проклятия многомерности» (блочный принцип построения имитационных моделей и сокращение перебора при самоорганизации). Наконец, принцип контринтуитивного поведения сложных систем учитывается в самоорганизующемся моделировании при отказе от субъективного выбора «внешнего дополнения».

Конструктивный системный подход к анализу СЭЭС Волжского бассейна проиллюстрирован с помощью ЭИС REGION и регрессионных уравнений, которые позволили «разыграть» некоторые сценарии воздействия на СЭЭС. Эта экспертная система реализует принцип «экологической матрешки» и может эффективно использоваться для территорий разного масштаба (Шустов и др., 1993; Экологическая ситуация..., 1994; Розенберг, Краснощеков, 1996, 1997; Информация к размышлению..., 1997; Черникова, 1998; Погодин, Розенберг, 2000; Юрина, 2002; Дегтярев и др., 2003; Кудинова, 2004; Костина, 2005; Пыршева, 2005; Розенберг и др., 2005а,б, 2009; Лифиренко, 2006; Кузнецова, 2008; Костина и др., 2010). На наш взгляд, введение в практику федерального и регионального экологического менеджмента «информационной составляющей» в виде ЭИС REGION (или подобных информационных систем) должно существенно ускорить и сделать бо-

лее эффективной деятельностью по реализации устойчивого развития в регионе, что будет в духе, несколько забытой, но не отмененной Экологической доктрины России.

Завершая нашу работу 1996 г. (Розенберг, Краснощеков, 1996, с. 233), мы предлагали перечень первоочередных задач (своего рода, «план действий») для разработки системы экологической безопасности, устойчивого развития и социально-экологической реабилитации в Волжском бассейне, который включал реализацию ФЦП «Возрождение Волги», разработку «Приоритетных экологических программ», создание единой системы мониторинга, Регионального экологического фонда, системы независимых экологических экспертиз, развитие научных исследований, экологического образования и пр. Прошло 15 лет и сегодня все ЭТО приходится повторять (Зибарев и др., 2011; Костина и др., 2011).

Наше несчастье состоит в том, что направления реабилитации давно известны и, по крайней мере, часть из них вводилась неоднократно даже в законодательном порядке, но так и не была реализована. Констатировать, пугать и рекомендовать – это только одна сторона медали; познав тяжесть антропогенного пресса на экосистемы Волжского бассейна, необходимо действовать, вести постоянное, настойчивое, последовательное, инновационное (Зибарев и др., 2011; Краснощеков и др., 2011; Розенберг и др., 2011), строго контролируемое внедрение отдельных положений этого (или иного, но сходного) «плана действий». Хочется надеяться, что комплексная оценка экологической обстановки в Волжском бассейне, представленная в этой книге, станет той «последней каплей», которая заставит, в первую очередь, и власть, и общественность по-новому, с большей ответственностью отнестись к «нашему времяпровождению» на Земле, задуматься о том, что мы оставим потомкам.



## Литература

- Авакян А.Б. Водохранилища – феномен XX столетия // Актуальные проблемы рационального использования биологических ресурсов водохранилищ. – Рыбинск: Изд-во ОАО «Рыбинский Дом печати», 2005. С. 7-17.
- Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. Водохранилища. М.: Мысль, 1987. 325 с.
- Адлер Ю.Н., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 279 с.
- Акимова Т.А., Батоян В.В., Моисеенков О.В., Хаскин В.В. Основные критерии экоразвития. М.: Рос. экон. акад., 1994. 54 с.
- Акимова Т.А., Хаскин В.В. Основы экоразвития: Учебное пособие. М.: Рос. экон. акад., 1994. 312 с.
- Алексеев В.В., Киселев С.В., Чернова Н.И. Рост концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере – всеобщее благо? // Природа. 1999. № 9. С. 3-13.
- Алексеев А.С., Карпачев Г.И. К вопросу оценки тенденций, целей и макропоказателей социального развития // Закономерности социального развития: ориентиры и критерии моделей будущего. Часть II. Новосибирск: СО РАН, 1994. С. 94-101.
- Анучин Н.П. Лесоустройство. М.: Сельхозгиздат, 1962. 568 с.
- Анучин Н.П. Лесоустройство. 2-е изд. М.: Экология, 1991. 399 с. (Учебник для вузов по специальности «Лесное и садово-парковое хозяйство»).
- Багров Н.А. О комплексном методе прогнозов // Метеорол. и гидрология. 1962. № 4. С. 14-21.
- Бажанов А.М. Руководство к разведению, содержанию и употреблению крупного рогатого скота: Применено к климатическим и сельскохозяйственным условиям России / Соч. А. Бажанова, проф. зоотехнии при Земледел. ин-те. СПб.: Т-во «Обществ. польза», 1867. 502 с.
- Баранов В.А. Экологическая оптимизация лесных и сельскохозяйственных угодий в бассейнах Волги и Дона // Экологические проблемы бассейнов крупных рек: Тез. докл. междунар. конф. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1993. С. 163.

- Белоусов Н.Д. Экономическое обоснование региональных программ развития лесного хозяйства (на примере Владимирской области): Дис. ... канд. экон. наук. М., 2002. 177 с.
- Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. Т. 1. С. 3-468; 1949а. Т. 2. С. 469-925; 1949б. Т. 3. С. 930-1370.
- Бертон И. Глобальное потепление и районы устойчивости // Глобальные изменения и региональные взаимосвязи (географический анализ). М.: Ин-т географ. РАН, 1992. С. 65-78.
- Бобылев С.Н. Экологизация АПК и решение продовольственной проблемы // Экологическое оздоровление экономики. М.: Наука, 1994. С. 165-176.
- Бобылев С.Н. Экологические проблемы макроэкономики // Экология и экономика природопользования: Учебник для вузов. 2-е изд. М.: ЮНИТИ-ДАНА; Единство, 2002. С. 150-326.
- Бобылев С.Н. Экосистемные услуги и эколого-экономический механизм их компенсации регионам // Аграрная Россия. 2004. № 4. С. 36-40.
- Бобылев С.Н., Захаров В.М. Экосистемные услуги и экономика. М.: ООО «Типогр. ЛЕВКО», Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2009. 72 с.
- Бобылев С.Н., Соловьева С.В. Методические рекомендации по разработке и внедрению индикаторов устойчивого развития регионального уровня. М.: ЕRM, 2003. 36 с.
- Болотов А.Т. Избранные труды. М.: Агропромиздат, 1988. 416 с.
- Большая Волга: проблемы и перспективы. М.; Ульяновск: КЕПС РАН, 1993. 255 с.
- Брусиловский П.М. Коллективы предикторов в экологическом прогнозировании. Саратов: СГУ, 1987. 104 с.
- Брусиловский П.М., Розенберг Г.С. Проверка неадекватности имитационной модели динамической системы с помощью алгоритмов МГУА // Автоматика. 1981. № 6. С. 43-48.
- Брусиловский П.М., Розенберг Г.С. Модельный штурм при исследовании экологических систем // Журн. общ. биол. 1983. Т. 44, № 2. С. 266-274.
- Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. Л.: Гидрометеоздат, 1980. 352 с.
- Булатов В.И. 200 ядерных полигонов СССР: География радиационных катастроф и загрязнений. Новосибирск: ЦЭРИС, 1993. 88 с.
- Бычкова Е.А. Региональный менеджмент: социально-экологический аспект // Менеджмент в России и за рубежом. 2005. № 4. С. 128-137.
- Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: Наука, 1994. 380 с.

- Винокуров Ю.И., Ротанова И.Н., Хлебович И.А. Геоинформационная парадигма пространственного анализа иерархической структуры водосборных бассейнов // Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 3: Тез. докл. междунар. и молодежной конф. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. С. 56.
- Водохранилища и их воздействие на окружающую среду. М.: Наука, 1986. 367 с.
- Волга и её жизнь. Л.: Наука, 1978. 348 с.
- Волжская ГЭС им. В.И. Ленина. Т. 1. Описание сооружений гидроузла. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1963. 526 с.
- Волжский и Камский каскады гидроэлектростанций. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1960. 272 с.
- Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: Наука, 1994. 380 с.
- Воронин И.В., Васильев П.В., Судачков Е.Я. Экономика лесного хозяйства. М.: Лесн. пром-сть, 1978. 264 с.
- Гаспарский В. Праксеологический анализ проектно-конструкторских разработок. М.: Мир, 1978. 172 с.
- Гелашвили Д.Б., Басуров В.А., Розенберг Г.С. и др. Экологическое зонирование территорий с учетом роли сохранившихся естественных экосистем (на примере Нижегородской области) // Поволжск. экол. журн. 2003. № 2. С. 99-108.
- Гелашвили Д.Б., Захаров В.М., Королев А.А. Интегральная оценка эколого-экономической информации // На пути к устойчивому развитию России. 2004. № 29. С. 13-16.
- 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.
- Гелашвили Д.Б., Косопов Е.В., Лаптев Л.А. Экология Нижнего Новгорода. Н. Новгород: ННГАСУ, 2008. 530 с.
- Гелашвили Д.Б., Розенберг Г.С., Басуров В.А. и др. Анализ пространственной динамики напряженности экологической ситуации региона на основе обобщенного индекса антропогенной нагрузки (на примере Нижегородской области) // Теоретические проблемы экологии и эволюции (Третьи Любимцевские чтения). Тольятти: ИЭВБ РАН, 2000. С. 44-52.
- Глобальное потепление: доклад Гринпис / Дж. Леггетт, С. Шнайдер, Дж. Вудуэлл и др. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. 272 с. [Global Warming: The Greenpeace Report / Ed. by J. Leggett. Oxford: Univ. Press, 1990. 576 p.]
- Горшков В.Г. Пределы устойчивости окружающей среды // Докл. АН СССР.

1988. Т. 301, № 4. С. 1015-1019.
- Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. М.: ВИНТИ, 1995. 470 с.
- Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Самарской области в 2002 г. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. Вып. 13. Самара: Глав. упр. природн. ресурсов и охраны окр. среды, 2003. 186 с.
- Гофман К., Федоренко Н. Экономическая защита природы // Коммунист. 1989. № 5. С. 31-39.
- Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие. М.: Прогресс-Традиция, 2000. 416 с.
- Дегтярев А.Н., Усманов Ю.И., Солодилова Н.З., Матвеева Л.Д. Природный комплекс Южного Урала как туристический ресурс: эколого-экономические аспекты // Изв. СамНЦ РАН. 2003. Т. 5, № 2. С. 240-248.
- Евланов И.А., Козловский С.В., Розенберг Г.С. Современное состояние рыбного хозяйства Средней Волги (Материалы к докладу на заседании Ассоциации «Большая Волга»). Тольятти: ИЭВБ РАН, 2000. 24 с.
- Евланов И.А., Козловский С.В., Розенберг Г.С. Рыбное хозяйство Средней Волги: современное состояние и перспективы // Аграрная Россия. 2001. № 4. С. 28-36.
- Елизаров А.В. Экологический каркас – стратегия степного природопользования XXI века // Степной бюлл. 1998. Ч. 1, № 1. С. 10-14; 1999. Ч. 2, № 3-4. С. 6-12.
- Заварзин Г.А., Котляков В.М. Стратегия изучения Земли в свете глобальных изменений // Вестн. РАН. 1998. Т. 68, № 1. С. 23-29.
- Зибарев А.Г., Иванов М.Н., Карпенко Ю.Д., Кудинова Г.Э., Розенберг Г.С. Инноватика и экология: cui prodest? // Экология и промыш. России. 2011. № 12. С. 36-41.
- Иванов В.П., Мажник А.Ю. Рыбное хозяйство Каспийского бассейна (белая книга). Астрахань: Изд. КаспНИИРХ, 1997. 40 с.
- 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.
- Ивахненко А.Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. Киев: Техника, 1975. 312 с.
- Информация к размышлению (некоторые данные к анализу экологической безопасности и устойчивого развития Ульяновской области по экспертной системе REGION-VOLGABAS) / Г.С. Розенберг, Г.П. Краснощеков, Ю.М. Крылов и др. Тольятти; Ульяновск: ИЭВБ РАН, 1997. 39 с.

- Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года (в 9 томах). Официальное издание. М.: ИИЦ «Статистика России», 2008. Том 3. Земельные ресурсы и их использование. – 295 с.; Том 5. Кн. 1. Поголовье сельскохозяйственных животных. Структура поголовья сельскохозяйственных животных. 431 с.
- Кинд Н.В. Палеоклиматы и природная среда голоцена // История биогеоценозов СССР в голоцене. М.: Наука, 1976. С. 5-14.
- Киселенко А. Введение в экспертные системы (обзор) // Вестн. ИБ Коми НЦ УрО РАН. 2000. Вып. 7 (33). С. 5-6. – <http://www.ib.komisc.ru/t/ru/ir/vt/00-33/02.htm>.
- Клюев Н.Н. Экологические итоги реформирования России // Вестн. РАН. 2001. Т. 71, № 3. С. 233-239.
- Коломыц Э.Г. Региональная модель глобальных изменений природной среды. М.: Наука, 2003. 371 с.
- Коломыц Э.Г. Борейный экотон и географическая зональность (Атлас-монография). М.: Наука, 2005. 390 с.
- Коломыц Э.Г. Локальные механизмы глобальных изменений природных экосистем. М.: Наука, 2008. 427 с.
- Коломыц Э.Г., Розенберг Г.С. Палеопрогнозная концепция в региональной экологии (на примере Волжского бассейна) // Успехи совр. биол. 2004. Т. 124, вып. 5. С. 403-418.
- Коломыц Э.Г., Розенберг Г.С., Шарая Л.С. Методы ландшафтной экологии в прогнозных оценках биотической регуляции углеродного цикла при глобальном потеплении // Экология. 2009. № 6. С. 5-12.
- Конобеева В.К., Салтанкин В.П. Экологическое состояние водохранилищ Волжского каскада: факты, тенденции. Екатеринбург: Изд-во «Виктор», 1997. 259 с.
- Концепция Российской государственной экологической программы «Охрана окружающей среды и рациональное использование ресурсного и хозяйственного потенциала Волжско-Северокаспийского региона (Возрождение Волги)». Н. Новгород: Изд-во Мин-ва науки, высш. шк. и техн. политики РФ, 1992. 146 с.
- Кормовые нормы и состав кормов / А.П. Шпаков, В.К. Назаров, Б.С. Маковский и др. Минск: Урожай, 1991. 384 с.
- Коротков Э.М. Концепция экологического менеджмента // Менеджмент в России и за рубежом. 1998. № 2. С. 12-23.
- Костина Н.В. REGION: экспертная система управления биоресурсами. Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. 132 с.
- Костина Н.В., Крестин С.В., Розенберг Г.С. Информационный аспект и принцип «экологической матрешки» при решении экологических проблем тер-

- риторий разного масштаба // Экология. Экономика. Информатика. XXXII школа-семинар «Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования»: Тез. докл. Ростов-н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2004. С. 127-128.
- Костина Н.В., Кудинова Г.Э., Розенберг Г.С. Волжский бассейн: как пройти к устойчивому развитию // На пути к устойчивому развитию России. 2011. № 58. С. 66-73.
- Костина Н.В., Розенберг Г.С., Шитиков В.К. Экспертная система экологического состояния бассейна крупной реки // Изв. Самар. НЦ РАН. 2003. Т. 5, № 2. С. 287-294.
- Костина Н.В., Розенберг Г.С., Шитиков В.К. Экспертная эколого-информационная система REGION для бассейна крупной реки // Информ. ресурсы России. 2010. № 4. С. 7-13.
- Краснощеков Г.П., Розенберг Г.С. Естественноисторические аспекты формирования территории Волжского бассейна // Изв. Самар. НЦ РАН. 1999. № 1. С. 108-117.
- Краснощеков Г.П., Розенберг Г.С., Гелашвили Д.Б., Томиловская Н.С. Устойчивое, ноосферное и глобальное развития: сценарии и пути достижения // Изв. СамНЦ РАН. 2011. Т. 13, № 1. С. 9-15.
- Кремpton Э.У., Харрис Л.Э. Практика кормления сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1972. 372 с.
- Кудинова Г.Э. Экономический механизм обеспечения устойчивого развития экономико-экологических систем региона: Автореф. дис. ... канд. экон. наук. Тюмень, 2004. 23 с.
- Кузнецова Р.С. Прогнозирование первичной продуктивности наземных экосистем территории Волжского бассейна в условиях потепления климата: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, 2008. 18 с.
- Лаптев Н.И. Разработка индикаторов устойчивого развития Томской области // На пути к устойчивому развитию России. 2004. № 29. С. 47-49.
- Лиeпa И.Я. Показатель удельного веса влияния факторов воздействия // Учен. зап. Латв. ун-та. Рига: Изд-во Латв. ун-та, 1971. С. 36-40.
- Лифиренко Н.Г. Состояние здоровья населения и качество окружающей среды: анализ территорий разного масштаба: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, 2006. 18 с.
- Луkьяненко В.И. Рыбные запасы бассейна р. Волги // Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П. Волжский бассейн: экологическая ситуация и пути рационального природопользования. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1996. С. 72-79.
- Луkьяненко В.И. Негативные и позитивные последствия строительства равнинных водохранилищ в бассейне Волги // Научные аспекты экологических проблем России: Тр. II Всерос. конф. М.: РЭА, 2006. С. 296-300.

- Мартынов А.С., Артюхов В.В., Виноградов В.Г. Антропогенная нарушенность экосистем. 1998. <http://www.sci.aha.ru/ATL/ra32e.htm>.
- Медовников Д. Архитектура смысла // Эксперт. 1998. № 15 (152). С. 22-24.
- Миркин Б.М. А.Т. Болотов – агроном, эколог, ботаник // Биол. в школе. 1990. № 2. С. 10-12.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Злобин Ю.А. Плодородие вашего участка (Советы фермеру и садоводу-любителю). М.: Знание, 1993. 48 с. (Сер. Усадьба. Подворье. Ферма. № 1-2).
- Миркин Б.М., Суюндуков Я.Т., Хазиахметов Р.М. Управление в агроэкосистеме // Экология. 2002. № 2. С. 103-107.
- Миркин Б.М., Хазиахметов Р.М. Устойчивое развитие – продовольственная безопасность – агроэкология // Экология. 2000а. № 3. С. 180-184.
- Миркин Б.М., Хазиахметов Р.М. Управление функцией агроэкосистемы: стратегия, тактика, ограничения, роль самоорганизации // Изв. Самар. НЦ РАН. 2000б. Т. 2, № 2. С. 300-305.
- Миркин Б.М., Хазиахметов Р.М. О концепции экологически ориентированного управления степной агроэкосистемой // Степной бюлл. 2000в. № 8. С. 30-34.
- Михаленко П.В. Экономический компенсационный механизм экосистемных услуг: Автореф. дис. ... канд. экон. наук. М., 2008. 23 с.
- Моисеенкова Т.А. Эколого-экономическая сбалансированность промышленных узлов. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1989. 216 с.
- Молчанов А.А. Оптимальная лесистость (на примере ЦЧР). М.: Наука, 1966. 126 с.
- Молчанов А.А. Использование лесосырьевых ресурсов. М.: Наука, 1977. 156 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.
- Найденко В.В. Великая Волга на рубеже тысячелетий. От экологического кризиса к устойчивому развитию: В 2-х т. Н. Новгород: Промграфика, 2003. Т. 1: Общая характеристика бассейна реки Волги. Анализ причин экологического кризиса. 428 с.; Т. 2: Практические меры преодоления экологического кризиса и обеспечения перехода Волжского бассейна к устойчивому развитию. 366 с.
- Наше общее будущее. Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР): Пер. с англ. М.: Прогресс, 1989. 376 с.
- Нейлор К. Как построить свою экспертную систему. М.: Энергоатомиздат,

1991. 286 с. [Naylor C. Build Your Own Expert System. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1987. 249 p.]
- Одум Ю. Экология: В 2-х т. М.: Мир, 1986. Т. 1. 328 с.; Т. 2. 376 с.
- Орлов А.И. Устойчивость в социально-экономических моделях. М.: Наука, 1979. 296 с.
- Орлов А.И. Прикладная статистика. М.: Экзамен, 2004. 656 с.
- Охрана окружающей среды в России 2008 г. М.: Федеральная служба государственной статистики, 2008. <http://www.gks.ru>.
- Площадь земель населенных пунктов, площадь застроенных земель // Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации за 1995 год. М.: РУССОЛИТ, 1996. 120 с.
- Погодин И.В., Розенберг Г.С. Особенности экологического зонирования региона (на примере Ульяновской области) // Проблемы региональной экологии. Вып. 8. Томск: СО РАН, 2000. С. 25-26.
- Подолинский С.А. Труд человека и его отношение к распределению энергии // Слово. 1880. Т. IV-V. С. 135-211.
- Проект Федеральной экологической программы «Оздоровление экологической обстановки и повышение ресурсного и хозяйственного потенциала Волжского бассейна «Возрождение Волги» 1993-2010 гг.». Н. Новгород: Мин-во науки и техн. политики РФ, 1993. 132 с.
- Пряжинская В.Г., Хранович И.А., Ярошевский Д.М. Гидроэкология: системный подход к управлению водными ресурсами // Инженерная экология. 2002. № 1. С. 2-3.
- Пыршева М.В. Межрегиональный экологический анализ территорий для целей комплексного районирования (на примере Самарской и Нижегородской областей): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, 2005. 22 с.
- Рабинович Б.М. Природопользование в рыночной экономике (вопросы теории и методологии) // Экологическое оздоровление экономики. М.: Наука, 1994. С. 46-57.
- Растительный мир Российской Федерации. 2007. <http://www.protown.ru/information/hidden/2637.html>.
- Растринин Л.А., Эренштейн Р.Х. Метод коллективного распознавания. М.: Энергоиздат, 1981. 79 с. (Библиотека по автоматике. Вып. 615).
- Регионы России. Социально-экономические показатели – 2008 г. Федеральная служба государственной статистики. 2008. <http://www.gks.ru>.
- Резолюции ноябрьской сессии, посвященной проблеме Волго-Каспия. Л.: Изд-во АН СССР, 1934. 49 с.
- Розенберг А.Г. Оценка экосистемных услуг для территории Волжского бассейна (первое приближение) // Экологический сборник 3: Труды молодых уче-



- ных Поволжья. Тольятти: Кассандра, 2011. С. 206-210.
- Розенберг Г.С. О сравнении различных методов автоматической классификации // Автоматика и телемеханика. 1975. № 9. С. 145-148.
- Розенберг Г.С. Модели в фитоценологии. М.: Наука, 1984. 240 с.
- Розенберг Г.С. Адекватность математического моделирования экологических систем // Экология. 1989. № 6. С. 8-14.
- Розенберг Г.С. Экологическая экономика и экономическая экология: состояние и перспективы (с примерами по экологии Волжского бассейна) // Экология. 1994. № 5. С. 3-13.
- Розенберг Г.С. Информационная система REGION-VOLGABAS как основа регионального мониторинга биоразнообразия // Мониторинг биоразнообразия. М.: РАН, 1997. С. 233-236.
- Розенберг Г.С. Комплексный экологический анализ сельскохозяйственной нагрузки в Волжском бассейне // Аграрная Россия. 2001. № 4. С. 44-48.
- Розенберг Г.С. Актуальные экологические проблемы Средней и Нижней Волги и их комплексный анализ (информационный аспект и принцип «экологической матрешки») // Актуальные проблемы водохранилищ: Тез. докл. Всерос. конф. Ярославль, 2002. С. 253-255.
- Розенберг Г.С. Волжский бассейн: на пути к устойчивому развитию. – Тольятти: ИЭВБ РАН; Кассандра, 2009. – 477 с.
- Розенберг Г.С. Введение в теоретическую экологию. Тольятти: Кассандра, 2011. 1007 с.
- Розенберг Г.С., Беспалый В.Г., Шитиков В.К., Костина Н.В. База эколого-экономических данных «РЕГИОН» для управления природопользованием и охраны окружающей среды // Проблемы и перспективы развития Поволжья в условиях перехода к рыночной экономике: Тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. Самара: ВЭО, 1991. С. 69-72.
- Розенберг Г.С., Дунин Д.П. Базы экологических знаний: технология создания и предварительные результаты // Изв. Самар. НЦ РАН. 1999. № 2. С. 186-192.
- Розенберг Г.С., Зибарев А.Г., Кудинова Г.Э. и др. «Блеск и нищета» инновационной деятельности в экологии (с примерами по Волжскому бассейну) // Изв. СамНЦ РАН. 2011. Т. 13, № 5 (2). С. 13-19.
- Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Оценка качества биоиндикаторов // Биоиндикация экологического состояния равнинных рек. М.: Наука, 2007. С. 370-380.
- Розенберг Г.С., Коломыц Э.Г. Прогноз изменений биологического круговорота и углеродного баланса в лесных экосистемах при глобальном потеплении // Успехи совр. биол. 2007. Т. 127, вып. 6. С. 531-547.
- Розенберг Г.С., Костина Н.В., Лифиренко Н.Г., Лифиренко Д.В. Экологическая

- оценка территории Волжского бассейна с использованием обобщенной функции желательности // Изв. СамНЦ РАН. 2010. Т. 12, № 1/9. С. 2324-2327.
- Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П. Волжский бассейн: экологическая ситуация и пути рационального природопользования. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1996. 240 с.
- Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П. Пейзаж в интерьере (экологические проблемы Татарстана на фоне Волжского бассейна) // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан. Казань: АНТ, 1997. С. 266-271.
- Розенберг Г.С., Кузнецова Р.С., Костина Н.В. и др. Прогноз первичной биологической продуктивности на территории Волжского бассейна в условиях сценария «глобального потепления климата» // Успехи совр. биол. 2009. Т. 129, вып. 6. С. 550-564.
- Розенберг Г.С., Мозговой Д.П., Гелашвили Д.Б. Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии. Самара: СамНЦ РАН, 1999. 396 с.
- Розенберг Г.С., Рязанский Ф.Н. Теоретическая и прикладная экология: Учебное пособие. Нижневартовск: НГПИ, 2004. 294 с. (Учебная книга. Вып. 8).
- Розенберг Г.С., Саксонов С.В., Костина Н.В., Кудинова Г.Э. Оценка состояния и подходы к управлению биоресурсами Средней и Нижней Волги // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами. Сб. науч. статей. М.: Тов-во науч. изд. КМК. 2005а. С. 351-360.
- Розенберг Г.С., Саксонов С.В., Костина Н.В., Кудинова Г.Э. Прогноз и моделирование управления биоресурсами Волжского бассейна // Ресурсы регионов России. 2005б. № 6. С. 49-54.
- Розенберг Г.С., Черникова С.А., Краснощеков Г.П. и др. Мифы и реальность «устойчивого развития» // Проблемы прогнозирования. 2000. № 4. С. 130-154.
- Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Брусиловский П.М. Экологическое прогнозирование (Функциональные предикторы временных рядов). Тольятти: ИЭВБ РАН, 1994. 185 с.
- Рязанский Ф.Н. Ландшафтное районирование для целей размещения новых производств в зоне БАМ. Препринт. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. 66 с.
- Сагалаев В.А. Некоторые принципы и региональные особенности создания и дальнейшего развития экологической сети Нижнего Поволжья (на примере Волгоградской области) // Проблемы региональной экологии. 2004. № 6. С. 102-105.
- Селезнёв В.А., Селезнёва А.В., Рахуба А.В. От мониторинга к регулированию антропогенного воздействия на качество вод водохранилищ Волжско-Камского каскада // Институту экологии Волжского бассейна РАН 20 лет: ос-

- новые итоги и перспективы научных исследований. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. С. 55-69.
- Селезнёва А.В. Совершенствование системы нормирования сброса загрязняющих веществ в водные объекты (на примере Саратовского водохранилища): Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ульяновск, 2005. 23 с.
- Селезнёва А.В. От мониторинга к нормированию антропогенной нагрузки на водные объекты. Самара: СамНЦ РАН, 2007. 105 с.
- Сидоренко В.В. Динамика площадей основных лесообразующих пород в Гослесфонде Горьковской области и ее хозяйственная оценка // Лесная таксация и лесоустройство: Межвуз. сб. науч. тр. по лесн. хоз-ву. Разд. III, вып. II. Красноярск: Изд-во Сиб. технол. ин-та, 1973. С. 53-58.
- Сидоренко В.В. Лесные ресурсы, растительный и животный мир, их рациональное использование и воспроизводство с учетом экологической роли лесов // Концепция Российской государственной экологической программы «Охрана окружающей среды и рациональное использование ресурсного и хозяйственного потенциала Волжско-Северокаспийского региона (Возрождение Волги)». Горький: Мин. науки, высш. шк. и техн. политики России, 1991. С. 82-83.
- Сидоренко В.В., Сидоренко М.В. Роль лесов Волжского бассейна в стабилизации экологической обстановки // Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П. Волжский бассейн: экологическая ситуация и пути рационального природопользования. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1996. С. 95-99.
- Степин В.В. Экономические основы природопользования. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 152 с.
- Сухих В.И., Головихин И.В., Дрожжалов М.М. и др. Возрастное распределение лесов // Лесное хозяйство на рубеже XXI века. М.: Экология, 1991. Т. 1. С. 32-37.
- Тишков А.А. «Экосистемные услуги» природных регионов России. М.: Наука, 2004. 156 с.
- Тишков А.А. Экосистемные услуги России в оценках «Целей тысячелетия» и в системе индикаторов её устойчивого развития // Устойчивое развитие: природа – общество – человек: Материалы международной конференции. Т. 1. М.: ЗАО Инновационный экологический фонд, 2006. С. 203-205.
- Тишков А.А. Биосферные функции и экосистемные услуги ландшафтов степной зоны России // Аридные экосистемы. 2010. Т. 16, № 41. С. 5-15.
- Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980. 328 с.
- Устойчивое развитие: мифы и реальность / Г.С. Розенберг, Г.П. Краснощеков, Ю.М. Крылов и др. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1998. 191 с.
- Федотов А.П. Мировая система и Россия: закономерности и модели развития // Реформы в России с позиций концепции устойчивого развития: Тр. науч.

- конф. Новосибирск: «Гражданский мир», 1995. С. 51-61.
- Федотов А.П. Глобалистика: Начала науки о современном мире: Курс лекций. М.: Аспект Пресс, 2002. 224 с.
- Федотов А.П. Реальный мир: динамика, пределы, реконструкция // Газ. «Зеленый мир». 2003. № 4-6. С. 8-9.
- Фёдоров В.Д., Сахаров О.Ф., Левич А.П. Количественные подходы к оценке нормы и патологии экосистем // Человек и биосфера. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. С. 3-42.
- Филипчук А.Н., Дерюгин А.А., Воробьева Н.Г., Нестеркина Н.И. Динамика основных показателей лесного фонда. 2005. <http://www.ecopages.ru/bulleten/view.html&page=5&id=15>.
- Флейшман Б.С. Основы системологии. М.: Радио и связь, 1982. 368 с.
- Флейшман Б.С., Брусиловский П.М., Розенберг Г.С. О методах математического моделирования сложных систем // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1982. М.: Наука, 1982. С. 65-79.
- Хазиахметов Р.М., Миркин Б.М., Хазиев Ф.Х., Арсланов Ф.К. Сестайнинг агро-экосистем как условие защиты бассейна от сельскохозяйственных загрязнений // Экологические проблемы бассейнов крупных рек: Тез. междунар. конф. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1993. С. 189.
- Хеджпет Дж. Модели в экологии и путаница вокруг них. Некоторые философские соображения // Биология моря. 1978. № 6. С. 3-15.
- Хильчевская Р.И., Сафонов П.И. Концепция устойчивого развития. М., 1994. [[http://www.interned.ru/articles/other/problemi\\_ystoich.htm](http://www.interned.ru/articles/other/problemi_ystoich.htm)].
- Хильчевская Р.И., Сафонов П.И. Проблемы устойчивого развития и экологической экономики и их решение в России. М., 1995. <http://www.rsee.chitgu.ru/pages/publicru.html>.
- Черникова С.А. Устойчивое развитие территорий: экологические ограничения экономических механизмов управления: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Н. Новгород, 1998. 17 с.
- Шиманчик И.П. Оценка влияния эколого-географических условий на заболеваемость населения административного района (на примере Кинель-Черкасского района Самарской области): Дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, 2006. 150 с.
- Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. Нейросетевые методы оценки качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям // Изв. Самар. НЦ РАН. 2002. Т. 4, № 2. С. 280-289.
- Шитиков В.К., Костина Н.В., Кузнецова Р.С. Методы синтеза обобщенных показателей для экологического картографирования территории // Изв. Самар. НЦ РАН. Спец. вып. «Актуальные проблемы экологии». 2005а. Вып. 4.

С. 74-83.

- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения. М.: Наука, 2005б. Кн. 1. 81 с.; Кн. 2. 337 с.
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Костина Н.В. Методы синтетического картографирования территории (на примере эколого-информационной системы «VOLGABAS») // Количественные методы экологии и гидробиологии (сборник научных трудов, посвященный памяти А.И. Баканова). Тольятти: СамНЦ РАН, 2005в. С. 167-227.
- Шустов М.В., Полянсков Ю.В., Биктимиров Т.З., Розенберг Г.С. База данных «REGION-ULAYANOVSK» как объект рационального природопользования Ульяновской области // Экологические проблемы бассейнов крупных рек: Тез. междунар. конф. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1993. С. 277.
- Экологическая оптимизация агроландшафта. М.: Наука, 1987. 239 с.
- Экологическая ситуация в Самарской области: состояние и прогноз. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1994. 326 с.
- Экологические проблемы Верхней Волги. Ярославль: ЯрГТУ, 2001. 427 с.
- Экономика сохранения биоразнообразия. М.: Проект ГЭФ «Сохранение биоразнообразия Российской Федерации», 2002. 604 с.
- Элти Дж., Кумбс М. Экспертные системы: концепции и примеры. М.: Финансы и статистика, 1987. 191 с.
- Юрина В.С. Экологический аудит территориально-промышленных комплексов как базовая процедура экономического механизма управления и обеспечения устойчивого сбалансированного развития сложных систем: Автореф. дис. ... канд. экон. наук. Самара, 2002. 16 с.
- Ячменев В.А., Новоселов А.В., Гладкова И.А. Информационное обеспечение процесса перехода субъекта Федерации на модель устойчивого развития // Информ. ресурсы России. – 1997. № 3 (34). <http://www.kcsti.csti.ru/irr/34/8.html>.
- Batker D., Swedeen P., Costanza R. et al. A New View of the Puget Sound Economy. The Economic Value of Nature's Services in the Puget Sound Basin. – Seattle; Tacoma (WA): Earth Economics, 2008. – 90 p.
- Costanza R., Daly H.E., Bartholomew J.A. Goals, agenda, and policy recommendations for ecological economics // Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability. N.Y.: Columbia Univ. Press, 1991. P. 1-20.
- Costanza R., d'Arge R., de Groot R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital // Nature. 1997. V. 387. P. 253-260. [Костанца Р. и др. Стоимость мировых экосистемных услуг и природного капитала // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии: Бюл. 2011. Т. 20, № 1. С. 165-183 (перевод А.Г. Розенберг)].

- Crowards T.M. Safe Minimum Standards: costs and opportunities // *Ecol. Economics*. 1998. V. 25, № 3. P. 303-314.
- Indicators of Sustainable Development. Framework and Methodologies. N.Y.: United Nations, 1996. 428 p.
- Kolomyts E.G., Rozenberg G.S. Forecasted changes of biological cycle carbon balance in temperate forest ecosystems under global warming // *Intern. J. Ecol. Econ. Stat.* 2009. V. 15, № F09. 19 p.
- Kolomyts E.G., Rozenberg G.S., Sharaya L.S. Carbon balance of forest ecosystems under global warming: landscape-ecological predictive modeling // *Geography, Environment, Sustainability*. 2011. V. 4, № 1. P. 69-85.
- Margolis M., Naevdal E. Safe Minimum Standards in dynamic resource problems – conditions for living on the edge of risk // 2004. <http://ideas.repec.org/p/rff/dpaper/dp-04-03.html>.
- Rozenberg A.G. Ecosystem services and natural capital of the Volga river basin // *Types of Strategy and Not Only...* (Materials of the Fourth Russian-Polish School of Young Ecologists; Togliatti, September, 6-12th, 2010) / Editor-in-chief G.S. Rozenberg, Togliatti: Kassandra, 2010. P. 46-47.
- Rozenberg G.S. Expert systems «REGION» and «RESERVOIR» as instruments of simulation of diffuse pollution of large-scale ecosystems and reservoirs // *Proc. of the Second Intern. IAWQ Specialized Conf. and Symp. on Diffuse Pollution (DIFuse-POL'95)*. Part 1. Brno; Prague (Czech Republic), 1995. P. 72-77.
- Sustainability Indicators. Report of the Project on Indicators of Sustainable Development (SCOPE 58) / Ed. by B. Moldanand, S. Billharz. N.Y.: John Wiley and Sons, 1997. 415 p.



**Волжский бассейн. Устойчивое развитие:  
опыт, проблемы, перспективы**

Ответственный редактор Г.С. Розенберг

Замечания и предложения присылать по адресу:  
Институт устойчивого развития общественной палаты РФ  
Центр экологической политики России  
119334, Москва, ул. Вавилова, 26  
Тел.: (495) 952-2423, (495) 952-7347  
E-mail: [ecopolicy@ecopolicy.ru](mailto:ecopolicy@ecopolicy.ru)

Выпускающий редактор: Илья Трофимов  
Ассистент редактора: Татьяна Шифрина  
Компьютерная верстка: Илья Трофимов

Формат 148x210  
Тираж 500 экз.